

**UNIVERSIDAD DE CHILE**

FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS  
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS

**ECOLOGÍA TRÓFICA DEL  
GATO ANDINO (*Oreailurus jacobita*) Y EL  
GATO COLOCOLO (*Lynchailurus colocolo*)  
EN EL ALTIPLANO DE LA REGIÓN  
DE TARAPACÁ**

**CONSTANZA NAPOLITANO VALENZUELA**

Memoria para optar al Título  
Profesional de Médico Veterinario  
Departamento de Ciencias Biológicas Animales

**PROFESOR GUÍA: PEDRO E. CATTAN A.**

**SANTIAGO, CHILE**

2006

## ÍNDICE

RESUMEN.....	3
SUMMARY.....	5
INTRODUCCIÓN.....	7
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	10
1. Descripción del gato andino.....	10
2. Descripción del gato colocolo.....	13
3. Identificación de carnívoros por métodos indirectos.....	14
4. Análisis del ADN de heces.....	16
5. Análisis dietarios.....	19
6. Amplitud de nicho y sobreposición de carnívoros simpátricos.....	21
OBJETIVOS.....	23
MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
1. Área de estudio.....	24
2. Recolección de muestras.....	25
3. Identificación de especie a partir del ADN fecal.....	25
3. 1. Protocolo para la extracción del ADN de heces.....	26
3. 2. Amplificación y secuenciación del ADN.....	28
4. Determinación de la dieta de cada especie.....	29
5. Amplitud de nicho trófico.....	31
6. Sobreposición de nicho trófico.....	32
7. Abundancia de micromamíferos.....	33
8. Preferencia dietaria.....	34
RESULTADOS.....	37
1. Identificación de especie a través del ADN fecal.....	37

2. Análisis dietario.....	38
3. Diversidad y abundancia de micromamíferos.....	42
4. Preferencia dietaria.....	43
5. Distribución espacial.....	46
DISCUSIÓN.....	48
1. Identificación de carnívoros por métodos indirectos.....	48
2. Análisis dietarios.....	48
3. Coexistencia.....	50
CONCLUSIONES.....	53
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54

## RESUMEN

Se estudió la dieta de los dos pequeños felinos que habitan el altiplano en el norte de Chile, el gato andino (*Oreailurus jacobita*) y el gato colocolo (*Lynchailurus colocolo*). El estudio se llevó a cabo en el Monumento Natural Salar de Surire (69°04'O 18°84'S) y la zona sur de la Reserva Nacional Las Vicuñas (69°19'O 18°56'S) en la Región de Tarapacá. Se recolectaron 186 muestras fecales en el período Enero-Abril 2004 de un área de aproximadamente 25.000 hectáreas. Las muestras se obtuvieron desde cuevas en formaciones rocosas donde se encontraron letrinas, o cerca de ellas. Por medio de PCR de células rectales adheridas a las heces, se realizó la identificación de las especies a las que pertenecían. Se caracterizó la dieta de ambos felinos por medio de los restos de presas en sus heces. Se identificó en el mismo período la presencia de distintas especies de micromamíferos en el área de estudio, como presas potenciales de estos pequeños felinos y se determinó su abundancia relativa, mediante una grilla por medio de captura y recaptura. Se comparó la frecuencia de aparición de los ítems presa en la dieta de ambos felinos con la frecuencia de aparición de las presas en las grillas de micromamíferos, para determinar si ambos gatos se alimentan de las presas en igual proporción en la que estas se encuentran en el terreno. Del total de heces analizadas, un 76,8% fueron exitosamente amplificadas y secuenciadas y resultaron pertenecer a las siguientes especies: *Lynchailurus colocolo* (40,3%), *Oreailurus jacobita* (17,7%), felino pequeño no identificado (4,8%), *Canis familiaris* (4,8%), *Puma concolor* (4,8%) y *Pseudalopex culpaeus* (4,3%). Se determinó que el mayor componente de la dieta de ambas especies fueron los roedores (71,0% y 82,0% para *L. colocolo* y *O. jacobita*, respectivamente), seguidos por las aves (27,5% y 18,0%, respectivamente). La presa con mayor frecuencia en la dieta de *L. colocolo* fue *Phyllotis spp.* (31,5%) y la

presa con mayor frecuencia en la dieta de *O. jacobita* fue *Lagidium viscacia* (44,1%). El roedor con mayor densidad relativa fue *Akodon albiventer* (11,28 ha<sup>-1</sup>), seguido por *Phyllotis spp.* (8,7 ha<sup>-1</sup>) y *Abrothrix andinus* (4,69 ha<sup>-1</sup>).

## SUMMARY

The diet of the two small felids that inhabit the Andean highlands of northern Chile, the Andean cat (*Oreailurus jacobita*) and the Pampas cat (*Lynchailurus colocolo*) was studied. The study was carried out in Surire Natural Monument (69°04'O 18°84'S) and in the southern area of Las Vicuñas National Reserve (69°19'O 18°56'S) in the Tarapacá Region. 186 fecal samples were collected between January and April 2004 in an area of approximately 25.000 ha. The samples were obtained from caves in rocky formations, where latrines were found, or near these caves. Through PCR techniques from the epithelial rectal cells stuck on the feces, the species to which the feces belonged to were identified. The diet of both felids was studied by analyzing prey item remains in their feces. The presence of different small mammal species as potential prey items of these felids was identified in the study area in the same period. Small mammals were trapped and their relative abundance was determined by capture and recapture method. The frequency of appearance of the prey items in the diet of both felids was compared with the frequency of appearance of the prey items in the trapping survey of small mammals, in order to determine whether these two felids feed on their prey in the same proportion as they appear in the field. From the whole analyzed samples, 76,8% were successfully amplified and sequenced, and they belonged to the following species: *Lynchailurus colocolo* (40,3%), *Oreailurus jacobita* (17,7%), non identified small felids (4,8%), *Canis familiaris* (4,8%), *Puma concolor* (4,8%) and *Pseudalopex culpaeus* (4,3%). The main component of the diet of both felid species were rodents (71,0% y 82,0% for *L. colocolo* y *O. jacobita*, respectively), followed by birds (27,5% y 18,0%, respectively). The main prey of *L. colocolo* was *Phyllotis spp.* (31,5%) and the main prey of *O. jacobita* was *Lagidium viscacia* (44,1%). The rodent with the highest relative density

in the trapping survey of small mammals was *Akodon albiventer* (11,28 ha<sup>-1</sup>), followed by *Phyllotis spp.* (8,7 ha<sup>-1</sup>) and *Abrothrix andinus* (4,69 ha<sup>-1</sup>).

## INTRODUCCIÓN

En Chile existen cinco especies de felinos, pertenecientes a cuatro géneros distintos; el puma (*Puma concolor*), la güiña (*Oncifelis guigna*), el gato de Geoffroy (*Oncifelis geoffroyi*), el gato colocolo (*Lynchailurus colocolo*) y el gato andino (*Oreailurus jacobita*) (Miller y Rottman, 1976; Nowell y Jackson, 1996). A excepción del puma, se tienen muy pocos conocimientos acerca de las restantes cuatro especies que habitan en Chile (Jaksic, 1997). Las cinco especies de felinos chilenos presentan problemas de conservación, y se ha determinado que todas ellas requieren en forma muy urgente la realización de estudios ya que la falta de información no permite tomar las medidas necesarias para su correcto manejo (Glade, 1993). De estas cinco especies, la güiña, el gato de Geoffroy, el gato colocolo y el gato andino se clasifican como pequeños felinos, debido a su tamaño, y según Miller *et al.* (1983), ya en la década de los 80 la situación para ellos en Chile era crítica.

En el norte de Chile habitan sólo dos especies de pequeños felinos, el gato colocolo y el gato andino, ambos estudiados en la presente investigación. El gato andino (*Oreailurus jacobita*) es considerado como una de las especies de felinos más amenazadas y desconocidas a nivel mundial (Nowell y Jackson, 1996; Villalba *et al.*, 2004). De acuerdo al Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile (Glade, 1993) su estado de conservación es de especie *Rara* y se encuentra totalmente protegida en el territorio chileno desde el año 1972 (Iriarte y Jaksic, 1997). Asimismo, la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES) lo incluye en el Apéndice I, el cual establece que su caza y comercio se encuentran prohibidas (CITES, 2003). Por último, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales (IUCN) sitúa al gato andino en su Lista Roja de Especies



Amenazadas dentro de la categoría de especie *En Peligro con poblaciones pequeñas y en rápida disminución* (IUCN, 2004).

