

LA ECOLOGÍA DEL MOVIMIENTO:

TRAS LOS PASOS DEL CÓNDOR ANDINO

En este artículo presentamos las preguntas y los primeros resultados de un proyecto en curso centrado en el estudio del movimiento del cóndor andino.

P. Alarcón, S. Lambertucci, J. M. Morales, G. Wiemeyer, O. Mastrantuoni, E. Shepard, J. A. Sánchez-Zapata, G. Blanco, M. de la Riva, F. Hiraldo y J. A. Donázar

¿De qué hablamos cuando hablamos de movimiento?

La palabra *movimiento* es utilizada en ámbitos muy diferentes de la vida cotidiana. En ocasiones, se emplea para hacer referencia a organizaciones políticas y sociales, corrientes filosóficas o estilos de arte. Sin embargo, la acepción más intuitiva del término es aquella con origen en la Física y definida a partir de magnitudes de espacio y tiempo. Así, movimiento, o cualquiera de los vocablos derivados, rápidamente nos induce a pensar en un sistema que abandona un sitio para, luego de cierto tiempo, ocupar uno distinto. Esta clase de movimiento es uno de los fenómenos natura-

les más comunes en nuestro entorno y uno de los rasgos más característicos de la vida sobre el planeta.

En respuesta a la distribución heterogénea de los recursos en los ecosistemas, las distintas formas de vida debieron adoptar estrategias que les permitieran reubicarse en el espacio. Algunas de las estrategias que hoy conocemos incluyen propulsión mediante cilias y flagelos utilizada por microorganismos, sistemas hidráulicos que eyectan esporas fúngicas y estructuras especializadas que facilitan el transporte de semillas por el viento o el agua. Aunque diversas en mecanismos, estas estrategias promueven en su mayoría movimientos acotados en el tiempo (por ejemplo, sólo du-

Palabras clave: movimiento animal, telemetría satelital, *Vultur gryphus*, GPS.

Pablo Alarcón ^(1,2)

Lic. en Cs. Biológicas
paealarcond@gmail.com

Sergio Lambertucci ⁽¹⁾

Dr. en Biología
slambertucci@comahue-conicet.gob.ar

Juan Manuel Morales ⁽¹⁾

Dr. en Ecología y Biología Evolutiva
jm.morales@conicet.gob.ar

Guillermo Wiemeyer ⁽³⁾

Med. Veterinario
gwiemeyer@gmail.com

Orlando Mastrantuoni

Bachiller
orlydelapatagonia2@gmail.com

Emiliy Shepard ⁽⁴⁾

Dra. en Cs. Biológicas
E.L.C.Shepard@swansea.ac.uk

José Antonio Sánchez-Zapata ⁽⁵⁾

Dr. en Biología
toni@umh.es

Guillermo Blanco ⁽⁶⁾

Dr. en Cs. Biológicas
gblanco@mncn.csic.es

Manuel de la Riva ⁽⁷⁾

Lic. en Cs. Biológicas
delariva@ebd.csic.es

Fernando Hiraldo ⁽⁷⁾

Dr. en Cs. Biológicas
hiraldo@ebd.csic.es

José Antonio Donázar ⁽⁷⁾

Dr. en Cs. Biológicas
donazar@ebd.csic.es

⁽¹⁾ Laboratorio Ecotono, INIBIOMA (Universidad Nacional del Comahue-CONICET)

⁽²⁾ The Peregrine Fund

⁽³⁾ Jardín Zoológico de la Ciudad de Buenos Aires

⁽⁴⁾ Department of Biosciences, Swansea University

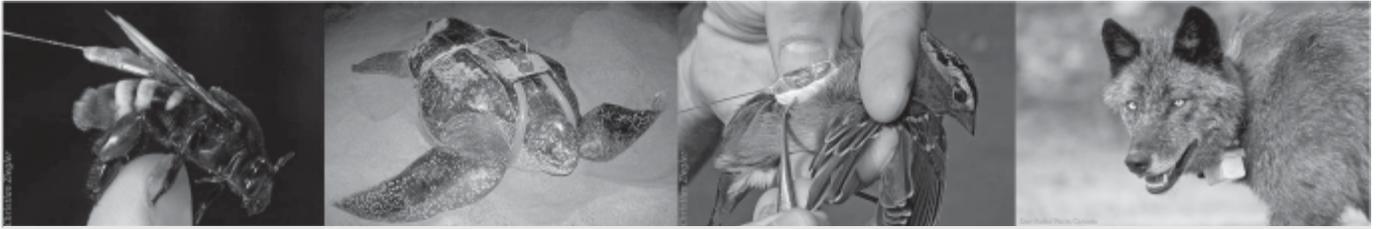
⁽⁵⁾ Departamento de Biología Aplicada, Univ. Miguel Hernández

