

PATRÓN DE MOVIMIENTO DE DOS CÓNDORES ANDINOS *Vultur gryphus* (AVES: CATHARTIDAE) EN LOS ANDES CENTRALES DE CHILE Y ARGENTINA

Movement pattern of two Andean condors *Vultur gryphus* (Aves: Cathartidae) in the central Andes of Chile and Argentina

EDUARDO F. PAVEZ

Bioamérica Consultores, Nueva Providencia 1881, Oficina 2208, Providencia, Santiago, Chile

Correspondencia: epavez@bioamericaconsultores.cl

RESUMEN.- Durante tres años estudié mediante telemetría satelital, los movimientos de dos cóndores andinos (un macho y una hembra adultos) en los Andes centrales de Chile y Argentina. Ambos cóndores ocuparon principalmente terrenos montañosos. El macho cubrió un ámbito de hogar de 66.624 km², con el 51% de la superficie en la vertiente occidental de los Andes (Chile) y 49% en la vertiente oriental (Argentina). La hembra cubrió un ámbito de hogar de 14.169 km², con 69% de la superficie en la vertiente occidental y 31% en la vertiente oriental. Tanto el macho como la hembra cubrieron una superficie más extensa de terreno durante el verano, reduciéndola en invierno y primavera. La distancia recorrida y el tiempo de vuelo en ambos cóndores aumentaron durante el transcurso de la mañana y disminuyeron durante la tarde. Los movimientos se verían favorecidos por condiciones meteorológicas diarias y estacionales favorables para el vuelo. El macho y la hembra invirtieron respectivamente un 35,0% y 34,6% del tiempo del día en vuelos. La hembra tendió a dormir en una misma área con mayor regularidad que el macho. La velocidad de vuelo tendió a permanecer estable durante el año y durante el día en ambos cóndores. El macho ocupó áreas más elevadas en veranada y más bajas en invernada, lo que se relacionaría con la dinámica de movimientos de la ganadería extensiva. La hembra tendió a ocupar áreas menos elevadas que el macho, con una diferencia estacional menos marcada, lo que unido a su considerablemente menor ámbito de hogar podría relacionarse al uso recurrente que hizo de un relleno sanitario. Aun cuando sólo dos cóndores fueron estudiados, los patrones de vuelo observados son consistentes con la dinámica horaria y climática estacional de los vientos, con la oferta estacional de alimento derivada de la ganadería extensiva y con la existencia de fuentes fijas y predecibles de alimento (basurales). El amplio ámbito de movimiento, incluyendo Chile y Argentina, remarca la necesidad de coordinar esfuerzos binacionales para el estudio y conservación de esta especie y considerar estrategias que incluyan amplios territorios de uso humano extensivo. **PALABRAS CLAVE.**- Cóndor andino, patrones de movimiento, ámbito de hogar, Chile, Argentina, *Vultur gryphus*.

ABSTRACT.- During three years I surveyed the movements of two Andean Condors in the central Andes of Chile and Argentina. An adult male and an adult female were tracked using satellite transmitters. They occupied mainly mountainous lands. The male covered 66,624 km², with 51% of the surface in the western slope of the Andes (Chile) and 49% in the eastern slope (Argentina). The female covered 14,169 km², with 69% of the surface in the western slope and 31% in the eastern slope. Both occupied a larger surface area during the summer, reducing it in winter and spring. The distance traveled and the time of flight in both condors rose during the morning and fell in the afternoon. The movements are probably facilitated by daily and seasonal favorable weather conditions for flight. The male and female respectively invested a total of 35.0% and 34.6% of the time of the day in flight. The female tended to sleep in the same area with greater regularity than the male. The flight speed tended to remain stable during the year and day in both condors. The male occupied higher areas in summer and lowest in winter, which would be related with the distribution dynamics of the extensive livestock. This pattern was lessened in the female, which together with its much smaller home range, could be related to recurrent use of a sanitary landfill. The low number of condors studied reduces the predictive value of the observed pattern;

however, these seem to be consistent with the diel and seasonal weather dynamics, seasonal dynamics of food supply derived from extensive livestock and with the existence of fixed and predictable sources of food (landfills). The broad area of movement, including Chile and Argentina, denotes the need to coordinate binational efforts to the study and conservation of this species, and to consider strategies that include large territories with extensive human uses. **KEY WORDS.**- Andean condor, movements, home range, Chile, Argentina, *Vultur gryphus*.

Manuscrito recibido el 01 de enero de 2014, aceptado el 23 de febrero de 2014.

INTRODUCCIÓN

El patrón de movimiento de un animal se relaciona con sus requerimientos y atributos ecológicos (Bowen 1982), con sus relaciones intra e interespecíficas, y con la disponibilidad y uso de los recursos tróficos (Servín & Huxley 1993). Varias especies de buitres del Viejo Mundo realizan extensos vuelos migratorios (Newton 1979), pero en los buitres americanos aparentemente este fenómeno es limitado, no habiéndose registrado migraciones de larga distancia en cóndores. Sin embargo, tanto el cóndor andino (*Vultur gryphus*) como el cóndor de California (*Gymnogyps californianus*) realizan amplios desplazamientos regulares de forrajeo que pueden alcanzar una distancia de 180-200 km desde el nido (Wallace & Temple 1987, Meretsky & Zinder 1992).

El cóndor andino ha sido clasificado a nivel global como una especie cercana a la amenaza y con una población en descenso (BirdLife International 2012). La mayoría de los factores de mortalidad descritos para el cóndor andino son de origen humano, señalándose un incremento de esta directamente proporcional a la frecuencia de contacto con el ser humano (Temple & Wallace 1989). Por esta razón, resulta importante comprender los patrones de uso del tiempo y espacio del cóndor, lo que permite predecir diferentes factores de amenaza asociados a usos del territorio. Las técnicas de seguimiento mediante marcas y radiotelemetría son ineficientes para especies que, como el cóndor andino, ocupan una topografía abrupta y cuyos rangos de movimiento parecen ser muy amplios. Por esta razón, el seguimiento satelital de cóndores se constituye en una herramienta muy valiosa para comprender su ecología y establecer estrategias para su conservación.

En la Patagonia argentina, estudios basados en seguimiento satelital han permitido estimar que cóndores jóvenes rehabilitados o nacidos en cautiverio pueden alcanzar un área de movimientos de 600 x 100 km, desplazándose diariamente hasta 200 km en línea recta (Jácome & Lambertucci 2000, Astore 2001, Sestelo 2003). En la misma región un ejemplar adulto rehabilitado alcanzó un ámbito de hogar de 24.312 km², aunque con marcadas variaciones estacionales y reduciendo considerablemente sus desplazamientos en invierno (De Martino *et al.* 2011). En este artículo describo los patrones de movimiento de

dos individuos de cóndor andino equipados con transmisores satelitales en los Andes centrales de Chile y Argentina, discuto las similitudes y diferencias de mis resultados con respecto a otros estudios y las implicancias ecológicas de los patrones observados.

MATERIAL & MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio abarcó desde la región administrativa de Coquimbo a la del Maule en Chile central y el margen oriental de las provincias de San Juan y Mendoza en Argentina (Figs. 1 y 2). El rango latitudinal alcanzó aproximadamente 800 km y el rango altitudinal varió entre 0-7.000 msnm. El eje del área de estudio lo constituye la Cordillera de los Andes, la que se caracteriza por una topografía accidentada y de altas cumbres (Provincia Altoandina; Cabrera & Willink 1973). La vertiente occidental de la cordillera corresponde a territorio chileno y se caracteriza por un clima mediterráneo (Di Castri & Hajek 1976), una topografía accidentada, de valles y montañas, una alta concentración humana y núcleos urbanos e industriales que compiten por el espacio con actividades agrícolas y ganaderas (Pavez *et al.* 2010). La vertiente oriental de la cordillera corresponde a territorio argentino y es mucho menos poblada que la vertiente occidental.

Biogeográficamente la zona forma parte de las provincias Punaña por el norte y la provincia Patagónica por el sur (Cabrera & Willink 1973). El clima es dominado por un sistema árido, con lluvias predominantemente estivales en el norte e invernales en el sur.