El gato colocolo (*Lynchailurus colocolo*) está clasificado como *En Peligro* en el territorio chileno (Glade, 1993) y está incluido en el Apéndice II de CITES (CITES, 2003). Sin embargo, en 1996 la IUCN lo excluyó de su Lista Roja y lo reclasificó como especie de *Menor Riesgo con Preocupación Menor* (IUCN, 2004). A pesar de esto, García-Perea (1994) estima que las subespecies chilenas se encuentran en un mayor riesgo respecto a todos los gatos colocolo de América, debido al pequeño rango de distribución geográfica que posee. Al igual que el gato andino, la especie se encuentra totalmente protegida en el territorio chileno desde el año 1972 (Iriarte y Jaksic, 1997).

Distintas organizaciones tanto internacionales (IUCN) como locales (CONAF y SAG) han recomendado medidas urgentes para la conservación de ambas especies (Iriarte, 1999), pero el desarrollo de estas acciones está impedido por la falta de información. Existe, por lo tanto, una necesidad urgente de conocer la biología y ecología de ambas especies en el territorio nacional, y así contar con las herramientas necesarias para poder tomar medidas efectivas relativas a su conservación.

En el presente estudio se dilucida un aspecto desconocido de la ecología de ambos felinos: su dieta, documentada cuantitativamente a través del análisis de restos de presas en material fecal. Las heces fueron recolectadas en terreno y la identificación de la especie a la que correspondían se realizó a través de análisis genéticos moleculares del ADN en ellas.

El desarrollo de la genética molecular es una herramienta cada vez más importante para responder a preguntas esquivas en biología de la conservación y ecología conductual (Paxinos *et al.*, 1997; Taberlet *et al.*, 1997; Wasser *et al.*, 1997;

Frantzen *et al.*, 1998; Taberlet *et al.*, 1999; Mills *et al.*, 2000a; Ernest *et al.*, 2000; Valiere y Taberlet, 2000; Bellemain *et al.*, 2005).

Una de estas aplicaciones involucra la elaboración de marcadores genéticos específicos para cada especie, los que pueden ser detectados desde muestras obtenidas de forma no invasiva en terreno, y variadas como son regurgitados, heces, orina, pelos y otros (Higuchi *et al.*, 1988; Höss *et al.*, 1992; Morin *et al.*, 1992; Taberlet y Bouvet, 1992; Constable *et al.*, 1995; Tikel *et al.*, 1995; van der Kuyl *et al.*, 1996; Taberlet y Fumagalli, 1996; Paxinos *et al.*, 1997; Reed *et al.*, 1997; Taberlet *et al.*, 1997; Valsecchi *et al.*, 1998; Taberlet *et al.*, 1999; Vigilant, 1999; Ernest *et al.*, 2000; Farell *et al.*, 2000; Mills *et al.*, 2000b; Valiere y Taberlet, 2000).

La utilización de estas técnicas no invasivas de prospección y recolección de muestras son en la actualidad un método efectivo para abordar el estudio de especies difíciles de localizar y capturar, como estos pequeños felinos (Höss *et al.*, 1992; Constable *et al.*, 1995; Kohn y Wayne, 1997; Frantzen *et al.*, 1998; Kohn *et al.*, 1999; Taberlet *et al.*, 1999; Taberlet y Luikart, 1999; Ernest *et al.*, 2000; Mills *et al.*, 2000b; Palomares *et al.*, 2002).

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 1. Descripción del gato andino

El gato andino fue inicialmente descrito en Chile por Philippi en 1891, encontrándolo en la localidad de La Dehesa, en la precordillera de la ciudad de Santiago (33° Latitud Sur) (Iriarte, 1999). Desde que la especie fue descrita, sus poblaciones han tenido una fuerte reducción de su área de distribución geográfica inicial, la cual abarcaba desde Visviri hasta las zonas cordilleranas de Santiago (Iriarte, 1999). Actualmente, la especie habita un área muy restringida en el territorio nacional, encontrándose sólo sobre los 3.500 metros de altitud en las regiones I a la III: Arica, Iquique, Antofagasta, Copiapó y posiblemente Vallenar (29° Latitud Sur) (Iriarte, 1999). Los únicos antecedentes de la posible existencia de poblaciones de la especie en latitudes superiores es que cazadores presumiblemente habrían dado muerte a un ejemplar de *O. jacobita* en los alrededores de la localidad de Illapel en la Región de Coquimbo (32° Latitud Sur), hecho que no pudo ser confirmado debido a la imposibilidad de preservar la piel (Iriarte, 1999). En cuanto a su área de distribución total, esta abarca el altiplano sudamericano de Argentina, Perú, Bolivia y Chile (Nowell y Jackson, 1996).

En general, la información que existe sobre la presencia de *O. jacobita* es muy escasa, contándose sólo con un pequeño número de pieles y cráneos en colecciones de museo y unos pocos reportes de observaciones en la última década (Osgood, 1943; Scrocchi y Halloy, 1986; Johnson *et al.*, 1998; Iriarte, 1999; Sanderson, 1999; Villalba y Bernal, 2002; Delgado *et al.*, 2004; Villalba *et al.*, 2004). Asimismo, es de las pocas especies de felinos de las cuales no se cuenta

con experiencias de cría en cautiverio, ni de estudios conductuales y ecológicos basados en observaciones a mediano o largo plazo (Iriarte, 1999).

Clasificado por mucho tiempo en el género *Felis*, el gato andino se encuentra en la actualidad incluido en un género distinto (*Oreailurus*) como única especie. Esto debido a que estudios recientes del genoma de la especie, basados en muestras de ADN de 4 cráneos y 14 pieles provenientes de todo su rango de distribución geográfica, han demostrado que el gato andino se encuentra asociado a algún antepasado relacionado con el grupo taxonómico del ocelote (*Leopardus pardalis*) (Johnson *et al.*, 1998). La principal razón para ello es que posee una bula timpánica de gran tamaño donde se aprecia una doble cámara, lo cual es único en el grupo de gatos monteses del nuevo mundo (García-Perea, 2002; Iriarte, 1999). Bulas timpánicas de gran tamaño son típicas de animales que viven en hábitats con escasa cobertura arbórea o arbustiva por lo que requieren una gran capacidad auditiva para su protección y resguardo (Nowell y Jackson, 1996).

El gato andino posee un tamaño similar al de un gato doméstico grande. Los escasos registros que se tienen dan un peso promedio de 5,5 kg (rangos de 4 a 7 kg). Como una protección contra las rigurosas condiciones climáticas del altiplano, la especie posee una gruesa y tupida piel de colores generalmente claros con manchas de patrón irregular, áreas de coloración café-anaranjado que se extienden desde el cuello a ambos lados de la espalda y manchas circulares oscuras en sus costados. La longitud de los pelos en su espalda puede llegar hasta los 4 cm y a 3,5 cm en su cola. La cola posee una serie de siete a nueve bandas compuestas por líneas grises oscuras con una central café, es gruesa llegando en algunos casos a los 10 cm de grosor y normalmente representa un 60 a 70% de su tamaño corporal (cabeza-cuerpo). Sus pies son voluminosos y poseen gruesos cojinetes, con un ancho promedio de 3,5 cm y un largo de 4,0 cm (Iriarte, 1999).

El conocimiento que se tiene de sus hábitos alimenticios es escaso y basado en unas pocas observaciones directas. Se han observado especímenes de gato andino acechando vizcachas a 4.000 metros de altitud, avistamientos que han entregado valiosa información sobre sus presas (Nowell y Jackson, 1996). Se considera que su dieta se basa principalmente en pequeños y medianos mamíferos como vizcachas (*Lagidium viscacia*) chinchillas (*Chinchilla brevicaudata* y *Ch. lanigera*) y roedores de los géneros *Phyllotis*, *Chinchillula*, *Abrothrix* y *Ctenomys* (Iriarte, 1999; Yensen y Seymour, 2000). Previo al período de caza intensiva de la chinchilla de cola larga (*Ch. lanigera*), a partir de fines del siglo XIX, probablemente dicha especie constituyó un importante ítem de dieta para el gato andino en casi todo su rango de distribución primitivo (Iriarte, 1999), el cual coincide con el rango de distribución original de estas dos especies de roedores, la vizcacha y la chinchilla (Nowell y Jackson, 1996).

Por los pocos registros que se tienen se puede estimar que su conducta es de tipo solitario y que los machos mantienen ámbitos de hogar exclusivos para un macho y una o dos hembras con sus crías (Iriarte, 1999).