⁽⁶⁾ Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC)

⁽⁷⁾ Estación Biológica de Doñana (CSIC)

Recibido: 10/05/2013

Aceptado: 22/08/2013



Cuadro 1 Tecnología puesta al servicio de la Ecología del Movimiento

Los avances tecnológicos comúnmente han sido catalizadores de progresos teóricos y conceptuales importantes en las distintas áreas del conocimiento, y la Ecología del Movimiento no es la excepción. En virtud del progreso tecnológico, disponemos en la actualidad de una gran diversidad de técnicas e instrumentos que facilitan la obtención de la información necesaria para llevar a cabo estudios del movimiento. Las técnicas de seguimiento remoto están entre los avances más importantes. En los años '80, la telemetría VHF y UHF (*Very High Frequency* y *Ultra High Frequency*, por sus siglas en inglés) revolucionaron los estudios en ecología animal, ya que facilitaron el seguimiento de especies crípticas y/o con capacidad de realizar grandes desplazamientos. No obstante, el desarrollo del sistema satelital no tardó en promover grandes mejoras en la materia. Primero haciendo uso del Sistema Argos y más recientemente del sistema global para la telefonía móvil GSM (*Global System for Mobile communication*, por sus siglas en inglés), la telemetría satelital GPS (*Global Positioning System*, por sus siglas en inglés) se está convirtiendo en una herramienta de uso muy frecuente, a través de la cual obtener posiciones de los animales en el espacio, a intervalos de tiempo cada vez menores y con precisión de sólo pocos metros. Entre las innovaciones más recientes se encuentra el empleo de dispositivos que incorporan acelerómetros. Con ellos es posible conocer no sólo los movimientos de los animales de interés, sino también inferir pautas comportamentales sin necesidad de recurrir a la observación directa. Finalmente, cabe mencionar la importancia de las técnicas de biotelemetría. Estos son instrumentos que permiten el monitoreo remoto de parámetros fisiológicos tales como la temperatura y el ritmo cardíaco de los animales que los portan. Luego de obtenida, toda esta información puede ser combinada en Sistemas de Información Geográfica (SIG) con una extensa variedad de datos ambientales medidos a través de estaciones meteorológicas, sensores remotos e imágenes satelitales. La sinergia entre estas tecnologías está abriendo nuevos horizontes y haciendo posible el abordaje de preguntas que hasta hace algunos años resultaban lógicamente imposibles de responder.

Imágenes: C. Ziegler/Fundación Karumbé/D. Raffla

rante el estadio de semilla) y el espacio (por ejemplo sitios adyacentes al del individuo progenitor) y no ofrece garantías de un destino favorable. El caso de las especies animales ha seguido un curso evolutivo diferente; muchas de estas especies desarrollaron sistemas de locomoción y navegación especializados que les permiten tomar decisiones a voluntad respecto de cuándo moverse y hacia dónde hacerlo. En virtud de estos atributos, los animales se han convertido en los organismos más versátiles en cuanto a capacidades y estrategias de movimiento se refiere.

Dada la diversidad y la complejidad del movimiento animal, su estudio ha sido abordado desde diferentes perspectivas. Algunos estudios se han focalizado en la biomecánica del movimiento, buscando determinar cómo los sistemas esquelético, muscular, nervioso y circulatorio interactúan para hacer posible, por ejemplo, el vuelo de un ave o la locomoción bípeda de muchos primates. En otras investigaciones, el interés ha estado puesto en los mecanismos que estas especies utilizan para orientarse en el espacio. Finalmente,

los estudios en ecología se han centrado en descifrar los movimientos que los animales trazan en sus hábitats naturales y, más recientemente, en comprender cómo éstos son afectados por los componentes del paisaje (tales como relieve, tipo de vegetación y clima). Aunque todos estos enfoques se nuclearon bajo el rótulo de «estudio del movimiento animal», durante largo tiempo transitaban caminos divergentes y hacia objetivos aparentemente distintos. En la última década, sin embargo, se ha reconocido la importancia de integrar estos distintos puntos de vista bajo una disciplina única denominada *Ecología del Movimiento*. A lo largo de este artículo, presentaremos un proyecto de investigación en curso que utiliza las ideas y las herramientas de este nuevo enfoque para aplicarlas al estudio del movimiento del cóndor andino.

Las preguntas que guían a la Ecología del Movimiento

Los animales realizan movimientos diarios dentro de sus hábitats naturales que resultan de la interacción

Imagen: M. de la Riva/P. Manger/H. Garrido/S. Bitran



Cuadro 2 ¿Quién es quién?