Captura y seguimiento satelital de los cóndores

Durante tres años realicé un seguimiento satelital de dos cóndores andinos, capturados y liberados en Chile central. Uno de los cóndores fue un macho adulto rescatado en septiembre de 2005 por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), en un sector montañoso al oriente de la ciudad de Ovalle (30°44'08" S – 70°31'22" O). Este individuo fue rehabilitado y liberado en agosto de 2007 en la Región Metropolitana (32°57'42" S – 70°42'19" O) y fue monitoreado hasta julio de 2010. El otro cóndor fue una hembra adulta capturada para este estudio en noviembre de 2007 en la Región Metropolitana (32°57'23" S – 70°42'19" O).

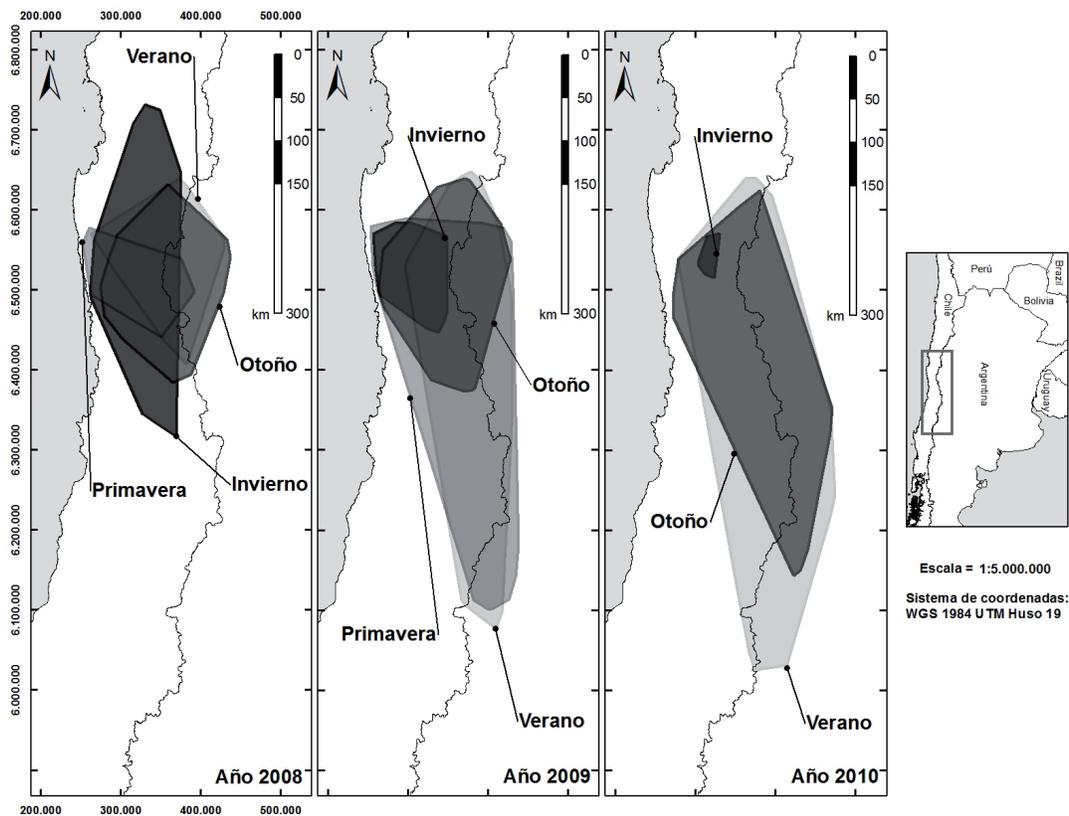


Figura 1. Variación estacional en el ámbito de hogar de un cóndor andino macho adulto monitoreado mediante un transmisor satelital, entre 2008 y 2010, en los Andes centrales de Chile y Argentina. El ámbito de movimientos fue estimado mediante el método de polígono convexo mínimo.

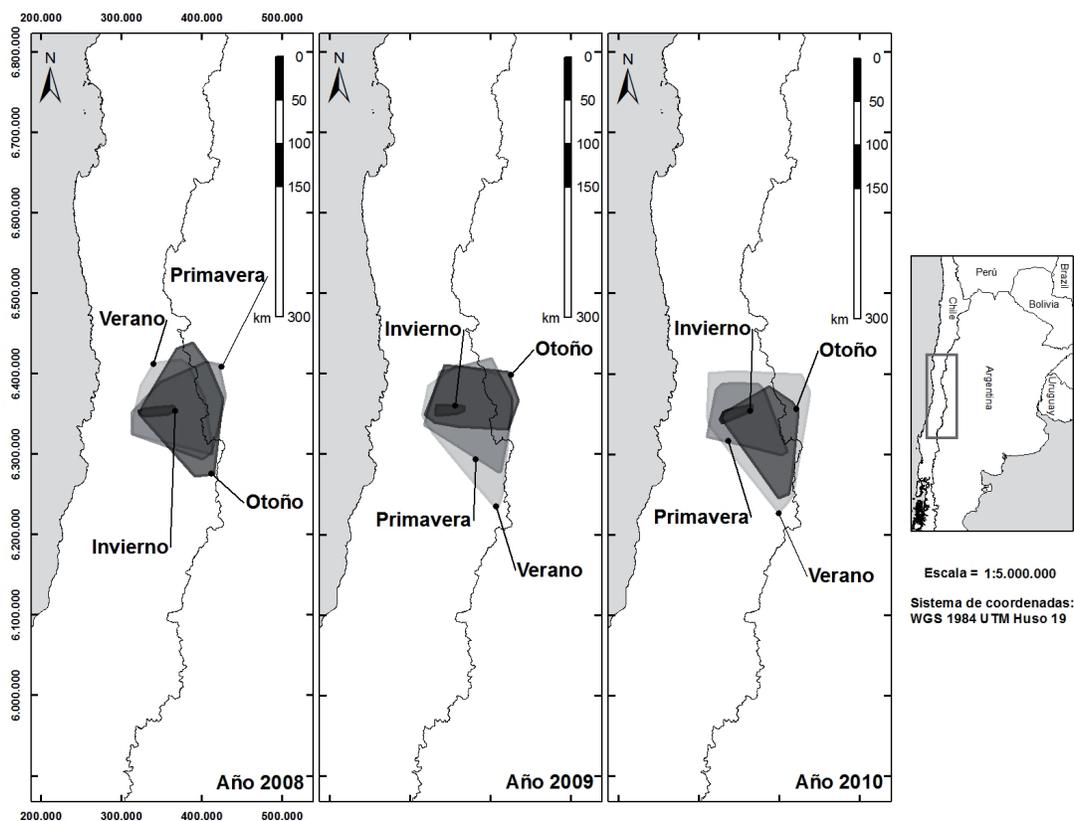


Figura 2. Variación estacional en el ámbito de hogar de un cóndor andino hembra adulto monitoreado mediante un transmisor satelital, entre 2008 y 2010, en los Andes centrales de Chile y Argentina. El ámbito de movimientos fue estimado mediante el método de polígono convexo mínimo.