Se estima que las densidades poblacionales del gato andino son extremadamente bajas en la mayor parte de su área de distribución geográfica (Scrocchi y Halloy, 1986; Nowell y Jackson, 1996; Pacheco y Salazar, 1996). En estimaciones teóricas para una población de gato andino en el noroeste de Tucumán (Cumbres Calchaquíes, Argentina), se calcularon valores de 0.6 kg/km<sup>2</sup>, lo que equivale a una densidad poblacional de un espécimen por cada 1.000 hectáreas (Scrocchi y Halloy, 1986).

## 2. Descripción del gato colocolo

El rango de distribución del gato colocolo abarca desde Ecuador y Matto Grosso de Brasil por el norte, a la Patagonia chilena y argentina por el sur (Quintana *et al.*, 2000). Estudios recientes han determinado que se trata de tres especies distintas; *Lynchailurus pajeros*, la cual habita a lo largo de las estepas de altura desde Ecuador hasta Bolivia y Argentina (en la vertiente oriental de los Andes), extendiéndose hasta la Patagonia argentina y chilena; *L. braccatus*, la que se encuentra en Brasil, Paraguay y Uruguay y *L. colocolo*, en la vertiente occidental de los Andes, en estepas de altura del norte de Chile y en Chile central. Existen once subespecies, encontrándose dos de ellas en Chile: *L. c. colocolo* y *L. c. wolffshoni* (García-Perea, 1994). Esta última subespecie se distribuye en la vertiente occidental de los Andes en la Región de Tarapacá en Chile, desde el nivel del mar hasta aproximadamente los 5.000 metros de altitud, por lo que sería posiblemente simpátrico con *O. jacobita* en el altiplano chileno de la Región de Tarapacá (García-Perea, 1994). Los gatos colocolo de América se encuentran en una amplia variedad de hábitats y su apariencia varía dependiendo del área que ocupan. En el altiplano chileno, es de color grisáceo con rayas rojizas cortadas por puntos, y luce similar al gato montés andino, aunque no tan abundantemente rayado. Los largos pelos de su espalda (de 7 cm de largo) forman una suerte de melena dorsal. Los registros de peso de gatos colocolo capturados en el medio silvestre van desde 3 a 3,7 kg, mientras que en cautiverio han llegado a pesar unos 7 kg (Nowell y Jackson, 1996).

Aunque el gato colocolo es relativamente común y ampliamente distribuido en Sudamérica, existe muy poca información sobre su ecología. Ha sido descrito como cazador de pequeños mamíferos como cuyes, así como también de aves con hábitos terrestres (Nowell y Jackson, 1996). Se piensa que el

gato colocolo es cursorial y predominantemente nocturno. De todos modos, ha sido observado a plena luz del día en estado salvaje. Se sabe que su estación reproductiva en el hemisferio norte va desde Abril a Julio, su tamaño de camada es de 1,31 con un rango de 1 a 3 crías, la edad a la primera reproducción es de 2 años y posee una longevidad promedio de 9 años, pero puede llegar hasta los 16,5 años (Nowell y Jackson, 1996). Las estimaciones de densidad para la especie son en la Patagonia argentina, junto al gato de Geoffroy, de 0,9 individuos por 1.000 hectáreas (Quintana *et al.*, 2000).

### **3. Identificación de carnívoros por métodos indirectos**

Los carnívoros son generalmente animales solitarios, usualmente de hábitos nocturnos o crepusculares y con tamaños poblacionales pequeños, por lo que su observación directa es difícil (Redford y Eisenberg, 1992; Nowell y Jackson, 1996; Quintana *et al.*, 2000; Palomares *et al.*, 2002). Debido a esto, el estudio de estas especies requiere de técnicas indirectas de prospección y recolección de muestras, debido a que su ecología y conducta los hace difíciles de localizar para capturar y recolectar muestras directas (Höss *et al.*, 1992; Constable *et al.*, 1995; Kohn y Wayne, 1997; Frantzen *et al.*, 1998; Taberlet *et al.*, 1999; Ernest *et al.*, 2000; Mills *et al.*, 2000; Palomares *et al.*, 2002).

Por lo tanto, resulta de gran utilidad reconocer de forma inequívoca las distintas especies de carnívoros a través de métodos indirectos. Ello hace posible la determinación de aspectos de su ecología sin necesidad de observarlos o capturarlos (Wilson *et al.*, 1996; Taberlet *et al.*, 1999; Valiere y Taberlet, 2000). Además, permite muestrear una mayor cantidad de individuos, haciendo factible la realización de estimaciones poblacionales que de otra manera serían difíciles de obtener (Taberlet *et al.*, 1999).

Las heces se han utilizado para reconocer y diferenciar especies de carnívoros (Wilson *et al.*, 1996). Éstas se han caracterizado a través del tamaño, forma y diámetro (Martin *et al.*, 2000), sin embargo las heces de carnívoros son altamente variables morfológicamente y heces de especies congéneres pueden tener formas y diámetros similares, siendo características poco confiables para la identificación específica de especies de carnívoros (Weaver y Fritts, 1979; Danner y Dodd, 1982; Paxinos *et al.*, 1997; Farell *et al.*, 2000). Debido a esto, la identificación visual de las heces usualmente se considera evidencia de baja calidad para demostrar la presencia de una especie en un lugar determinado (Paxinos *et al.*, 1997; Farell *et al.*, 2000; Boddicker *et al.*, 2002).

Sin embargo, existen otras técnicas para identificar carnívoros de manera irrefutable. Se ha demostrado que las células epiteliales de la pared del colon que se desprenden y quedan adheridas a las heces, son una fuente confiable de ADN para determinar la especie de origen de ese material fecal (Höss *et al.*, 1992; Constable *et al.*, 1995; Kohn y Wayne, 1997; Paxinos *et al.*, 1997; Wasser *et al.*, 1997; Ernest *et al.*, 2000; Farell *et al.*, 2000; Palomares *et al.*, 2002; Nsubuga *et al.*, 2004; Bellemain *et al.*, 2005).

Este método convierte a las heces en evidencia de alta calidad para reconocer especies de carnívoros por medio de métodos indirectos (Paxinos *et al.*, 1997; Schwartz *et al.*, 1998; Ernest *et al.*, 2000; Farell *et al.*, 2000; Nsubuga *et al.*, 2004). Además, son una alternativa ideal para muestrear ya que suelen ser abundantes en terreno, y un sólo gramo de material fecal contiene grandes cantidades de ADN de la especie que la originó (Wasser *et al.*, 1997). Otra ventaja es que las heces son el único ítem de las especies incluidas en el Apéndice I de CITES que está exento de control (Farell *et al.*, 2000), lo que es favorable para su transporte internacional, lo que no sucede con otras muestras biológicas, como por ejemplo tejidos.



#### 4. Análisis del ADN de heces

La identificación de especies a través de la amplificación de marcadores de ADN mitocondrial desde heces ha sido una técnica usada con éxito (Höss *et al.*, 1992; Constable *et al.*, 1995; Taberlet y Fumagalli, 1996; Paxinos *et al.*, 1997; Schwartz *et al.*, 1998; Valsecchi *et al.*, 1998; Ernest *et al.*, 2000; Farell *et al.*, 2000; Kohn *et al.*, 1999; Palomares *et al.*, 2002; Nsubuga *et al.*, 2004). Sin embargo, el principal requerimiento de una técnica molecular para la identificación de cualquier especie es que pueda ser aplicada a ADN degradado y escaso, como el obtenido desde heces (Palomares *et al.*, 2002). El uso efectivo del material fecal se hace generalmente difícil debido a la baja cantidad y pobre calidad de DNA nuclear obtenido (Taberlet *et al.*, 1996; Taberlet y Luikart, 1999; Taberlet *et al.*, 1999; Palomares *et al.*, 2002; Nsubuga *et al.*, 2004). A pesar de esto, la utilización de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) ha sido de gran ayuda para el estudio de las heces, ya que a partir de pequeñas cantidades de fragmentos cortos de ADN sucio y degradado, como el encontrado en las muestras fecales, pueden ser selectivamente amplificados y finalmente producir grandes cantidades de secuencias específicas de ADN (Higuchi *et al.*, 1988; Arnheim *et al.*, 1990; Lindahl, 1993; Taberlet *et al.*, 1996; Kohn y Wayne, 1997; Schwartz *et al.*, 1998; Taberlet y Luikart, 1999; Taberlet *et al.*, 1999; Mills *et al.*, 2000a).