El cóndor andino es una de las siete especies que integran la familia *Cathartidae*, conocidas comúnmente como «buitres del nuevo mundo» y entre las que se encuentran también el cóndor californiano y los jotes. El cóndor de los Andes, como también suele nombrárselo, se encuentra distribuido en América del Sur con poblaciones a lo largo de la Cordillera de los Andes, desde Venezuela hasta Tierra del Fuego. Es un ave de grandes dimensiones, existiendo registros de individuos que han superado los tres metros de envergadura y los 15 kg de peso. El cóndor andino es la única especie de la familia que presenta claras diferencias morfológicas entre los sexos. Una de estas diferencias es la cresta presente en los machos (Foto A), la cual es incipiente al momento de la eclosión pero que se vuelve cada vez más prominente con la edad del individuo. El tamaño corporal es otra característica diferencial, particularmente en su etapa adulta (Foto A); los machos suelen superar entre tres y cinco kilos el peso de las hembras y tienen al menos diez centímetros más de envergadura. Más sutil, y que también se acentúa con la edad, es la diferencia en la coloración del iris, marrón en los machos y rojo en las hembras. En el cóndor, al igual que en otros buitres y la mayoría de las aves, las diferencias etarias se manifiestan principalmente en la coloración del plumaje. Al nacer, el pichón se encuentra cubierto por un denso plumón que predomina durante sus primeros meses de vida. Al principio este plumón es de color blanco, aunque se oscurece rápidamente hasta alcanzar un

color marrón (Foto B). Aproximadamente tres meses más tarde comienza a aparecer el plumaje verdadero, aquel que presenta plumas cobertoras, remeras y timoneras que posibilitan el vuelo. La coloración permanece marrón en su totalidad durante la etapa juvenil, esto es, durante los primeros tres o cuatro años de edad aproximadamente (Foto C). Al tercer o cuarto año los individuos son considerados subadultos. A partir de entonces, las mudas sucesivas incorporan tonalidades blanco-grisáceas en el cuello y la parte dorsal de las alas, a la vez que el resto del plumaje se vuelve cada vez más oscuro (Foto D). La coloración definitiva del adulto se adquiere al sexto año de edad, cuando alcanzan la madurez sexual. En aquel momento, el color blanco de las plumas del collar y la parte dorsal de las alas está bien definido y se distingue claramente del negro intenso del resto del plumaje (Foto A).

entre características propias y del ambiente que los rodea. Entre las características propias se encuentran el estado interno del individuo y sus capacidades de movimiento y navegación. El estado interno representa la condición fisiológica de un individuo y la motivación para realizar cierta actividad. En este sentido el estado interno refleja el por qué del movimiento (por ejemplo, hambre, sed, miedo, celo). La capacidad de movimiento se refiere a las habilidades locomotoras y responde al «cómo» el individuo se mueve. Este «cómo» toma en cuenta si el animal camina, salta, corre, vuela, nada, reptar o combina algunas de estas u otras formas de desplazamiento. Por su parte, la habilidad de navegación es la capacidad del individuo para recordar marcas en el paisaje, construir mapas mentales y tomar decisiones respecto de la dirección del movimiento y del momento oportuno para llevarlo a cabo. En esencia, la habilidad de navegación determina «dónde» el organismo se mueve y «cuándo» lo hace. La distribución del alimento y de otros organismos, el clima y la topografía son variables externas que al interactuar con los atributos propios de los individuos derivan en respuestas de movimiento. El estudio de estas intrincadas interacciones constituye el foco de la Ecología del Movimiento.

Para dar respuesta a las preguntas anteriores, la Ecología del Movimiento ha incorporado progresos tecnológicos y conceptuales alcanzados en distintas áreas del conocimiento. Por ejemplo, aprovecha las ventajas del desarrollo de técnicas de seguimiento satelital, sensores remotos y sistemas de información geográfica (ver Cuadro 1). Asimismo se nutre del conocimiento alcanzado en disciplinas tales como la fisiología, la anatomía y la genética. Este abordaje interdisciplinario es sumamente conveniente al tratarse del estudio de uno de los fenómenos más extendidos, diversos y complejos de la naturaleza.

Tras los pasos del cóndor andino: un estudio del movimiento

En el año 2010 pusimos en marcha el proyecto «Conservación de grandes vertebrados: el cóndor andino frente al cambio global». Como objetivo gene-

ral nos propusimos estudiar los factores que influyen en las decisiones de movimiento de los individuos de una especie, utilizando al cóndor como objeto de estudio (ver Cuadro 2). Esta ave presenta características particulares que pueden influir fuertemente en los patrones de movimiento (gran tamaño corporal, dimorfismo sexual, ciclos reproductivos prolongados, entre otros), lo que hace que su estudio sea de especial interés para la comprensión de aspectos biológicos y evolutivos que permanecen poco claros. Por otro lado, estas características llevan a pensar que se requieren esfuerzos particulares por conocer los requerimientos de espacio y las características del hábitat que favorezcan la conservación de la especie. Proteger las poblaciones de esta ave significa preservar una especie singular desde el punto de vista biológico y evolutivo, pero también parte significativa del patrimonio cultural de las civilizaciones andinas. A continuación presentaremos un panorama general de los resultados que hemos obtenidos durante los tres primeros años del estudio.