S - 70°48'03" O). La captura fue autorizada por el SAG mediante Resolución N°5109, emitida el 17 de octubre de 2007. Esta se realizó mediante el uso de redes cañón, las que son recomendadas para la captura de buitres, águilas y cóndores (Mundy & Choate 1973). Este cóndor fue liberado en el mismo sitio y día de captura, siendo monitoreado hasta diciembre de 2010. Todo el proceso de captura y manipulación del cóndor fue supervisado por médicos veterinarios y siguió los protocolos indicados por Bloom (1987) de modo de evitar cualquier daño al animal. Ambos cóndores fueron equipados con transmisores satelitales Microwabe Telemetry® modelo PTT100 GPS, especialmente diseñados para cóndores, los que fueron fijados al patagio de una de las alas junto a una banda alar numerada según protocolos indicados por Yung & Kochert (1987). Los transmisores satelitales utilizados operan mediante un sistema de satélites Argos, que recoge, procesa y disemina información ambiental desde plataformas fijas y móviles. Argos localiza geográficamente la fuente de datos utilizando el efecto Doppler. La información de los transmisores fue recibida a través del programa de monitoreo ELSA99, conectándose vía Internet. Este programa recibió y almacenó series de datos diurnos, cada una hora (aproximadamente 12 series de datos diarias). Cada serie entrega datos de la posición del cóndor, su altitud, velocidad y dirección de vuelo asociados a una fecha y hora de Greenwich. Esta información permitió caracterizar variables de movimiento y uso del tiempo y espacio. Los datos de hora fueron corregidos a la hora de Chile correspondiente (hora oficial de invierno). De todos los datos recibidos se descartaron aquellos que el programa identificó como de calidad baja o media, seleccionándose para el análisis sólo los datos de calidad buena, los que sumaron un total de 10.141 series de datos para el macho y 7.661 series para la hembra.

La información obtenida para cada cóndor fue separada para cada una de las cuatro estaciones climáticas y años. Además, dependiendo del análisis, los datos fueron agrupados en *invernada* y *veranada*, términos operacionales relacionados a la dinámica ecológica del cóndor. La *invernada* incluye parte del otoño, todo el invierno y parte de la primavera (mayo a octubre), en tanto que la *veranada* incluye parte de la primavera, el verano y parte del otoño (noviembre a abril), períodos en que el ganado extensivo es manejado respectivamente en zonas bajas y zonas altas. Este ciclo anual de distribución de la ganadería extensiva puede influir en los patrones de movimiento de los cóndores, dado que esta se constituye en la principal fuente de alimento para los cóndores en el área de estudio (Pavez 2001, 2004, Lambertucci *et al.* 2009).

Variables de movimiento evaluadas

Para evaluar los patrones de movimiento de los

cóndores marcados estimé las siguientes variables: (i) ámbito de hogar, (ii) distancia de vuelo por hora, (iii) distancia de vuelo diaria acumulada, (iv) distancia de retorno diaria, (v) velocidad de vuelo, (vi) altitud del cóndor y del terreno bajo el cóndor, (vii) altura de vuelo, y (viii) tiempo de vuelo. El ámbito de hogar fue estimado mediante el método del polígono convexo mínimo (PCM) (Mohr 1947), a partir del conjunto de datos de posición correspondientes al período de tiempo de análisis. Aunque el método PCM puede sobreestimar el ámbito de movimiento cuando se cuenta con un bajo número de datos (Schoener 1981), en este estudio ese sesgo fue minimizado por el elevado número de datos de localizaciones. La distancia de vuelo por hora consideró la distancia promedio en línea recta a cada hora del día, entre un punto de localización y el punto que le sucede una hora después (distancia que recorre por hora de vuelo). La distancia diaria de vuelo acumulada consideró la suma de las distancias en línea recta entre puntos de localización cada una hora durante un día completo. La distancia de retorno diaria consideró la distancia, en línea recta, a la que el cóndor terminó su actividad diaria respecto del punto donde la comenzó. Estas dos últimas variables son presentadas como promedio mensual (media \pm D.E.). La velocidad de vuelo viene como información en cada serie de datos; para su estimación se excluyeron los datos de velocidad cero ya que estos representan señales de cóndores posados. La altitud del cóndor viene incluida en cada serie de datos que entrega la fuente de la señal. La altitud del terreno bajo el cóndor se estimó superponiendo cada dato de posición sobre imágenes satelitales Google Earth que entregan la altitud del territorio en cualquier punto de interés, para nuestro caso en el territorio bajo los puntos de posicionamiento de los cóndores. La altura de vuelo se estimó restando la altitud del cóndor en vuelo y la correspondiente altitud del terreno bajo el cóndor, y representa la altura promedio de vuelo de cada cóndor a cada hora del día. El tiempo de vuelo representa la proporción de tiempo que el cóndor permanece en vuelo durante el día; su estimación consideró la frecuencia de señales que indicaban velocidad ≥ 10 km/h (i.e. aves posiblemente en vuelo) y aquellas con velocidad ≤ 7 km/h, lo que indicaba que el cóndor probablemente estaba posado o moviéndose en tierra. Esta variable fue evaluada de forma horaria. Las variables evaluadas contribuyen a caracterizar el patrón de movimiento del cóndor andino en Chile central, en su dimensión espacial y temporal, lo que sirve de base a la mejor comprensión de su ecología y al establecimiento de estrategias adecuadas para su conservación.

RESULTADOS

Las posiciones satelitales sobrepuestas en un modelo de elevación de parte del área de estudio, evidencia-

ron una tendencia de los cóndores a ocupar terrenos elevados con alta pendiente, lo que da cuenta del uso preferente que los cóndores hacen de zonas montañosas en el área de estudio.

Ámbito de hogar

El cóndor macho exhibió un punto geográfico de máxima recurrencia en un risco con exposición oeste a 2.500 msnm. (posición = 31°23'31" S – 70°54'10" O), en el extremo noroeste del área que abarca su ámbito de hogar, en la vertiente occidental de la cordillera. Sus desplazamientos se extendieron 772 km en el eje norte-sur y 200 km en el eje oeste-este. Su ámbito de hogar fue de 66.624 km² y abarcó extensiones similares de la vertiente occidental y oriental de la cordillera andina (33.717 km² y 32.907 km² respectivamente). Su desplazamiento en la vertiente oriental incluyó el margen oeste cordillerano de las provincias argentinas de San Juan y Mendoza (Fig. 1).

El cóndor hembra mostró un punto geográfico de máxima recurrencia en un risco de exposición oeste a 2.400 msnm (posición = 32°55'50" S – 70°26'06" O), en la vertiente occidental de la cordillera. Sus desplazamientos se extendieron 212 km en el eje norte-sur y 140 km en el eje oeste-este. Su ámbito de hogar fue mucho menor que el del cóndor macho (PCM = 14.169 km²) y estuvo considerablemente desplazado hacia la vertiente occidental (Chile = 9.841 km², Argentina = 4.328 km²). Su desplazamiento en la vertiente oriental incluyó el margen oeste cordillerano de la provincia de Mendoza (Fig. 2).

Ambos cóndores presentaron una marcada variación estacional en su ámbito de movimiento. El cóndor macho tuvo un rango de movimiento muy amplio y relativamente regular, sobrevolando mucho más superficie durante el verano que en invierno y primavera (Figs. 1 y 3). La hembra presentó un patrón parecido al macho, aunque más regular, con un rango de movimiento menos amplio y abarcando una superficie menor; sus movimientos fueron más amplios en verano y mínimos en invierno (Figs. 2 y 3). Los movimientos de ambos cóndores se concentraron en áreas reducidas de la vertiente occidental durante el invierno (Figs. 1 y 2).

Distancia de vuelo por hora

Tanto en el cóndor macho como en el cóndor hembra, la distancia promedio recorrida por hora tendió a aumentar gradualmente desde el inicio de la mañana (08:00 h), hasta el medio día (13:00 - 14:00 h), para disminuir gradualmente hasta el final de la tarde (20:00 h; Fig. 4). Ambos cóndores recorrieron más distancia por hora en veranada que en invernada. En el caso del macho, la máxima distancia promedio recorrida por hora en veranada fue de 14,1 ± 16,3 km (media ± D.E.; min = 0, max = 77, n = 434

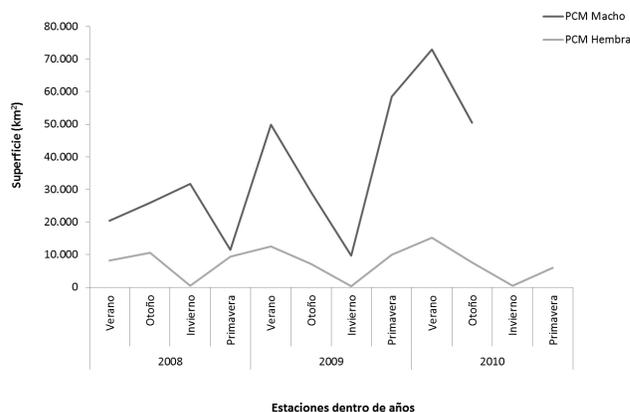


Figura 3. Variación estacional en el ámbito de hogar de dos cóndores andinos adultos, monitoreados mediante seguimiento satelital entre 2008 y 2010 en los Andes centrales de Chile y Argentina. PCM = polígono convexo mínimo.