Sin embargo, la efectividad del análisis genético usando muestras fecales podría ser mejorada si algunos de los factores que afectan la extracción del ADN pudieran ser identificados (Lindahl, 1993; Nsubuga *et al.* 2004). Nsubuga *et al.* (2004) realizaron un estudio comparativo de distintos métodos de recolección, almacenaje y amplificación del ADN en heces de gorilas de montaña (*Gorilla beringei beringei*) y chimpancés (*Pan troglodytes verus*), encontrando efectos significativos al comparar distintos métodos de almacenaje de las muestras así

como también diferencias entre ambas especies a iguales condiciones. Frantzen *et al.* (1998) reportaron que el método de almacenamiento de las muestras fecales tiene un efecto no significativo en el éxito o fracaso de PCR del ADN mitocondrial.

La cantidad de ADN que puede ser extraído de heces depende de dos factores principalmente, el primero es la cantidad de ADN que está inicialmente presente en la muestra, y el segundo es la cantidad de ADN que aún está presente en ella después de la recolección y el almacenamiento (Nsubuga *et al.* 2004).

El ADN es una molécula extremadamente frágil, con estabilidad química limitada. Está sujeta a daño por hidrólisis, oxidación y metilación no enzimática, y su descomposición espontánea establece límites para su recuperación a medida que pasa el tiempo (Lindahl, 1993; Frantzen *et al.*, 1998).

Por esto, se podría esperar que las condiciones de recolección y almacenamiento de las muestras vayan a influir sobre la supervivencia del ADN en ellas (Frantzen *et al.*, 1998; Nsubuga *et al.*, 2004). La degradación del ADN por endonucleasas puede ser evitada en condiciones de baja temperatura, desecación rápida y alta concentración de sal (Nsubuga *et al.*, 2004). Varios autores han reportado distintos resultados respecto de la influencia de la temperatura ambiental al momento de la recolección de las muestras fecales a analizar. Paxinos *et al.* (1997) reportaron que existe una influencia parcial de la temperatura ambiental al momento de la recolección con la cantidad de ADN obtenido desde las heces, siendo menores las cantidades de ADN extraídas desde muestras recolectadas en días cálidos. Nsubuga *et al.* (2004) tuvieron una mayor tasa de éxito en PCR utilizando ADN de material fecal recolectado en días fríos que en días cálidos. Finalmente, Palomares *et al.* (2002) reportaron resultados exitosos

independientemente de la temperatura al momento de la recolección, tanto en la extracción como en la amplificación del ADN de las heces recolectadas.

Aún cuando existe ADN en toda la superficie de las heces, ésta permanece sin protección del sol y la lluvia por períodos desconocidos de tiempo antes de la recolección, por lo que el ADN podría tener daño oxidativo e hidrolítico (Lindahl, 1993; Paxinos *et al.*, 1997; Taberlet *et al.*, 1999). Sin embargo, en el altiplano las temperaturas son en general bastante bajas a lo largo de todo el año y las letrinas con heces de estos pequeños felinos en particular se encuentran dentro de cuevas en rocas, lo que permitiría tener resguardado el material genético de posibles noxas ambientales que pudieran dañarlo.

Estudios realizados por Palomares *et al.* (1992) compararon la antigüedad de las heces recolectadas y su influencia en las técnicas moleculares de identificación de especies. Se demostró que la eficacia de dichas técnicas de identificación de especie es muy alta, aún para heces antiguas, lo cual es de vital importancia en el estudio de especies escasas y de baja densidad como son los carnívoros, ya que este tipo de heces son las más comunes de hallar en terreno. La edad del material fecal recolectado no afectó en gran medida la eficacia de la técnica molecular.

Aunque el almacenaje inmediato en refrigeración de  $-20^{\circ}$  C parece ser muy favorable para la preservación del ADN en las muestras fecales (Constable *et al.*, 1995; Wasser *et al.*, 1997; Frantzen *et al.*, 1998; Ernest *et al.*, 2000; Nsubuga *et al.*, 2004), el mantenimiento y envío de las muestras congeladas puede presentar algunos problemas técnicos en terreno. En todo caso, la degradación del ADN es simplemente retrasada utilizando este método de almacenaje, pero no detenida (Nsubuga *et al.*, 2004).

El análisis del ADN fecal de un carnívoro presenta el desafío de discernir entre distintos ADN encontrados en las muestras fecales. El uso de partidores específicos en los estudios moleculares permite su aplicación en muestras multiespecíficas, como son las heces, donde ocurre conjuntamente el ADN de la especie de origen, sus presas y otros microorganismos. El ADN de una especie puede ser detectada incluso en presencia de una alta cantidad de ADN de otras especies, lo que es de gran importancia en este tipo de estudios (Ernest *et al.*, 2000; Palomares *et al.*, 2002).

## **5. Análisis dietarios**

El análisis de las relaciones dietarias dentro de un conjunto de organismos puede proveer valiosa información sobre una variedad de procesos ecológicos. En efecto, podría esperarse que el suministro del alimento juegue un papel mayor determinando la estructura de cualquier comunidad (Atalah *et al.*, 1980).

Para evaluar en forma certera la ecología alimentaria de una especie, es necesario primero identificar inequívocamente a la especie que depositó las heces a analizar (Farell *et al.*, 2000). Esto se logra de mejor manera con el análisis molecular de la misma, en vez de una simple identificación macroscópica.

En los carnívoros, usualmente el consumo de una presa se estima a partir de los restos de especies no digeridas presentes en algún segmento de su tracto gastrointestinal, o en su material fecal. Los felinos en particular poseen tiempos muy cortos de tránsito intestinal, por lo que sus heces contienen restos no digeridos que pueden ser identificables (Ernest *et al.*, 2000). El objetivo de un análisis dietario es reconstruir la dieta del depredador a partir de estos restos de

presas que se logra determinar y contabilizar. Los procedimientos para interpretar y caracterizar la dieta de carnívoros incluyen entre otros, la cuantificación de las presas consumidas, mediante el cálculo del porcentaje de ocurrencia para cada categoría trófica encontrada, y la estimación del tamaño de presas consumidas, cuantificando la contribución relativa de los diferentes tipos de presas respecto del peso o volumen total de presas consumidas identificadas (Muñoz-Pedreros y Rau, 2004). Los datos de frecuencia entregan una mejor información sobre el impacto relativo del carnívoro sobre las especies-presa. No obstante, la estimación de la biomasa consumida puede proporcionar una evaluación más exacta de la importancia relativa que una especie-presa tendría en la dieta del carnívoro (Muñoz-Pedreros y Rau, 2004). Todos estos estimadores tienen sesgos; así, el número y la frecuencia suelen maximizar la incidencia de las presas pequeñas y minimizar la de las presas grandes. Por otra parte, la biomasa es una estimación que se basa sólo en las masas corporales medias de presas vivas. Los tres estimadores tróficos son afectados por la digestión diferencial y la relación superficie/volumen de las presas consumidas. Además, debido a que son usados los pesos de animales adultos como presas, los resultados obtenidos probablemente sobreestiman el cálculo total de biomasa en la dieta (Muñoz-Pedreros y Rau, 2004).

La importancia global de las categorías tróficas puede sintetizarse en índices de importancia que consideren tanto la cantidad (Ej. número y frecuencia) como la voluminosidad (e.g. volumen y biomasa) de éstas (Rau, 2000).

## 6. Amplitud de nicho y sobreposición de carnívoros simpátricos

La amplitud de nicho es el número de categorías de recursos usados por una población o especie, ponderado por la frecuencia de uso de cada categoría (Jaksic, 2001).

Este concepto abarca muchas hipótesis relacionadas con ecología evolutiva. Se sabe que el ambiente físico, los recursos disponibles y los competidores afectan la amplitud del nicho de una población a través de períodos ecológicos o evolutivos de tiempo (Feinsinger y Spears, 1981).

Algunos autores han sugerido que en las poblaciones de carnívoros, las dimensiones biológicas del nicho trófico son más importantes que las dimensiones físicas. La diversidad de las especies presa de las que se alimenta cada depredador, es decir, su diversidad trófica, constituye un parámetro esencial en estudios de la ecología de carnívoros simpátricos, ya que está relacionado con amplitud de nicho y es complementario a estudios relacionados con competencia e intersección de nicho trófico (Hurtubia, 1973).

Si dos poblaciones tienen acceso a los mismos recursos base, entonces la población cuyos miembros como un grupo tienden a usar estos recursos en proporción con su disponibilidad (discriminan menos sobre tipos de recursos) tendrán un nicho más amplio comparado con una población cuyos miembros como un grupo tienden a concentrarse en ítems de un recurso y de evitar ítems de otro (Feinsinger y Spears, 1981).