Captura y marcaje de cóndores andinos

En los alrededores de Bariloche (Río Negro, Argentina) y durante tres temporadas consecutivas, capturamos y tomamos muestras de sangre y plumas a 50 ejemplares de la especie. Para obtener información de sus movimientos, equipamos a 24 de estos ejemplares con transmisores satelitales GPS (ver Figura 1). Todos estos transmisores registran la posición geográfica del animal, su altura y velocidad de vuelo a intervalos de entre 15 minutos y una hora, y la descargan de manera remota dándonos acceso permanente a la información. Además, colocamos 10 dispositivos integrados cada uno por tres componentes: 1) un transmisor GPS capaz de obtener una localización cada dos minutos 2) un acelerómetro triaxial capaz de contabilizar el número de aleteos y registrar el rumbo del movimiento y 3) un transmisor VHF (ver Cuadro 1). Los dos primeros componentes de estos 10 dispositivos almacenaron los registros en tarjetas de memoria que necesitamos recuperar para tener acceso a la información. Para ello, configuramos las 10 unidades para

Imágenes: M. de la Riva/G. Ignazi



Figura 1. Captura, monitoreo y marcaje de cóndores andinos.

que se desprendieran automáticamente de las aves tras un periodo de entre cinco y ocho días y durante horas de la noche. Consultando la información satelital GPS cargada regularmente a Internet, visitamos las localizaciones geográficas en que los animales pasaron aquellas noches y, con la ayuda de un receptor de señal VHF nos guiamos hasta el sitio exacto donde se encontraba el aparato.

Magnitud de los movimientos de los individuos monitoreados

Desde que comenzamos el proyecto en octubre de 2010, hemos obtenido más de 150.000 registros satelitales con los que hemos podido reconstruir los movimientos de los 24 cóndores monitoreados. Estos registros se encuentran distribuidos en una superficie que alcanza los 125.000 km² correspondientes a las provincias de Mendoza, Neuquén, Río Negro y Chubut, en Argentina, y las regiones de La Araucanía, Los Lagos y Aisén, en Chile (ver Figura 2a). En particular, a lo largo del estudio, la superficie cubierta por un único individuo osciló entre los 2.700 km² y los 83.000 km², siendo esta última superior a la tercera parte de la superficie de Río Negro.

La gran mayoría de los animales realiza movimientos periódicos entre la estepa y la Cordillera de los Andes, cruzando incluso hacia el territorio de Chile (ver Figura 2b). Tras la visita a cada uno de estos sitios, hemos podido corroborar que la estepa se corresponde con la zona de alimentación y la cordillera con la

de nidificación. Los movimientos de cada individuo entre estas dos áreas se realizan aproximadamente día por medio y promedian un desplazamiento de 150 km diarios. No obstante, hemos registrado trayectorias que superan los 350 km diarios, por ejemplo, cuando los animales vuelan hacia la estepa y regresan al nido en el mismo día. Las velocidades de vuelo, en ocasiones, han superado los 125 km/h.

Parámetros fisiológicos y sanitarios de los ejemplares capturados

Las capturas realizadas brindaron la posibilidad de evaluar el estado de salud de ejemplares de vida libre. Desde el enfoque de la medicina de la conservación, conocer y estandarizar algunos parámetros fisiológicos nos permitirá además evaluar si existen factores que los hagan particularmente sensibles a algunas amenazas. Afortunadamente, los resultados parciales obtenidos hasta el momento parecen indicar que las poblaciones silvestres de cóndor andino presentan pocas manifestaciones detectables de enfermedades clínicas. Los ejemplares capturados mostraron un buen estado general, no se identificaron signos de enfermedad orgánica ni ectoparásitos y el único signo identificado se relacionó cronológicamente con la erupción del complejo volcánico Puyehue - Cordón Caulle. Los ejemplares examinados afectados por la pluma del volcán mostraron como patrón general una notable irritación de las vías aéreas superiores. No obstante, los individuos examinados antes y después del período