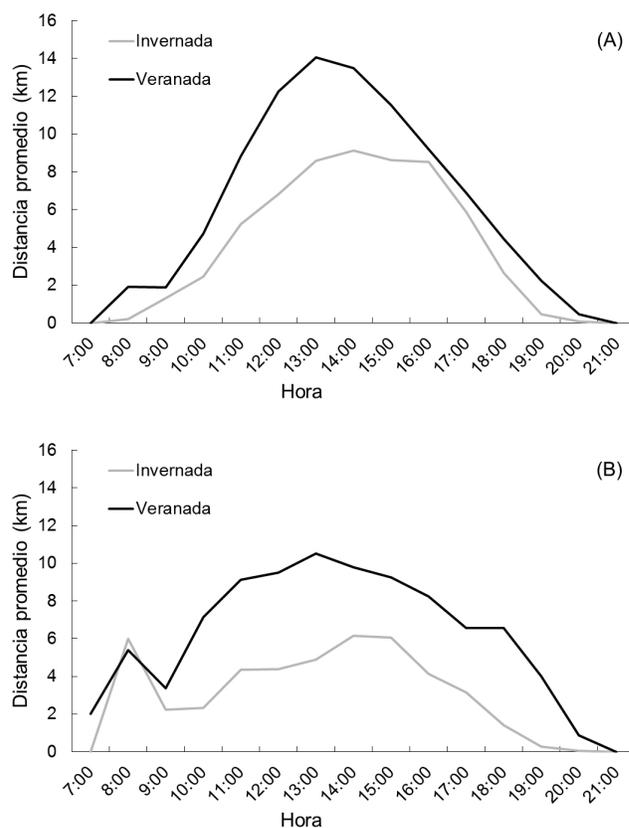


Figura 4. Distancia promedio de vuelo por hora recorrida por un cóndor andino macho adulto (A) y un cóndor andino hembra adulto (B), durante invernada y veranada, entre 2008 y 2010, en los Andes centrales de Chile y Argentina.

datos) a las 13:00 h, y en invernada fue de 9,1 ± 10,1 km (media ± D.E.; min = 0, max = 52,7, n = 360 datos) a las 14:00 h (Fig. 4A). En el caso de la hembra, la máxima distancia promedio recorrida por hora en veranada fue de

10,5 ± 12,2 km (media ± D.E.; min = 0, max = 52, n = 301 datos) a las 13:00 h, y en invernada fue de 6,2 ± 8,6 km (media ± D.E.; min = 0, max = 33,9, n = 268 datos) a las 14:00 h (Fig. 4B). La distancia máxima de vuelo por hora registrada en veranada fue de 77 km para el macho y de 72 km para la hembra, en tanto que en invernada fue de 73 km para el macho y de 55 km para la hembra.

Distancia diaria de vuelo acumulada

En ambos cóndores, la distancia recorrida por día fue menor durante la invernada, alcanzando un mínimo en junio para el macho con un promedio de 33,3 ± 33,7 km diarios (media ± D.E.; min = 0,2, max = 176,4, n = 50 datos), y en julio para la hembra con un promedio de 22,4 ± 21,5 km diarios (media ± D.E.; min = 3,6, max = 75,6, n = 21 datos). En veranada en cambio los meses con mayores desplazamientos diarios correspondieron a noviembre para el macho con un promedio de 96,3 ± 75,2 km diarios (media ± D.E.; min = 7,3, max = 297, n = 53 datos), y diciembre para la hembra con un promedio de 125,7 ± 61,5 km diarios (media ± D.E.; min = 23,1, max = 248,7, n = 23; Fig. 5). La distancia máxima diaria registrada para el macho y la hembra durante todo el período de estudio fue de 362 km (febrero de 2010) y de 249 km (diciembre de 2007), respectivamente. Combinando la información de ambos cóndores, la distancia diaria acumulada media en los tres años de seguimiento fue de 72,8 ± 58,2 km (media ± D.E., n = 880 datos).

Distancia de retorno diaria

Con respecto a esta variable hubo claras diferencias entre ambos cóndores, ya que la hembra volvió a dormir a la misma área con mayor regularidad que el macho (Fig. 6). En ambos casos, la tendencia fue a pernoctar en días sucesivos en puntos más cercanos en invernada. En el macho el valor promedio mensual máximo de la distancia

de retorno diaria fue registrado en marzo y alcanzó a 53,6 ± 53,5 km (media ± D.E.; min = 0, max = 240,9, n = 67 datos). En tanto, en la hembra esta distancia se registró en diciembre y llegó a 27,2 ± 26,4 km (media ± D.E.; min = 0, max = 99,7, n = 50 datos; Fig. 6). La distancia mínima promedio mensual de retorno en el macho fue en junio y llegó a 15,9 ± 18,7 km (media ± D.E.; min = 0, max = 105,1, n = 73 datos) en tanto que para la hembra fue en julio y llegó a 2,5 ± 1,7 km (media ± D.E.; min = 0, max = 6,7, n = 36 datos).

Velocidad de vuelo

La velocidad de vuelo tendió a ser relativamente regular en ambos cóndores, en el curso del año y durante el día. La velocidad de vuelo promedio del cóndor macho para todo el período de estudio fue de 63 ± 19 km / h (media ± D.E.; n = 1.926 datos) en veranada y de 54 ± 17 km / h (media ± D.E.; n = 1.626 datos) en invernada. La velocidad de vuelo máxima registrada para el macho fue 127 km / h, la que se registró en cinco ocasiones durante los tres años de estudio. La velocidad de vuelo promedio del cóndor hembra fue de 58 ± 18 km / h (media ± D.E.; n = 1.600 datos) en veranada y 54 ± 16 km / h (media ± D.E.; n = 1.049 datos) en invernada. En una ocasión, la hembra alcanzó una velocidad de vuelo máxima de 125 km / h. Tanto el macho como la hembra iniciaron los vuelos al comienzo de la mañana (08:00 h) y los concluyeron hacia el final de la tarde, tanto en invernada (macho = 18:00 H, hembra = 19:00 H), como en veranada (macho y hembra = 19:00 H).

Altitud del cóndor y del terreno bajo el cóndor

El cóndor macho mostró una marcada diferencia estacional de la altitud promedio de vuelo diario y de la altitud del terreno sobre el cual se desplazó, con aproximadamente 1.000 m más de elevación en veranada respecto

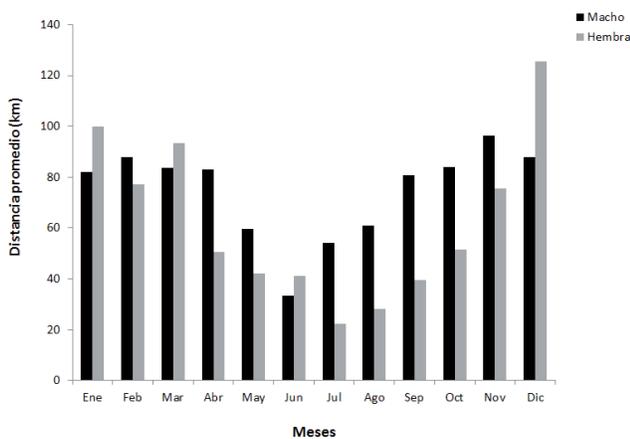


Figura 5. Distancia de vuelo diaria expresada como promedio mensual, recorrida por un macho adulto (barras negras) y una hembra adulta (barras grises) de cóndor andino entre 2008 y 2010, en los Andes centrales de Chile y Argentina.