La sobreposición de nicho trófico es el uso en común de uno o varios recursos por dos o más especies (Colwell y Futuyma, 1971; Lawlor, 1980). Las

medidas de sobreposición de nicho son usadas como indicadores de similitud ecológica entre especies (Jaksic, 2001).

Debido a la presencia de especies con requerimientos similares, rara vez alguna ocupa su nicho fundamental, sino que se restringe a ciertos segmentos del eje de recursos. Pero aún así existe la posibilidad que dos especies similares hagan un uso similar de recursos. Si los recursos usados son recursos altamente abundantes no hay problema, la sobreposición de nicho puede ser total y haber coexistencia. Pero si son recursos escasos, diversas consecuencias pueden producirse dependiendo del grado y forma de sobreposición de nicho entre las especies (Jaksic, 2001).

Cuando se observa sobreposición de nicho entre especies, esto no necesariamente significa que haya competencia por los recursos compartidos. Algunos autores argumentan que cuando hay sobreposición de nicho, esto indica que la competencia debe ser leve, ya que no resulta en divergencia a lo largo del eje en cuestión. A la inversa, cuando se observan nichos adjuntos o disjuntos, la sobreposición es nula pero puede estar indicando fuerte competencia actual o pasada (Jaksic, 2001).

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Obtener información sobre la ecología trófica de pequeños felinos en el Monumento Natural Salar de Surire y la zona sur de la Reserva Nacional Las Vicuñas, por medio de técnicas no invasivas de prospección y recolección de muestras.

### **Objetivos específicos**

- 1.- Identificar la especie a la que pertenecen las muestras fecales recolectadas en el área de estudio.
- 2.- Determinar la composición de la dieta de las distintas especies de pequeños felinos identificadas.
- 3.- Identificar la presencia de distintas especies de micromamíferos en el área de estudio como presas potenciales de estos pequeños felinos y determinar su abundancia relativa.
4. Comparar la incidencia de presas en las dietas de ambas especies de pequeños felinos con su abundancia en terreno y determinar si estas especies consumen sus presas en la misma proporción en la que se encuentran en terreno o presentan selectividad dietaria.



## MATERIAL Y MÉTODOS

### 1. Área de estudio

El área de estudio fue el Monumento Natural Salar de Surire, y la zona sur de la Reserva Nacional Las Vicuñas, ubicados en la Comuna de Putre dentro de la Provincia de Parinacota, en la Región de Tarapacá. Se encuentra entre los 18°47' y 18°84' de latitud sur, y 68°57' y 69°19' de longitud oeste.

En el área existen cuatro hábitats distintos, éstos son: bofedal, pajonal, tolar y rocas. Se definió un área de trabajo de aproximadamente 25.000 hectáreas, donde es posible encontrar los distintos hábitats anteriormente nombrados. Abarca zonas de salares y ecosistemas de altura y se encuentra desde los 4.200 a 5.500 metros de altitud. Es una zona de gran amplitud térmica diaria, la que fluctúa entre los -15°C en las noches de invierno y 5°C en el día. Presenta una precipitación promedio anual de 250 mm y temperaturas promedio anuales entre 5°C y -5°C (Quintanilla, 1983; Gajardo, 1994).

Gran parte del área del Monumento Natural Salar de Surire, la constituye el salar, el cual por condiciones de suelo no permite la presencia de vegetación. La zona de borde del salar y las áreas aledañas correspondientes a la zona sur de la Reserva Nacional Las Vicuñas permiten la existencia de una formación vegetal de fisonomía herbácea-arbustiva. El área de estudio presenta como flora más frecuente de encontrar a las siguientes especies: paja brava (*Festuca ortophylla*), tola (*Parastrephia*), chachacoma (*Senecio nutans*), llareta (*Azorella compacta*), queñoa de altura (*Polylepis tarapacana*), puscaya (*Opuntia ignescens*) y la formación vegetal del bofedal, cuya especie más común es *Oxychloe andina* (Quintanilla, 1983; Gajardo, 1994).

El terreno que comprende la zona de estas áreas protegidas se caracteriza por un vasto número de lagunas de tamaño variable y sólo dos ríos afluentes al Salar de Surire son el Río Surire o Casinane y el Río Blanco, ambos de modesto caudal.

## **2. Recolección de muestras**

Se recolectaron oportunamente muestras fecales desde letrinas ubicadas dentro de cuevas en rocas, como se tenía conocimiento por visitas anteriores al área de trabajo (Iriarte, com. pers.), como también desde sitios cercanos a estas cuevas. Cuando fueron encontradas múltiples heces en una letrina, fue recolectada una muestra representativa de las más frescas. La antigüedad aproximada de las muestras recolectadas oscilaba entre 24 h y 3 semanas. Estas fueron puestas en bolsas de papel debidamente rotuladas (número de muestra, lugar de recolección, hábitat, altitud) y almacenadas en un lugar sombrío y seco en el refugio de campo, y posteriormente en congelador de  $-20^{\circ}\text{C}$ , esto para retrasar la degradación del ADN contenido en ellas (Constable *et al.*, 1995; Wasser *et al.*, 1997; Frantzen *et al.*, 1998; Ernest *et al.*, 2000; Nsubuga *et al.*, 2004).

## **3. Identificación de especie a partir del ADN fecal**

Se realizó un análisis genético de cada una de estas 338 heces para identificar la especie a la que pertenecían. Primero se extrajo el ADN adherido a su superficie utilizando un kit QIAGEN específico para materia fecal (QIAamp DNA Stool Mini Kit) por medio de un protocolo conocido y probado (Wasser *et al.*, 1997; Taberlet y Luikart, 1999; Taberlet *et al.*, 1999; Ernest *et al.*, 2000; Mills *et al.*, 2000b; Valiere y Taberlet, 2000; Nsubuga *et al.*, 2004; Bellemain *et al.*, 2005).

Posteriormente el ADN extraído fue enviado al Laboratorio de Diversidad Genómica del National Cancer Institute en EEUU, donde por medio de PCR se realizó la identificación de la especie a la que pertenecía cada muestra (Höss *et al.*, 1992).

### **3. 1. Protocolo para la extracción del ADN de las heces**

Se utilizó un QIAamp DNA Stool Mini Kit (QIAGEN) diseñado especialmente para la extracción de ADN desde material fecal. El kit está diseñado para realizar una purificación rápida del ADN total de hasta 220 mg de muestra fecal (QIAGEN, 2001).

El procedimiento que se llevó a cabo con cada una de las muestras fecales fue el siguiente. Primero se pesaron 180-220 mg de muestra fecal en un tubo Eppendorf de 2 ml. A continuación se le agregó a la muestra 1.6 ml. de amortiguador de pH ASL, el cual lisa la muestra fecal y remueve sustancias inhibitorias presentes en la misma. Luego se agitó con un vortex hasta que estuvo totalmente homogeneizada. Posteriormente se centrifugó la muestra a 14.000 rpm (18.000 g) por 1 minuto para sedimentar las partículas fecales. Una vez terminada la centrifugación, se tomaron 1.4 ml del sobrenadante y se depositaron en otro tubo Eppendorf, descartando el sedimento. A continuación se agregó a este supernadante una tableta InhibitEX. Las muestras fecales usualmente contienen muchos componentes que pueden degradar el ADN e inhibir las reacciones enzimáticas posteriores como el PCR. La tableta InhibitEX es un reactivo que asegura la remoción de estas sustancias, ya que las adsorbe temprano en el proceso de purificación del ADN, de tal forma que puedan ser eliminadas completamente con un simple paso de centrifugación (QIAGEN, 2001).