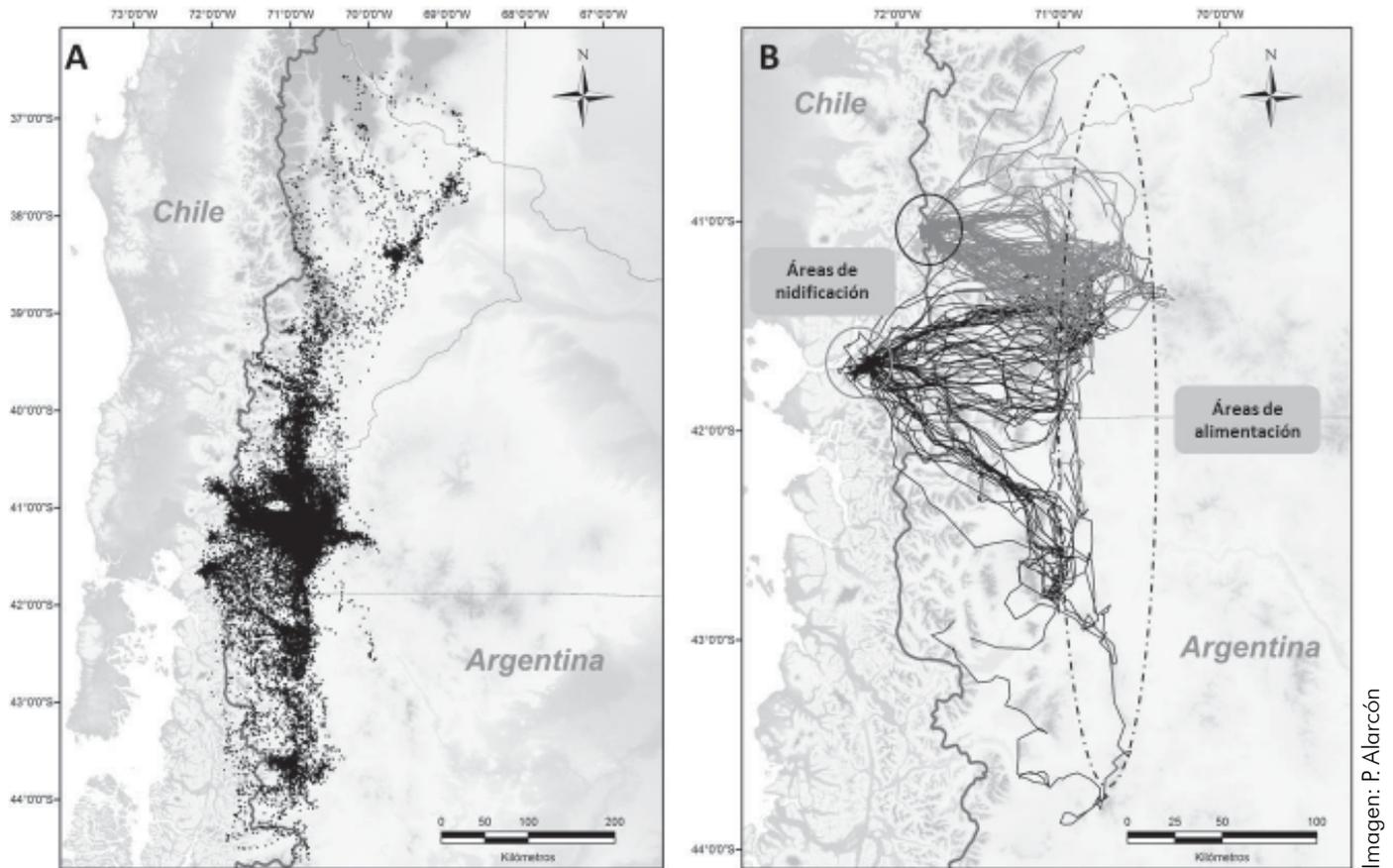


Imagen: P. Alarcón

Figura 2. Patrones de movimiento de los 24 cóndores monitoreados con telemetría satelital GPS. A) Magnitud de los movimientos. Cada punto representa una localización. B) Trayectorias de movimiento de dos ejemplares entre las áreas de nidificación y alimentación durante seis meses consecutivos.

máximo de actividad volcánica no presentaron ningún tipo de irritación en vías respiratorias. Exceptuando este hallazgo acotado en el tiempo, por el momento no identificamos otras alteraciones externas. Sin embargo, estamos llevando adelante estudios más específicos para comparar algunos parámetros fisiológicos en detalle.

En base a la falta de manifestaciones clínicas de enfermedades, cobra importancia la evaluación de posibles cuadros subclínicos. Con este objetivo hemos registrado múltiples variables fisiológicas y tomado muestras biomédicas que nos permitan profundizar el análisis de salud más allá de lo que puede verse en una evaluación física básica. Las muestras para cultivo bacteriano están permitiendo identificar la particular flora bacteriana que habita normalmente el aparato digestivo de la especie en libertad. El análisis toxicológico de las muestras de sangre señala algunos ejemplares con valores notablemente altos de plomo respecto de los límites tolerables, sugiriendo una resistencia peculiar a los niveles circulantes de este metal pesado. Entre otras particularidades fisiológicas, los estudios electrocardiográficos revelaron la presencia de algunos cuadros subclínicos de alteraciones del ritmo cardíaco y fallas valvulares menores sin sintomatología asociada.