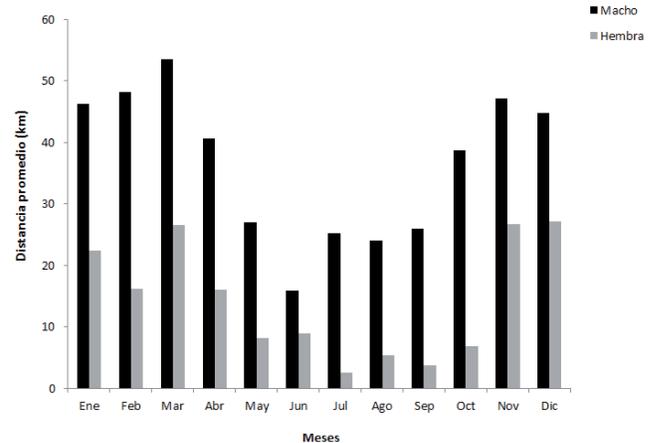


Figura 6. Distancia de retorno diaria expresada como promedio mensual, en macho adulto (barras negras) y hembra adulta (barras grises) de cóndor andino entre 2008 y 2010, en los Andes centrales de Chile y Argentina.

de la invernada para ambas variables (Fig. 7A). La altitud promedio del macho durante el día alcanzó los $2.929,4 \pm 926,6$ m (media \pm D.E.; min = 104, max = 5.990, n = 4.683 datos) en veranada, y los $1.962,4 \pm 775,5$ m (media \pm D.E.; min = 58, max = 5.547, n = 3.854 datos; Fig. 7A) en invernada. La altitud promedio del terreno bajo el cóndor macho alcanzó los $2.773 \pm 917,1$ m (media \pm D.E.; min = 104, max = 5.990, n = 4.696 datos) en veranada, y los $1.809,8 \pm 728,7$ m (media \pm D.E.; min = 40, max = 5.440, n = 3.855 datos) en invernada. La diferencia estacional de la altitud ave - terreno fue menor en la hembra (Fig. 7B). La altitud promedio de la hembra durante el día alcanzó los $2.450,2 \pm 905,9$ m (media \pm D.E.; min = 298, max = 5.673, n = 3.615 datos) en veranada, y los $2.214,5 \pm 762,1$ m (media \pm D.E.; min = 704, max = 5.485, n = 2.764 datos; Fig. 7B) en invernada. La altitud del terreno sobre el cual la hembra se desplazó promedió los $2.306,1 \pm 911,5$ m (media \pm D.E.; min = 298, max = 5.931, n = 3.614 datos) en veranada, y los $2.078,7 \pm 722$ m (media \pm D.E.; min = 554, max = 4.774, n = 2.764 datos) en invernada. En ambos cóndores, la altitud ave - terreno, no presentó marcados cambios durante el curso del día, excepto

por una leve tendencia a disminuir durante la mañana y a aumentar en el curso de la tarde (Fig. 7).

Al agrupar las altitudes del territorio bajo el cóndor en cinco pisos de 1.000 m cada uno, se observó que el macho concentró sus movimientos sobre un terreno cuya altitud varió entre 1.000 y 2.000 msnm. durante la invernada y entre 3.000 y 4.000 m s.n.m. durante la veranada (Fig. 8A). Esta variación estacional no fue tan marcada en la hembra, distribuyéndose el 50 % de los datos de localización de invernada y veranada sobre un terreno que varió entre 2.000 y 3.000 msnm. No obstante, al igual que en el macho, la mayor parte de los datos de localización de invernada de la hembra estuvieron bajo los 3.000 m de altitud (Fig. 8B).

Altura de vuelo

Ambos cóndores presentaron un patrón muy parecido, con vuelos concentrados en el rango de los 300-400 m de altura. La altura de los vuelos tendió a ser menor durante la mañana y mayor durante la tarde, con una caída abrupta en la última hora del día (Fig. 9). Durante la veranada el macho promedió una altura de vuelo de 380,1

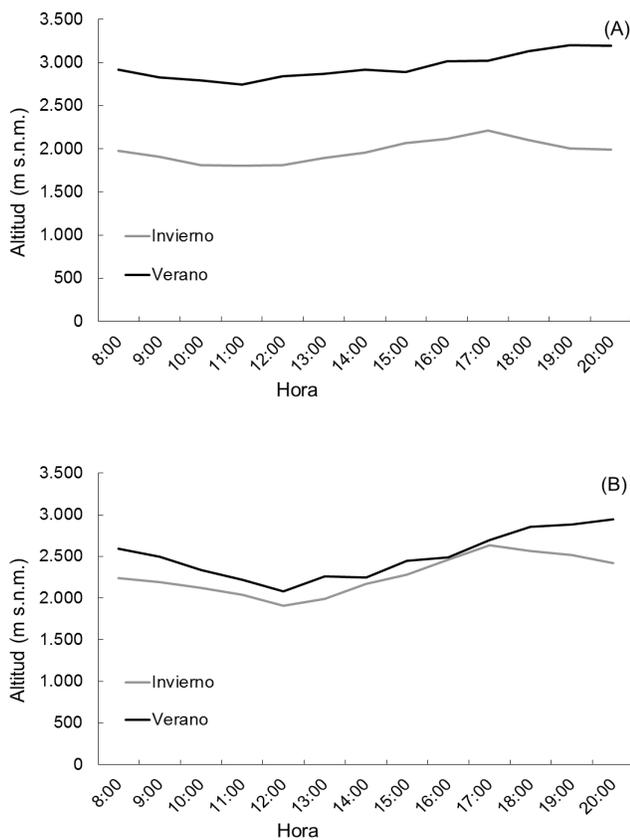


Figura 7. Altitud promedio durante el día en veranada e invernada de un macho adulto (A) y una hembra adulta (B), de cóndor andino entre 2008 y 2010, en los Andes centrales de Chile y Argentina.

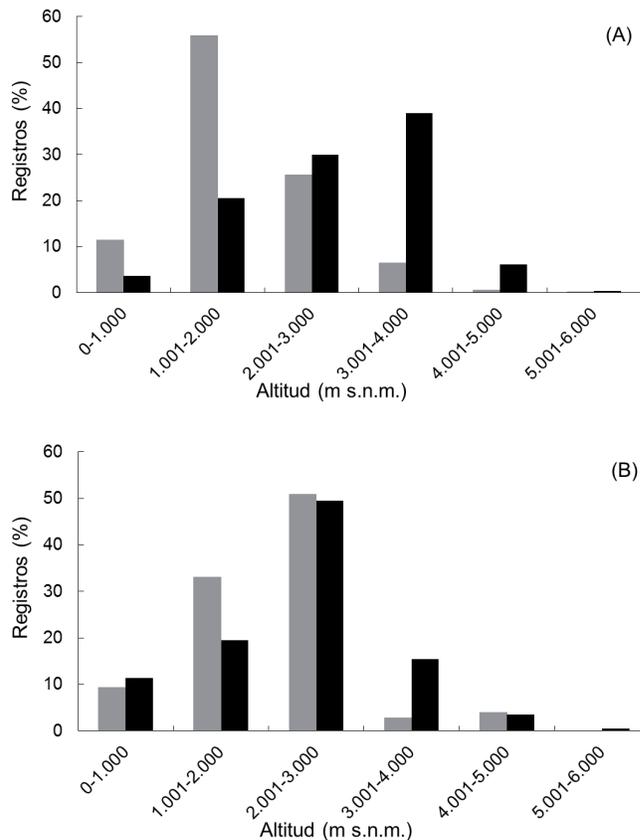


Figura 8. Altitud del terreno bajo un macho adulto (A, 8.551 datos) y una hembra adulta (B, 6.377 datos), de cóndor andino, en invernada (barras grises) y veranada (barras negras) según distribución porcentual de datos de localización satelital entre 2008 y 2010, en los Andes centrales de Chile y Argentina.