Posteriormente se agitó la muestra con un vortex hasta que ésta estuvo totalmente suspendida. Esta suspensión se incubó a temperatura ambiental por 1 minuto para permitir así que los inhibidores se adhirieran a la tableta inhibitEX. Posteriormente se centrifugó esta suspensión por tres minutos a 14.000 rpm (18.000 g). Se traspasó todo el sobrenadante resultante a un nuevo tubo Eppendorff y se centrifugó nuevamente la muestra por 3 minutos a 14.000 rpm (18.000 g). Del supernadante resultante, se tomaron 600 ul y se depositaron en un tubo Eppendorff nuevo de 2 ml que contenía 25 ul de Proteinasa K. Posteriormente se agregó también a la muestra 600 ul de amortiguador de pH AL. Se agitó todo y se puso a incubar a 70°C por 10 minutos. En estas condiciones desnaturantes se digieren y degradan las proteínas en la muestra. Pasado este tiempo, se agregaron 600 ul de Etanol para análisis (96-100%) a la suspensión final, con el objetivo de ajustar las condiciones de amortiguación de pH de la muestra y así permitir una máxima adherencia del ADN a la membrana de sílica-gel de la columna QIAamp de centrifugación. A continuación, se agitó con un vortex. Luego, se etiquetaron las columnas QIAamp de centrifugación del kit, las cuales se componen de un tubo colector de filtrado interno con una membrana de sílica-gel encajado en un tubo de microcentrífuga. Se traspasó una alícuota de 600 ul del lisado final directamente a una columna QIAamp de centrifugación y se centrifugó por 1 minuto a 14.000 rpm (18.000 g), siempre descartando el microtubo colector con el filtrado y reemplazándolo por uno nuevo. Esto se repitió 3 veces hasta terminar completamente con el lisado. Finalmente se depositaron 500 ul de amortiguador de pH AW1 en la columna QIAamp de centrifugación, se centrifugó a 14.000 rpm (18.000 g) por 1 minuto, reemplazando el tubo receptor con el filtrado por otro nuevo. Luego se depositaron 500 ul de amortiguador de pH AW2 en la columna QIAamp de centrifugación y se realizó lo mismo. Ambos reactivos, el amortiguador de pH

AW1 y el amortiguador de pH AW2 son usados para lavar el ADN unido a la membrana. El uso de dos reactivos para lavar asegura la completa remoción de cualquier residuo o impureza para no afectar el ADN final (QIAGEN, 2001).

Por último, se agregaron 200 ul de amortiguador de pH AE directamente a la columna QIAamp de centrifugación y después de incubarla por unos minutos a temperatura ambiental, se centrifugó por 1 minuto a 14.000 rpm (18.000 g). El ADN puro y concentrado es finalmente obtenido desde la columna QIAamp de centrifugación en un buffer bajo en sales y equilibrado para temperatura ambiente, como es el amortiguador de pH AE. Este ADN está libre de proteínas, nucleasas y otras impurezas e inhibidores. El ADN puro está listo para ser usado en PCR u otras reacciones enzimáticas y puede ser guardado a -20°C para su uso posterior. Con el QIAamp DNA Stool Mini Kit, ADN de hasta 20 kb es extraído desde las muestras fecales. El ADN de este largo se denatura completamente en el termociclador y puede ser amplificado con la más alta eficiencia (QIAGEN, 2001).

### **3. 2. Amplificación y secuenciación del ADN**

Por medio de la amplificación por PCR del ADN genómico, se obtuvieron porciones de los genes mitocondriales 16S, NADH-5, y ATP-8 usando partidores ya probados en gato andino y otros carnívoros sudamericanos (Applied Biosystems Inc.) (Johnson *et al.*, 1998).

Se intentó amplificar cada muestra 2 a 4 veces, junto con controles positivos y negativos. Los productos de PCR fueron amplificados a partir de 40 ng de ADN genómico determinados por espectrofotometría en un reacción de 25 uL con 2.0 mM MgCl<sub>2</sub>, 10 mM dNTPs, 0.25 unidades de AmpliTaq Gold ADN polimerasa, 1x amortiguador de pH PCR II y el siguiente protocolo:

desnaturalización por 10 min a 95° C, un ciclo de ensayo de 95° C por 30 segundos, 52° C por 30 segundos decreciendo en 1°C en el ciclo siguiente por 10 ciclos, 72° C por 45 segundos y luego 35 ciclos de amplificaciones de 95° C por 30 segundos, 52° C por 30 segundos, 72° C por 45 segundos, seguido de una extensión de 10 minutos a 72° C. Los productos de PCR fueron purificados usando filtros microconcentradores de PCR (Amicon Co.) y fueron directamente secuenciados en ambas direcciones derecho y revés usando kits BigDye Terminator (PE Applied Biosystems) en un secuenciador ABI 3700. Las secuencias fueron inspeccionadas usando SEQUENCHER (Gene Codes Co.), alineadas de forma inequívoca usando Clustal-X (Thompson *et al.* 1997), y visualmente inspeccionadas. Las secuencias fueron comparadas con la base de datos nucleotídicos del NCBI usando BLASTX y fueron identificadas por especie.

#### **4. Determinación de la dieta de cada especie**

Para determinar la dieta de estos pequeños felinos, se analizaron los restos de presas no digeridos presentes en sus heces. Se empleó la técnica de separación seca de las muestras fecales, por lo que se separaron los constituyentes de la dieta en categorías tróficas; Roedores, aves, insectos, etc. Para el caso de los micromamíferos, se recurrió a claves para la identificación de especies, como por ejemplo la de Reise (1973), Pearson (1995) o Stepan (1995). También fue utilizada una colección de cráneos de referencia, perteneciente a la Colección Patricio Sánchez del Departamento de Ecología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Pontificia Universidad Católica de Chile. En el caso de plumas de aves, se utilizó como carácter diagnóstico a nivel de Orden, la forma y tamaño de los nódulos de las bárbulas (Day, 1966; Reyes, 1992; Rau y Martínez, 2004). Otras

presas fueron identificadas empleando colecciones de referencia del Museo Nacional de Historia Natural. Se utilizaron los siguientes estimadores tróficos: a) la frecuencia de aparición o de ocurrencia de presas y b) el volumen o biomasa estimada relativa (Rau, 2000).

La frecuencia se refiere al número de veces ( $f_i$ ) en que una categoría trófica se encuentra presente o ausente en una muestra ( $n$ ). Siguiendo a Maher y Brady (1986), la ocurrencia de cada ítem (%) se calculó como la frecuencia de cada ítem presa dividida por la sumatoria de todas las frecuencias individuales. Este método considera la importancia de todas las categorías identificadas (Maehr y Brady, 1986; Martínez *et al.*, 1993b; Rau *et al.* 1995).

La biomasa estimada relativa de una categoría trófica o tipo de presa se contabilizó como el número mínimo de presas ( $n_i$ ) relativo ponderado por la masa corporal media ( $m_i$ ) de dicha categoría trófica (Rau, 2000), de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$B (\%) = 100 (n_i m_i / \sum n_i m_i)$$

La biomasa describe no sólo la ausencia o presencia de presas, si no que también representa la importancia de cada presa en la dieta en proporción a su contribución (Farell *et al.*, 2000). Se representó gráficamente la importancia de diferentes ítemes-presa empleando el método de las isoclinas tróficas, desarrollado por Kruuk y DeKock (1981). Este consiste en graficar, en una de las ordenadas (y), la frecuencia de aparición estandarizada relativa v/s la biomasa estimada relativa, en la abscisa (x) (Rau *et al.* 1991; Rau, 2000).

Los pesos promedio de las especies de vertebrados consumidos por ambas especies fueron calculados de datos recogidos en terreno mediante las capturas y por datos de literatura (Jaksic *et al.* 1983; Redford y Eisenberg, 1992; Muñoz-

Pedrerros, 2000). Debido a que fueron usados los pesos de animales adultos como presas, los resultados obtenidos probablemente sobreestiman el cálculo de los pesos promedio de presas vertebradas en las dietas de ambos felinos (Jaksic *et al.*, 1983). La actividad temporal de los roedores se obtuvo de Redford y Eisenberg (1992), Muñoz-Pedrerros (2000) y de observaciones personales en terreno.

## 5. Amplitud de nicho trófico

Un conjunto de presas en la dieta de estas especies tendrá una alta diversidad trófica (i.e., un nicho trófico amplio) si éstas son muchas y se consumen en números cercanamente iguales. Alternativamente, si son pocas o se consumen en abundancias muy diferentes, la especie tendrá una baja diversidad trófica (i.e., un nicho trófico reducido) (Muñoz-Pedrerros y Rau, 2004).

Greene y Jaksic (1983) encontraron que la identificación a una alta resolución (especies, géneros) de las categorías tróficas se tradujo en nichos tróficos más amplios, en comparación con una baja resolución (clases, órdenes). En el primer caso, se está midiendo la extensión a la cual estos depredadores afectan a varias poblaciones de presas. En el segundo, se están midiendo los nichos funcionales, que dan cuenta de la versatilidad de captura empleada por un depredador para capturar a sus presas (Muñoz-Pedrerros y Rau, 2004).

La amplitud de nicho (diversidad dietaria o trófica) de cada población fue calculada con el índice de Levins (1968) (Jaksic *et al.*, 1983; Petraitis, 1983; Jiménez *et al.* 1986; Jaksic, 2001; Muñoz-Pedrerros y Rau, 2004):

$$A = 1 / \sum (p_i^2)$$



Donde  $p_i$  es la frecuencia relativa con que una especie cualquiera usa los recursos  $i$ . Este índice genera valores desde 1 a  $n$  (para el caso de  $n$  categorías de recursos usados en la misma proporción) y refleja el uso poblacional total de los recursos, independientemente de su disponibilidad relativa (Jaksic, 2001).