La gran capacidad de desplazamiento del cóndor desdibuja los límites tradicionales en muchos sentidos, incluso al hablar de sanidad. La especie no respeta barreras geográficas ni políticas que inicialmente podrían también considerarse límites para la distribución de vectores, prevalencia de enfermedades o situaciones de contaminación ambiental vinculadas con minería y caza deportiva. Por esto, el estudio combinado de sus patrones de movimiento y la prevalencia de enfermedades abre un campo de análisis promisorio en ecología de las enfermedades. Determinar si los individuos silvestres son portadores sanos o transmisores de enfermedades de relevancia tales como Influenza Aviar (*Orthomyxoviridae* sp.) y Virus del Oeste del Nilo (*Flavivirus* sp., *Flaviviridae* sp.), nos permitirá estudiar cuál es su rol en la compleja trama de circulación de la enfermedad a nivel regional. La Influenza Aviar ha cobrado relevancia en los últimos años por constituir la diseminación de la variante H5N1, una de las pandemias más difundidas, afectando Asia, África, Europa y algunas regiones de Sudamérica. El virus del Oeste del Nilo afecta desde mediados del siglo XX al viejo mundo (Asia, África y Europa), pero fue durante los últimos quince años que se extendió al norte del continente americano. Su ciclo de transmisión incluye como pieza fundamental determinadas especies de

mosquitos, que son quienes perpetúan el ciclo de la enfermedad en la naturaleza. La dispersión de ambos agentes ha representado en otros continentes un serio problema no sólo para las poblaciones animales sino para la salud pública. El estudio de susceptibilidad o capacidad de diseminación en especies silvestres (y particularmente en aquellas migratorias y/o con gran capacidad de des-

plazamiento) se ha considerado clave para entender cómo circulan estas enfermedades en Sudamérica. Sin embargo es poca la información disponible debido a la gran dificultad que existe para estudiarlas en especies silvestres.

Las preguntas que resta responder

Hasta el momento hemos colectado un conjunto de datos sin precedentes para la especie que está haciendo posible la identificación de los aspectos que necesitan reforzarse en las actuales políticas dirigidas a la conservación del cóndor andino. Con estos datos estamos buscando también dar respuestas a las preguntas conceptuales que guían al proyecto, algunas de las cuales presentamos a continuación.

1. El tamaño, ¿importa?

El vuelo batido es sumamente costoso en términos energéticos para animales cuyo peso supera los 10-12 kilogramos. Esto sugiere que especies de grandes dimensiones tendrán restricciones importantes en sus movimientos, ya que necesitan de condiciones climáticas y topográficas específicas que les permitan volar sin incurrir en grandes gastos de energía. Muchas especies de gran tamaño se han especializado en aprovechar las corrientes de aire ascendente que se generan por el calentamiento del suelo o por el choque del viento contra la pendiente del terreno.

El cóndor andino es un ave de gran tamaño (ver Cuadro 2) que posiblemente esté al límite de las capacidades de vuelo. Una evidencia a favor de esta idea está dada por registros de campo en los cuales se ha visto individuos subiendo a pie laderas inclinadas del terreno para, una vez arriba, remontar el vuelo. En nuestro proyecto buscamos determinar cuáles son las estrategias que el cóndor utiliza para sustentar el vuelo en sus largas recorridas diarias, considerando su gran peso y tamaño.

El análisis de los datos suministrados por los acelerómetros aporta la primera evidencia del aprovechamiento que los cóndores hacen de la energía pro-

vista por el ambiente. Dada la buena calidad de esta información es posible observar que las trayectorias de estas aves parecen «dar saltos», alternando periodos de ascenso y descenso en el aire. Los periodos de ascenso en corrientes ascendentes se llevan a cabo mediante movimiento circulares. Luego de ganar cierta altura, las aves se desplazan en dirección horizontal y descienden hasta alcanzar la próxima corriente ascendente. Hasta aquí, hemos corroborado lo que cualquier aficionado pudo haber advertido al ser testigo del vuelo del cóndor. El paso siguiente es

evaluar el grado de coincidencia espacial entre las trayectorias de los cóndores y la fuerza de las corrientes de aire ascendentes (energía provista por el ambiente). Para probar esto, hemos desarrollado, en conjunto con meteorólogos, modelos con los que podemos mapear la disponibilidad de corrientes ascendentes en el área en que vuelan los cóndores monitoreados, para luego combinarla con la información de movimiento provista por los transmisores satelitales GPS y la información de costos energéticos provista por los acelerómetros. Esperamos encontrar que los cóndores utilizan las rutas de vuelo más económicas, energéticamente hablando.