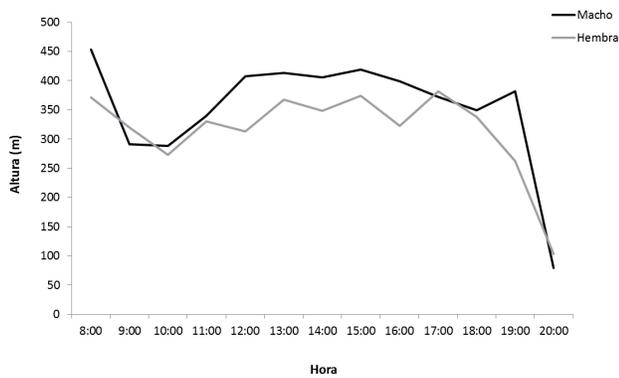


Figura 9. Altura promedio de vuelo durante el día de un macho adulto (negro) y una hembra adulta (gris) de cóndor andino entre 2008 y 2010, en los Andes centrales de Chile y Argentina.

± 402 m (media \pm D.E.; min = 0, max = 2.165, n = 1.949 datos) y durante la internada promedio los 390 ± 474 m (media \pm D.E.; min = 0, max = 2.405, n = 1.598 datos). La hembra promedió una altura de vuelo en veranada de $331,4 \pm 370,6$ m (media \pm D.E.; min = 0, max = 2.031, n = 1.570 datos) y en internada promedió los $350 \pm 462,5$ m (media \pm D.E.; min = 0, max = 2.025, n = 1.069 datos)

Tiempo de vuelo

Tanto en internada como en veranada, el tiempo en vuelo de ambos cóndores tendió a aumentar gradualmente durante la mañana y a descender también gradualmente en el curso de la tarde (Figs. 10 y 11). La actividad de vuelo del macho comenzó a inicio de la mañana (08:00 h), llegando a un máximo de 69% de tiempo en vuelo al mediodía (14:00 h) en internada, y de 59% al medio día (13:00 h) en veranada. Los últimos vuelos se registraron en el rango de las 18:00 h en internada y de las 19:00 h en veranada (Fig. 10). Tanto en veranada como en internada

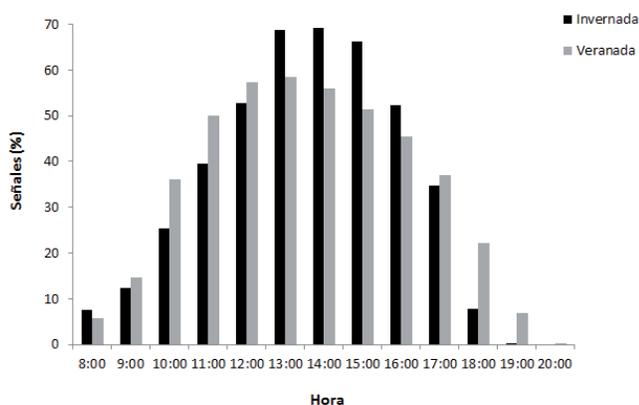


Figura 10. Proporción promedio de señales de un macho adulto de cóndor andino en vuelo por hora en internada (4.609 datos) y veranada (5.532 datos) entre 2008 y 2010, en los Andes centrales de Chile y Argentina

el tiempo de vuelo se incrementó rápido en la mañana y descendió lento en la tarde (Fig. 10). A pesar de las diferencias horarias estacionales en la actividad de vuelo, al considerar todo el día, el tiempo de vuelo fue de 35,1% en internada y 34,8% en veranada.

La actividad de vuelo de la hembra se inició al comienzo de la mañana (08:00 h), llegando a un máximo de 55% de tiempo en vuelo hacia el mediodía (14:00 H) en internada, y de 56% hacia el mediodía (13:00 h) en veranada. Los últimos vuelos se registraron al final de la tarde tanto en internada (19:00 h) como en veranada (20:00 h; Fig. 11). Al igual que en el macho, en veranada el tiempo de vuelo de la hembra tendió a incrementarse más rápido en la mañana y a descender más lento en la tarde (Fig. 11). En el caso de la hembra, al considerar todo el día, el tiempo de vuelo en internada alcanzó un 31,4% del día, en tanto que en veranada llegó a 37,1%.

Al combinar la información para todo el período de estudio (10.141 localizaciones para el macho y 7.661 para la hembra), y sin considerar la estacionalidad, ambos cóndores mostraron tendencias muy similares en el tiempo de vuelo invertido durante el día (macho = 35,0%, hembra = 34,6%).

DISCUSIÓN

Ambos cóndores andinos estudiados exhibieron patrones de movimiento relativamente similares. Tanto el cóndor macho como el cóndor hembra ocuparon principalmente zonas montañosas, lo que es consistente con el hecho que las aves planeadoras, como los buitres, se benefician de la topografía montañosa (altitud y pendiente) que genera condiciones para la formación de corrientes de aire (Pennycuik 1972). Las corrientes térmicas, se forman por calentamiento diferencial del suelo, lo que les confiere una

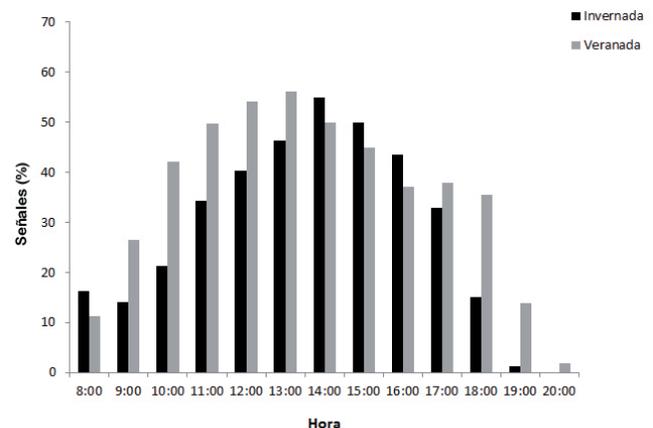


Figura 11. Proporción promedio de señales de una hembra adulta de cóndor andino en vuelo por hora en internada (3.332 datos) y veranada (4.329 datos) entre 2008 y 2010, en los Andes centrales de Chile y Argentina.

distribución heterogénea en el espacio (Bradbury 2000, Shepard *et al.* 2011). El patrón de ocupación preferencial de zonas montañosas que observé también es señalado por Carrete *et al.* (2010) para cóndores en la Patagonia Argentina. La carga alar del cóndor andino lo sitúa en el límite de capacidad de vuelo (McGahan 1973), lo que implicaría dificultades para emprender vuelo luego de la alimentación en zonas planas (Pennycuick & Scholey 1984, Donázar *et al.* 1999). En áreas llanas los cóndores tendrían mayor probabilidad de ser depredados por mamíferos o capturados por el ser humano (Pennycuick & Scholey 1984, Donázar & Ceballos 1988, Mundy *et al.* 1992).

Los dos cóndores se desplazaron sobre una mayor superficie de terreno en veranada que en invernada, alcanzando una mayor distancia por hora, por día y por mes en veranada. Una mayor movilidad de cóndores andinos en veranada también fue observada por De Martino *et al.* (2011) en la Patagonia argentina. Esto podría estar relacionado con una mayor velocidad promedio de vuelo en veranada, aunque mis resultados evidencian un patrón estable de velocidad de vuelo, con un incremento sólo leve en veranada. Esto también podría estar relacionado con un incremento más rápido del tiempo de vuelo en la mañana y por una prolongación del tiempo de vuelo al atardecer, debido a la extensión del fotoperíodo, sin embargo mis resultados evidencian que el tiempo total de vuelo invertido por el macho no difirió entre invernada y veranada (35,1% vs 34,8%); y en la hembra fue algo mayor en veranada (31,4% vs 37,1%). Sarno *et al.* (2000) asocian la mayor actividad de vuelos de cóndores andinos a mayores temperaturas ambiente, y De Martino *et al.* (2011) asocian la reducción del ámbito de movimiento en invierno a las bajas temperaturas. Mis resultados también sugieren que la temperatura sería un factor relevante ya que hacia el medio día aumenta considerablemente el tiempo de vuelo, y se incrementan las distancias recorridas. Por tanto, la movilidad se vería favorecida en aquellas horas y estaciones del año con condiciones meteorológicas favorables para el vuelo, específicamente cuando hay presencia de corrientes térmicas y viento. Las temperaturas en el área de estudio tienden a aumentar a partir de las 7:30 y hasta las 16:00 h, tanto en los meses cálidos como en los fríos (Dirección Meteorológica de Chile 2001), coincidiendo con el patrón horario de vuelo observado respecto del tiempo de vuelo y distancia recorrida. Los vientos se expresan en la forma de brisas de valles, existiendo un ciclo diario que se caracteriza por un máximo diurno después de mediodía y un ciclo anual con intensidades máximas durante el verano, cuando los gradientes térmicos son mayores (Ossandón 2008). Además, los meses en que los cóndores tuvieron una menor distancia de vuelo diaria coincidieron con los meses más fríos y lluviosos (junio y julio). A la vez, los meses