Para realizar comparaciones posibles entre poblaciones, la versión estandarizada de amplitud de nicho trófico propuesta por Colwell y Futuyma (1971) fue usada (Jaksic *et al.*, 1983; Jaksic, 2001; Muñoz-Pedreros y Rau, 2004):

$$B_{sta} = (B_{obs} - B_{min}) / (B_{max} - B_{min})$$

Donde  $B_{obs}$  es la amplitud de nicho observada ( $=A$ , descrito más arriba),  $B_{min}$  es la amplitud mínima de nicho posible ( $=1$ ), y  $B_{max}$  es la amplitud máxima posible ( $=n$ ), la que es el número de clases de presas consumidos por una población dada. Este índice es independiente del número de recursos disponibles o reconocidos y sus valores fluctúan entre 0 y 1, i.e., entre amplitudes de nicho trófico muy estrechas y amplitudes muy amplias, por lo que permite una comparación equivalente entre dos especies (Jaksic *et al.*, 1983; Jaksic, 2001).

## 6. Sobreposición de nicho trófico

La sobreposición de nicho trófico (similitud dietaria) entre ambas poblaciones de felinos fue calculada con la ecuación simétrica de Pianka (1973) (Jaksic *et al.*, 1983; Petraitis, 1983; Jiménez *et al.* 1996; Jaksic, 2001; Muñoz-Pedreros y Rau, 2004):

$$O = \sum p_i q_i / (\sum p_i^2 \sum q_i^2)^{1/2}$$

Donde  $p_i$  y  $q_i$  son las frecuencias relativas con que un par cualquiera de especies usa los recursos  $i$ . Este índice genera valores que oscilan entre 0 y 1, representando máxima diferencia (mínima sobreposición) y mínima diferencia (máxima sobreposición), respectivamente (Jaksic *et al.*, 1983; Jaksic, 2001; Muñoz-Pedrerros y Rau, 2004).

Sólo el componente vertebrado de las respectivas dietas fue usado en el cálculo de las amplitudes e intersecciones dietarias, debido a que los invertebrados y la materia vegetal no pudieron ser cuantificadas de manera adecuada y porque en la materia fecal fue menos probable encontrar evidencia de consumo de material blando. Esta restricción del análisis debería ser tomado en cuenta al tratar de concluir sobre la competencia potencial entre ambas poblaciones de felinos (Jaksic *et al.*, 1983).

## **7. Abundancia de micromamíferos**

Para comparar los hábitos alimenticios de estos pequeños felinos con la abundancia de presas en el área de trabajo, se identificó la presencia de distintas especies de micromamíferos como presas potenciales para ambas especies de felinos. El trampeo de pequeños mamíferos fue realizado empleando trampas Sherman (23 cm x 9 cm x 7.5 cm) dispuestas en dos grillas de 49 trampas en un área de 0,64 ha (70 x 70 m, más un área de influencia de 5 m). Se instaló una trampa por cada estación a intervalos de 10 m. El trampeo fue realizado en hábitat con tola (*Parastrephia spp.*) y paja brava (*Festuca spp.*), y durante tres noches consecutivas en cada grilla. Ambos trampeos se realizaron en la misma época del año (Enero-Febrero) que la recolección de heces. Las trampas fueron chequeadas y cebadas nuevamente con avena machacada, al amanecer y al atardecer, para evitar que los especímenes capturados sufrieran hipotermia por permanecer

largos períodos de tiempo dentro de la trampa. Se utilizó el método de captura y recaptura, marcando a los capturados mediante corte del pelo del dorso. Los roedores capturados fueron identificados, pesados y medidos (longitud total, longitud de la cola, longitud del tarso, longitud de la oreja) y posteriormente todos los individuos fueron liberados en los sitios de captura.

Los datos recolectados fueron analizados independientemente, con dos revisiones, AM y PM. Para los cálculos se tomaron en cuenta 5 revisiones, sin contar la primera (debido a que en ella no existen recapturas).

La abundancia relativa de las distintas especies de micromamíferos fue estimada mediante el Índice de Schnabel (Krebs, 1989). El cual se compone de:

$$N = \frac{\sum (A_t B_t)}{\sum C_t}$$

Donde:

N= población

A<sub>t</sub>= número total de individuos capturados en la muestra t

B<sub>t</sub>= número de individuos marcados antes de la muestra t

C<sub>t</sub>= número de individuos ya marcados al ser capturados en la muestra t

## 8. Preferencia dietaria

El análisis de la dieta de estos pequeños felinos mediante el estudio de sus heces se comparó con los resultados obtenidos del trampeo de pequeños mamíferos en el área de colecta de las muestras fecales.

La distribución de frecuencias representadas por la abundancia de distintas especies de micromamíferos en el trampeo se usó para generar los valores

esperados de incidencia en la dieta de estos felinos y la distribución de las frecuencias de las distintas especies identificadas en el análisis de la dieta fueron usados como los valores observados (Martínez *et al.* 1993a).

Para comparar el consumo absoluto efectivo de estos felinos en sus dietas y el consumo esperado de micromamíferos, se utilizó la Prueba de Chi-cuadrado para bondad de ajuste (Jaksic, 1979, Wackerly *et al.*, 2002):

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{[f_{o_i} - f_{e_i}]^2}{f_{e_i}}$$

Donde:

$f_{o_i}$  = Frecuencia absoluta de la presa  $i$  en la muestra de  $n$  heces (observada).

$f_{e_i}$  = Frecuencia de la presa  $i$  en el terreno evaluada por trampeo (esperada) multiplicada por  $n$  heces.

$k$  = Categorías tróficas o clases de presas.

La significancia del valor obtenido para el  $X^2$  calculado se lee en tablas estadísticas, con  $k-1$  grados de libertad (Jaksic, 1979).

Para que las comparaciones entre frecuencias observadas de las heces y esperadas en base a trampeo tengan sentido, debe cumplirse un requisito muy importante, y es que ambos tipo de muestreo sean simultáneos (Jaksic, 1979). Así, las frecuencias observadas en ambos muestreos son comparables. En este caso, tanto el muestreo de heces como el de roedores en el área de estudio fueron realizados en la misma temporada.

Valores no significativos de ese estadígrafo indican que estos felinos capturan sus presas en la proporción que están disponibles en el terreno (i.e., no muestran selectividad); valores significativos indican que estos felinos “prefieren”

o “evitan” ciertas especies (i.e., muestran selectividad dietaria) (Jaksic, 1979; Martínez *et al.* 1993a).

Dado que la prueba de Chi-cuadrado no establece estadísticamente preferencia o evitación de presas específicas, para cada especie de presa se construyó un intervalo de confianza alrededor de la proporción ( $p_i$ ) en que era consumida por estos pequeños felinos, mediante la inequidad de Bonferroni (Martínez *et al.*, 1993a; Martínez *et al.*, 1993b; Muñoz-Pedrerros y Rau, 2004):

$$p_i - Z_{\alpha/2k} [(p_i (1 - p_i)/n)]^{1/2} < p_i < p_i + Z_{\alpha/2k} [(p_i (1 - p_i)/n)]^{1/2}$$

Donde  $Z_{\alpha/2k}$  es el valor superior de una tabla de distribución normal (“t”) correspondiente al área de una cola para una probabilidad de  $\alpha/2k$ , siendo  $k$  el número de especies presa y  $n$  el número total de presas. Así, cuando la proporción esperada de utilización  $p_i$  de la especie presa examinada cae fuera del intervalo construido para  $p_i$ , se concluye que la utilización esperada y observada difieren significativamente. Se construyeron intervalos sólo para aquellas especies presa cuyo uso esperado fue superior a cinco individuos (evidenciados por trampeo) (Martínez *et al.* 1993a; Martínez *et al.* 1993b.)

Cuando la proporción esperada de utilización  $p_{io}$  de la especie presa examinada cae fuera del intervalo construido para  $p_i$ , se concluye que la utilización esperada y observada difieren significativamente (Martínez *et al.* 1993a; Martínez *et al.* 1993b).