2. La reproducción y el movimiento, ¿cómo interactúan?

El ciclo reproductivo implica muchos cambios en el ritmo de vida de las aves. Al principio, la defensa de un territorio, la búsqueda de pareja o el acondicionamiento de los nidos modifican de manera significativa los patrones de actividad diaria. Posteriormente, estos cambios se acentúan con la incubación de los huevos y el cuidado de las crías. Es posible entonces que el evento reproductivo se refleje en los patrones de movimiento, ya que las aves están sujetas a un compromiso entre buscar alimento y permanecer en la zona de cría, compromiso que no necesariamente se extiende fuera del periodo reproductivo. De esta manera, cabría esperar que los individuos que se encuentren en período reproductivo limiten sus movimientos a áreas más pequeñas que aquellas de los que no se reproducen, o también, que realicen viajes de alimentación por rutas que minimicen el tiempo fuera del área reproductiva.

El cóndor andino es una de las aves con ciclo reproductivo más prolongado y, por lo tanto, debería mostrar cambios considerables en sus patrones de movimientos durante esta etapa. Luego de que la hembra pone un único huevo, ambos miembros de la pareja lo incuban en turnos rotativos y por un periodo aproximado de 60 días. La incubación es la etapa más sen-

sible del ciclo reproductivo del cóndor, razón por la cual, durante este lapso el compromiso con el área reproductiva es extremo. El pichón recién nacido pasa sus primeros seis u ocho meses de vida en el nido, por lo cual los adultos deben regresar continuamente para proveerlo de alimento, al menos, hasta el año de vida. A través de la evaluación de hormonas sexuales y visitas a las áreas reproductivas hemos comprobado que nueve de los ejemplares monitoreados se han reproducido al mismo tiempo que monitoreamos sus movimientos. Esperamos ahora identificar en sus trayectorias de vuelo patrones que reflejen este estado.

3. El mandamás, ¿se mueve menos?

Las relaciones sociales que se establecen entre los individuos de una población es otro de los factores que pueden dar forma a las trayectorias de movimiento de los animales. Esto es cierto, sobre todo en especies que presentan un comportamiento social complejo dada la existencia de vínculos fuertes entre los individuos. En este contexto, la manera en que un animal se mueve para buscar alimento, refugio o pareja puede

estar fuertemente afectada por la presencia o ausencia de otros individuos.

El cóndor exhibe un comportamiento social complejo. Estas aves se alimentan en grupos conformados por individuos de distinto sexo y edad, y comparten roquedales protegidos de la inclemencia climática que funcionan como dormitorios o lugares de descanso. En cada uno de estos sitios, el reparto de los recursos es establecido por estructuras jerárquicas, en las cuales dominan los machos sobre las hembras. Se ha visto, por ejemplo, que los machos adultos son quienes se alimentan en primer término, desplazando al resto sin importar el orden de llegada a la carroña. Son ellos también los que utilizan las repisas mejor acondicionadas en los dormitorios. Esta disparidad sexual posiblemente se refleje en la forma en la cual los individuos utilizan el espacio. Probablemente las hembras deban recorrer mayores distancias para alimentarse o estén relegadas a ambientes de menor calidad. Para comprobar estas sospechas, como primera medida estamos categorizando los ambientes según su calidad, utilizando como criterios principales la disponibilidad



Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medioambiente
CONSEJO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE



*Ciencia, Tecnología e Innovación al servicio del país,
desde la Patagonia argentina*

Convenios de Asistencia Técnica - Convenios de Desarrollo
Estudios de Impacto Ambiental - Servicios Tecnológicos de Alto Nivel



Quintral 1250 - 8400 San Carlos de Bariloche - Tel. 0294 4433040
contactoinibioma@comahue-conicet.gob.ar / www.comahue-conicet.gob.ar/inibioma/

de alimentos y el riesgo asociado en adquirirlo. Luego de ello, evaluaremos si los individuos de un sexo se segregan espacialmente o si ocupan preferencialmente ambientes con determinadas características.

4. Caza deportiva y erupción volcánica, ¿dos fenómenos con el mismo efecto?

Los animales carroñeros se han adaptado a un recurso alimenticio que es imprevisible en tiempo y espacio. Para estas especies, resulta prácticamente imposible conocer la ubicación y el momento en que se encontrarán con su próxima comida. Sin embargo, hay eventos que pueden disminuir esta incertidumbre y manifestarse a través del movimiento. Cuando se generan «pulsos de alimento», el recurso se encuentra en grandes cantidades y acotado en el espacio y el tiempo. En consecuencia, los animales capaces de explotar este recurso pueden verse fuertemente favorecidos, ya que posiblemente deban invertir menor tiempo y energía en la obtención del mismo.