en que los cóndores exhibieron la máxima distancia de vuelo diaria coincidió con los meses más cálidos y secos (diciembre a febrero) (Dirección Meteorológica de Chile 2001). Por lo tanto, al no observarse diferencias estacionales importantes en la velocidad de vuelo y en el tiempo diario invertido en vuelo, se puede sugerir que las mayores distancias recorridas por hora y por día en veranada se deberían al tipo de vuelo, con menos tiempo invertido en vuelo planeado circular de remonte y mayor tiempo de vuelos rectilíneos descendentes de desplazamiento, ello debido a condiciones meteorológicas de viento y temperatura más favorables para el vuelo en veranada. Esta hipótesis podría ser puesta a prueba evaluando los tiempos invertidos en vuelo planeado circular y rectilíneo en veranada e invernada. Además se puede especular que las mayores velocidades promedio observadas en veranada podrían relacionarse a una mayor frecuencia de vuelos rectilíneos más rápidos que los circulares.

Otro factor que puede estar contribuyendo a los aumentos del ámbito de hogar durante la veranada, además de la mayor distancia recorrida por hora y por día, es la tendencia observada a aumentar la distancia de retorno diaria durante la veranada, lo que indica una menor tendencia a retornar a pernoctar en puntos cercanos entre sí, ello como un reflejo de procesos de dispersión.

Además del mayor rango de movimiento del cóndor macho respecto del cóndor hembra, las principales diferencias en los patrones de vuelo observados entre ambos, se asociaron a diferencias estacionales en la “altitud del cóndor” y la “altitud del terreno bajo el cóndor”, con el macho evidenciando mayores altitudes en veranada que en invernada, diferencias que están atenuadas en la hembra. Este patrón estacional de los movimientos del macho se corresponde con la dinámica estacional de desplazamiento de la ganadería extensiva, con los rebaños concentrados en las zonas altas de montaña en la veranada y en las zonas bajas en la invernada (Pavez 2012). Actualmente, el cóndor andino consume principalmente carroña derivada de ganadería extensiva (Pavez 2001, 2004, Lambertucci *et al.* 2009).

La alimentación recurrente de la hembra en un relleno sanitario durante el período de estudio – una fuente regular, fija y previsible de alimentación – pudo haber atenuando las diferencias estacionales respecto de su uso del territorio. De igual forma, pudo reducir su ámbito de hogar, el que alcanzó sólo el 21,3% del ámbito registrado para el macho y a un 58 % del ámbito reportado por De Martino *et al.* (2011) para otro macho en la Patagonia argentina. Resulta llamativo que la distancia promedio recorrida por día, el tiempo de vuelo invertido por día y el tiempo diario invertido en vuelo (macho = 35,0%, hembra = 34,6% para esta última variable) sean similares en am-

bos cóndores. Sin embargo, la hembra se desplazó en un área considerablemente más reducida que el macho, con un patrón atenuado de uso de zonas altas en veranada y de zonas bajas en internada. El menor ámbito de movimiento de la hembra se refleja en su tendencia recurrente a volver a dormideros próximos entre sí (menor distancia de retorno diaria). De ser efectiva la influencia del relleno sanitario en la reducción del ámbito de movimiento y del uso estacional diferenciado del territorio en el cóndor hembra, es posible suponer un efecto importante del relleno sanitario en el patrón de movimientos a nivel poblacional dado el elevado número de cóndores que lo utiliza. En España Donazar (1992) indica que el uso recurrente de muladares y basurales por parte de buitres limitaría considerablemente la magnitud de sus desplazamientos. Además, en España los muladares limitarían los procesos de dispersión de buitres juveniles (M. Terrasse, com. pers.).

Los patrones observados de tiempo de vuelo y descanso, debieran ser considerados para las estimaciones de abundancia hechas a partir del registro de aves en vuelo o en buitreras, ya que este patrón hace variar considerablemente la detectabilidad de los cóndores durante el día. En este estudio se determinó que en total los cóndores pasan aproximadamente un 35% del tiempo del día en vuelo, lo que es coherente con lo observado por Wallace *et al.* (1983) en Perú, quienes estimaron que los cóndores pasarían un 85% del tiempo estacionados en su territorio (1,1 - 1,9 km²), asociado al sitio de nidificación, e invertirían el 15% del tiempo restante en vuelos de forrajeo.

A partir de los 3.600 m de altitud aproximadamente, la cobertura vegetal en el área de estudio se hace nula (Cavieres *et al.* 2000). Se puede suponer esta cota como límite altitudinal aproximado de pastoreo para los rebaños de ganado. Coincidente con ello, para el macho sólo el 16,2% y el 11,7% de los puntos de posición y del terreno asociado respectivamente se ubicaron por encima de los 3.600 msnm. Para la hembra sólo el 10% y el 6,7% de los puntos de posición y del terreno asociado respectivamente se ubicaron por encima de los 3.600 msnm. Cabe señalar que el límite superior del terreno en el área de estudio bordea los 7.000 msnm. Estos resultados indican, en contra de lo que se suele suponer, que los cóndores no ascienden regularmente a áreas de gran altitud, concentrándose en zonas de media montaña en las que existe cobertura vegetal y provisión de alimento derivada de la ganadería.

Este estudio se basó sólo en dos individuos marcados, lo que reduce el valor predictivo de los patrones de movimiento observados. Sin embargo, tales patrones parecen ser coherentes con el uso de territorios de montaña favorables para el vuelo, con el uso de zonas bajas y zonas altas de acuerdo a la oferta estacional de alimento derivada de la ganadería extensiva, con la dinámica hora-

ria y estacional del clima, y con el uso de fuentes fijas y predecibles de alimento (basurales). Es destacable el amplio ámbito de movimiento de ambos cóndores, el cual incluye territorios de Chile y Argentina, lo cual denota la necesidad de establecer esfuerzos coordinados entre ambos países para el estudio y conservación de esta especie. Por último, es evidente la utilización dinámica de amplios territorios, lo que obliga a reorientar la estrategia clásica de áreas protegidas puntuales hacia la gestión de conservación en amplios territorios silvoagropecuarios, con recursos clave tanto naturales como antropógenos.

AGRADECIMIENTOS.- El autor agradece a Ricardo Figueroa y a un revisor anónimo por sus comentarios al manuscrito. A Tomás Valle por su apoyo cartográfico y procesamiento de información. A Caroline Moreno y Francisca Izquierdo por su ayuda en la bajada de información satelital. A Cristián Estades por sus recomendaciones y al Laboratorio de Ecología de Vida Silvestre de la Facultad de Ciencias Forestales y Conservación de la Naturaleza de la Universidad de Chile por el uso de su infraestructura. A la Unión de Ornitólogos de Chile bajo cuyo alero operó el proyecto de seguimiento satelital de cóndores. Al personal de la Dirección General de Aeronáutica Civil, quien facilitó y operó las redes cañón para la captura de cóndores. A KDM S.A. por las facilidades otorgadas para la captura de cóndores en su relleno sanitario. Este trabajo fue posible en parte gracias al apoyo de una beca doctoral otorgada por la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica de Chile, CONICYT.

LITERATURA CITADA

- ASTORE, V. 2001. Estudio de la capacidad de vuelo del Cóndor Andino (*Vultur gryphus*) en Patagonia argentina, y análisis comparativo de metodologías para su seguimiento a campo en Sudamérica. Tesis de Licenciatura, Universidad CAECE, Buenos Aires.
- BIRDLIFE INTERNATIONAL. 2012. Species factsheet: *Vultur gryphus*. Downloaded from <http://www.birdlife.org> on 21/02/2012.
- BLOOM, P.H. 1987. Capturing and handling raptors. En: B.A. Giron Pendleton, B.A. Millsap, K.W. Cline & D.M. Bird (eds.) Raptor Management Techniques Manual: 99-123. National Wildlife Federation, Port City Press Inc., Maryland.
- BOWEN, W.D. 1982. Home range and spatial organization of coyotes in Jasper National Park, Alberta. *Journal of Wildlife Management*. 46: 201-216.
- BRADBURY, T. 2000. Meteorology and flight: A pilot's guide to weather London: A & C Black Publishers, Ltd.

- CABRERA, A.L. & A. WILLINK. 1973. Biogeografía de América Latina. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, Departamento de Asuntos Científicos, Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Washington, District of Columbia. 120 pp.
- CARRETE, M., S.A. LAMBERTUCCI, K. SPEZIALE, O. CEBALLOS, A. TRAVAINI, M. DELIBES, F. HIRALDO & J.A. DONÁZAR. 2010. Winners and losers in human-made habitats: interspecific competition outcomes in two Neotropical vultures. *Animal Conservation* 13: 390–398.
- CAVIERES, L.A., A. PEÑALOZA & M. KALIN ARROYO. 2000. Altitudinal vegetation belts in the high-Andes of central Chile (33°S). *Revista Chilena de Historia Natural* 73: 331–344.
- DE MARTINO, E., V. ASTORE, M. MENA & L. JACOME. 2011. Estacionalidad en el home range y desplazamiento de un ejemplar de cóndor andino (*Vultur gryphus*) en Santa Cruz, Argentina. *Ornitología Neotropical* 22: 161–172.
- DI CASTRI, F. & E. HAJEK. 1976. Bioclimatología de Chile. Editorial de la Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.
- DIRECCIÓN METEOROLÓGICA DE CHILE. 2001. Climatología Regional. Departamento de Climatología y Meteorología. Disponible en: http://164.77.222.61/climatologia/publicaciones/Climatologia_regional.pdf. Consultado en enero de 2014.
- DONÁZAR, J. 1992. Muladares y basureros en la biología y conservación de las aves en España. *Ardeola* 39: 29–40.
- DONÁZAR, J. & O. CEBALLOS. 1988. Red fox predation on fledgling Egyptian vultures. *J. Raptor Res.* 22: 88.
- DONÁZAR, J., A. TRAVAINI, O. CEBALLOS, A. RODRÍGUEZ, M. DELIBES & F. HIRALDO. 1999. Effect of sex-associated competitive asymmetries on foraging group structure and despotic distribution in Andean Condors. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 45: 55–67.
- JACOME, N.L. & S. LAMBERTUCCI. 2000. Santuarios del Cóndor para la conservación de la naturaleza. Programa de Áreas Protegidas, Fundación Bioandina Argentina, Zoológico de Buenos Aires, Buenos Aires.
- LAMBERTUCCI, S.A., A. TREJO, S. DI MARTINO, J.A. SÁNCHEZ-ZAPATA, J.A. DONÁZAR & F. HIRALDO, 2009. Spatial and temporal patterns in the diet of the Andean condor: ecological replacement of native fauna by exotic species. *Animal Conservation* 12: 338–345.
- MCGAHAN, J. 1973. Gliding flight of the Andean condor in nature. *J. Exp. Biol.* 58: 225–237.
- MERETSKY, V. & N. ZINDER. 1992. Range use and movements of California Condor. *Condor*, 94: 313–335.
- MOHR, C.O. 1947. Table of equivalent populations of North American small mammals. *American Midland Naturalist* 37:223–249.
- MUNDY, P.J. & T.S. CHOATE. 1973. A detonator-propelled cannon net and its use to capture vultures. *Amoldia* 6:1–6.
- MUNDY, P.J., D. BUTCHART, J. LEDGER & S. PIPER. 1992. The vultures of Africa. London: Academic Press.
- NEWTON, I. 1979. Population Ecology of Raptors. T & AD Poyser Ltda.
- OSSANDÓN, R.A. 2008. Determinación de la acción del viento sobre las estructuras en Chile. Memoria para optar al título de ingeniero civil. Facultad de Ciencias Físicas y matemáticas. Universidad de Chile.
- PAVEZ, E.F. 2001. Recuadro 13.3 El cóndor andino (*Vultur gryphus*): conservación y nuevas fuentes de alimentación. In Conservación Biológica (R. Primack, R. Rozzi, P. Feinsinger, R. Dirso y F. Massardo eds.), Capítulo 13. Fondo de Cultura Económica, Ciudad de México, México. p. 409.
- PAVEZ, E.F. 2004. Descripción de las rapaces chilenas. En: Muñoz-Pedrerros A, J Rau & J Yáñez (eds) Aves Rapaces de Chile: 29–103. Centro de Estudios Agrarios y Ambientales (CEA), Valdivia, Chile.
- PAVEZ, E.F. 2012. Ecología y estado de conservación del cóndor andino (*Vultur gryphus*) en Chile. Tesis para optar al grado académico de Doctor en Ciencias Silvoagropecuarias y Veterinarias, Universidad de Chile, Santiago, Chile, 173 pp.
- PAVEZ, E., G. A. LOBOS & F. M. JAKSIC. 2010. Cambios de largo plazo en el paisaje y los ensamblajes de micromamíferos y rapaces en Chile central. *Revista Chilena de Historia Natural* 83: 99–111.
- PENNYCUICK, C.J. 1972. Soaring behaviour and performance of some east African birds, observed from a motor-glider. *Ibis* 114: 178–218.
- PENNYCUICK, C.J. & D. SCHOLEY. 1984. Flight behaviour of Andean condors *Vultur gryphus* and Turkey vultures *Cathartes aura* around the Paracas Peninsula, Peru. *Ibis* 126: 253–256.
- SARNO, R., W. FRANKLIN & W. PREXL. 2000. Activity and population characteristics of Andean Condor in southern Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 73: 3–8.
- SCHOENER, T.W. 1981. An empirically based estimate of home range. *Theoret. Populat. Biol.* 20: 281–325.
- SERVÍN, J. & C. HUXLEY. 1993. El ámbito hogareño del coyote en un bosque de la Sierra Madre Occidental de México. *Cuad. Mex. Zool.* 1: 45–51.
- SESTELO, A. 2003. Determinación de parámetros poblacionales, preferencia y uso de habitat, de ejemplares de

- Cóndor Andino (*Vultur gryphus*) reintroducidos en Patagonia, Argentina. Tesis de Licenciatura, Universidad CAECE, Buenos Aires.
- SHEPARD, E.L., S.A. LAMBERTUCCI, D. VALLMITJANA & R.P. WILSON. 2011. Energy Beyond Food: Foraging Theory Informs Time Spent in Thermals by a Large Soaring Bird. PLoS ONE 6(11): e27375. doi:10.1371/journal.pone.0027375
- TEMPLE, S. & M. WALLACE. 1989. Survivorship patterns in a population of Andean condor *Vultur gryphus*. En: B. Meyburg y D. Chancellor, eds. WWGBP: Berlin, London and Paris, 1989, p. 247-251.
- WALLACE, M. & S. TEMPLE. 1987. Releasing captive-reared Andean Condors to the wild. The Journal of Wildlife Management, 51: 541-550.
- WALLACE, M., S. TEMPLE & T. TORRES. 1983. Ecología del cóndor andino (*Vultur gryphus*). I simposio de Ornitología Neotropical, Claz Peru. p. 69-76.
- YUNG, L.S & M.N. KOCHERT. 1987. Marking Techniques. En: B.A. Giron Pendleton, B.A. Millsap, K.W. Cline & D.M. Bird (eds.) Raptor Management Techniques Manual: 125-156. National Wildlife Federation, Port City Press Inc., Maryland.