Los pulsos de recursos pueden ser promovidos por factores naturales o artificiales. En relación a los primeros, la caída de cenizas generada a partir de la erupción del complejo volcánico Puyehue - Cordón Caulle en junio de 2011 posiblemente dio lugar a un escenario de este tipo, particularmente al principio del evento. Durante los meses que siguieron a la erupción, los índices de mortalidad en el ganado de la región se incrementaron de manera notable principalmente como consecuencia de la disminución de pasturas pero también derivado de los daños a la salud de los animales (por ejemplo, trastornos digestivos). Sin embargo, luego del pico de abundancia, el alimento de los cóndores disminuyó de manera drástica como consecuencia de la mortalidad ocurrida en los meses anteriores y la decisión de los establecimientos ganaderos de trasladar el ganado hacia campos de otras latitudes. Por su parte la caza deportiva, principalmente de ciervos y jabalíes, podría tener efectos similares, aunque de menor escala. Esta actividad se lleva a cabo normalmente en un periodo acotado de tiempo (marzo-abril), y dado que se realiza dentro de determinados establecimientos, es capaz de proveer carcasas en forma más o menos previsible en espacio y tiempo. Frente a estos dos escenarios esperamos respuestas de movimiento cualitativamente similares. Por ejemplo, suponemos que las trayectorias de forrajeo presentarán menor tortuosidad e insumirán menor tiempo durante los meses inmediatamente posteriores a la erupción y durante la temporada de caza. Por el contrario, los cóndores evitarían estos sitios fuera de estos períodos. De manera similar, esperamos que los cóndores prefieran visitar zonas fuertemente afectadas por las cenizas en los meses inmediatamente posteriores a la erupción y los cotos de caza durante la temporada reproductiva, pero que las eviten fuera de estos periodos.

Sintetizando

El movimiento se encuentra ligado a cada una de las actividades que un animal necesita realizar para sobrevivir y reproducirse. Por esta razón, su estudio tiene el potencial de contribuir a la comprensión de aspectos del comportamiento, la ecología y la evolución de las especies que son todavía poco claros. La Ecología del Movimiento se presenta como una disciplina novedosa y propone un abordaje interdisciplinario dirigido a identificar los patrones de movimiento en la naturaleza, los mecanismos que le dan origen y las consecuencias que tienen en los distintos niveles de organización. Bajo este marco, nuestro proyecto apunta a dilucidar los factores que afectan al movimiento del cóndor andino, esperando contribuir a la temática en general y, en particular, al conocimiento que favorezca la conservación de esta ave y la de su ecosistema.

Agradecimientos

Deseamos agradecer a cada una de las universidades e institutos de investigación de los que formamos parte. De igual manera, a la Fundación BBVA que provee los fondos que hacen posible el desarrollo de este proyecto y a *The Peregrine Fund* y *National Geographic* que colaboran en el desarrollo de los proyectos asociados. Agradecemos también la colaboración de la Intendencia del Parque Nacional Nahuel Huapi, Direcciones de Fauna de Neuquén y Río Negro, Catedral Alta Patagonia y a los dueños y administradores de las estancias El Cóndor, San Ramón, Buitreras, Pilcañeu, Siete Cóndores y Bardas Blancas. Finalmente, agradecemos a Facundo Barbar, Gonzalo Ignazi, Fernando Ballejos, Nicolás Lois, Emma Martínez López, Andrés Capdeville, Laura Torres y Gustavo Santamaría por su asistencia en el trabajo de campo.

Lecturas sugeridas

- Heredia, J. y Piedrabuena J. (2010). Registros de nidificación del Cóndor Andino (*Vultur gryphus*) en las sierras grandes de Córdoba, Argentina. *Nuestras Aves*, 55, pp. 37-39.
- Lambertucci, S. (2007). Biología y conservación del Cóndor Andino (*Vultur gryphus*) en Argentina. *Hornero*, 22 (2), pp. 149-158.
- Lambertucci, S. (2010). Análisis ecológico del uso de los roquedales por el cóndor Andino (*Vultur gryphus*) y evaluación del papel de estos sitios para la conservación de la diversidad en el noroeste patagónico. Tesis de Doctorado. Centro Regional Universitario Bariloche, Universidad nacional del Comahue
- Nathan, R., Getz, W., Revilla, E., Holyoak, M., Kadmon, R., Saltz, D. y Smouse P. (2008). A movement ecology paradigm unifying organismal movement research. *PNAS*, 105 (49), pp.19052-19059.
- Shepard, E., Lambertucci, S., Vallmitjana, D. y Wilson, R. (2011). Energy beyond food: foraging theory informs time spent in thermals by a large soaring bird. *PLoS ONE*, 6 (11), pp. 1-6.