## RESULTADOS

### 1. Identificación de especie a través del ADN fecal

Se recolectó un total de 186 muestras fecales en el período Enero-Abril de 2004. Del total de heces analizadas, un 76,8% fueron exitosamente amplificadas y secuenciadas y resultaron pertenecer a las siguientes especies: *Lynchailurus colocolo* (40,3%), *Oreailurus jacobita* (17,7%), pequeño felino no identificado (4,8%), *Canis familiaris* (4,8%), *Puma concolor* (4,8%) y *Pseudalopex culpaeus* (4,3%). Un 23,1% de ellas no contenían ADN suficiente para ser identificado o bien resultaron secuencias “sucias” no identificables (Tabla 1).

**Tabla 1.** Resultados de PCR de las muestras fecales recolectadas en el área de estudio.

Especie	Número de heces	%
<i>Lynchailurus colocolo</i>	75	40,3
<i>Oreailurus jacobita</i>	33	17,7
Felino no identificado	9	4,8
<i>Canis familiaris</i>	9	4,8
<i>Puma concolor</i>	9	4,8
<i>Pseudalopex culpaeus</i>	8	4,3
<b>Total secuencias ADN identificadas</b>	<b>143</b>	<b>76,8</b>
<b>Total secuencias ADN no identificadas</b>	<b>43</b>	<b>23,1</b>
TOTAL	186	100

## 2. Análisis dietario

Se determinó que el mayor componente de la dieta de ambas especies fueron los roedores (71,0% y 82,0% para *L. colocolo* y *O. jacobita*, respectivamente), seguidos por las aves (27,5% y 18,0%, respectivamente). La presa con mayor frecuencia en la dieta de *L. colocolo* fue *Phyllotis spp.* (31,5%) seguido por *Lagidium viscacia* (29,0%), mientras que la presa con mayor frecuencia en la dieta de *O. jacobita* fue *Lagidium viscacia* (44,1%) seguido por *Phyllotis spp.* (27,6%) (Tabla 2).

**Tabla 2:** Dieta del gato colocolo (*L. colocolo*) y el gato andino (*O. jacobita*) en el área de estudio. Las cifras corresponden a la frecuencia de aparición de presas en las heces (F), porcentaje de la categoría en el total de presas (%), frecuencia de las categorías con respecto a las heces (f) y frecuencia porcentual en las heces analizadas (f/142 o f/87). A la derecha de cada especie presa se indica su actividad espacial (C= cursorial o Fo= fosorial) y su actividad temporal (No= nocturno o D= diurno).

Categorías tróficas	<i>L. colocolo</i>				<i>O. jacobita</i>			
	F	%	f	f/142	F	%	f	f/87
<b>ROEDORES</b>								
<i>Abrothrix andinus</i> (C, D)	4	2,0	1	0,70	--	--	--	--
<i>Phyllotis spp.</i> (C, No)	63	31,5	17	11,97	35	27,6	11	12,64
<i>Akodon albiventer</i> (C, D)	4	2,0	2	1,41	5	4,0	3	3,45
<i>Eligmodontia puerulus</i> (C, No)	9	4,5	5	3,52	--	--	--	--
<i>Ctenomys opimus</i> (Fo, D)	2	1,0	2	1,41	--	--	--	--
<i>Lagidium viscacia</i> (C, D)	58	29,0	23	16,19	56	44,1	18	20,68
<i>Abrocoma cinerea</i> (C, No)	2	1,0	2	1,41	8	6,3	3	3,45
TOTAL ROEDORES	142	71,0			104	82,0		
<b>AVES</b>								
<i>Phoenicopteridae</i>	46	23,0	2	1,41	--	--	--	--
Aves no determinadas	9	4,5	6	4,23	23	18,0	2	2,29
TOTAL AVES	55	27,5			23	18,0		
<b>INSECTOS</b>								
Insectos no determinados	3	1,5	2	1,41	--	--	--	--
TOTAL INSECTOS	3	1,5	2	1,41	--	--	--	--
MATERIA VEGETAL			6	4,23			2	2,29
TOTALES	200	100			127	100		

La amplitud de nicho (o diversidad dietaria) para *O. jacobita* fue más amplia ( $A=2,008$ ;  $B_{sta}=0,252$ ) que para *L. colocolo* ( $A=1,035$ ;  $B_{sta}=0,004$ ) (Tabla 2). Ambos felinos poseen un nicho trófico estrecho, por lo tanto son especialistas en sus hábitos alimenticios, predando principalmente sobre roedores, y casi exclusivamente de *Lagidium viscacia* y *Phyllotis spp.*

El resultado de la similitud dietaria de Pianka entre ambas especies fue 0,82, evidenciando una alta similitud en sus dietas, especialmente en cuanto a las especies con mayor importancia para ambos, como son los roedores *Lagidium viscacia* y *Phyllotis spp.*

De acuerdo con su actividad espacial, los roedores cursoriales presentaron un porcentaje de frecuencia acumulado en la dietas de ambos felinos de 70,0% y 82,0% (para *L. colocolo* y *O. jacobita*, respectivamente), mientras que los roedores fosoriales presentaron un porcentaje de frecuencia acumulado de 1,0% y 0% (para *L. colocolo* y *O. jacobita*, respectivamente).

Respecto a su actividad temporal, los roedores nocturnos presentaron un porcentaje de frecuencia acumulado de 37,0% y 33,9% (para *L. colocolo* y *O. jacobita*, respectivamente), mientras que para las especies diurnas fue de 34,0% y 48,1% (para *L. colocolo* y *O. jacobita*, respectivamente).

Si agrupamos a los roedores según actividad temporal y espacial, vemos que los roedores cursoriales-nocturnos tienen un porcentaje acumulado de 37,0% y 33,9% (para *L. colocolo* y *L. jacobita*, respectivamente), los roedores cursoriales-diurnos un porcentaje acumulado de 33,0% y 48,1% (para *L. colocolo* y *L. jacobita*, respectivamente) y los roedores fosoriales-diurnos un porcentaje acumulado de 1,0% y 0% (para *L. colocolo* y *L. jacobita*, respectivamente).

Por lo tanto de acuerdo a los datos obtenidos podemos concluir que las presas de las que se alimentan ambas especies de felinos son preferentemente cursoriales, y tanto diurnas como nocturnas. La presa de mayor frecuencia en la



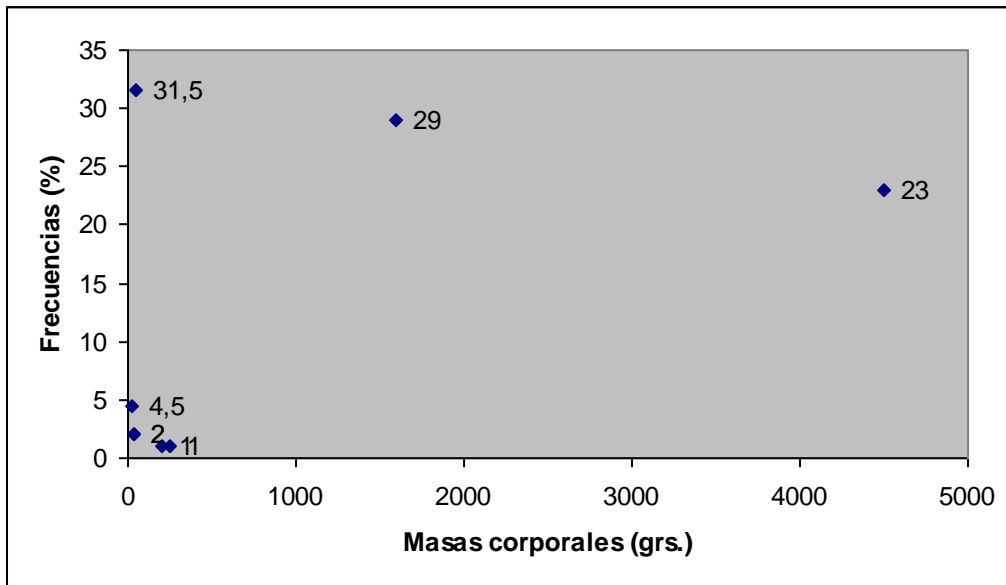
dieta de *L. colocolo* es *Phyllotis spp.*, roedor cursorial-nocturno, seguido por *Lagidium viscacia*, roedor cursorial-diurno, mientras que la presa de mayor frecuencia en la dieta de *O. jacobita* es *L. viscacia*, roedor cursorial-diurno, seguido por *Phyllotis spp.*, roedor cursorial-nocturno (Redford y Eisenberg, 1992).

El material vegetal fue encontrado ocasionalmente, formando sólo un pequeño componente de la dieta. No fue incorporado en el análisis de ecología trófica por no poder determinarse el número exacto de “individuos” consumidos.

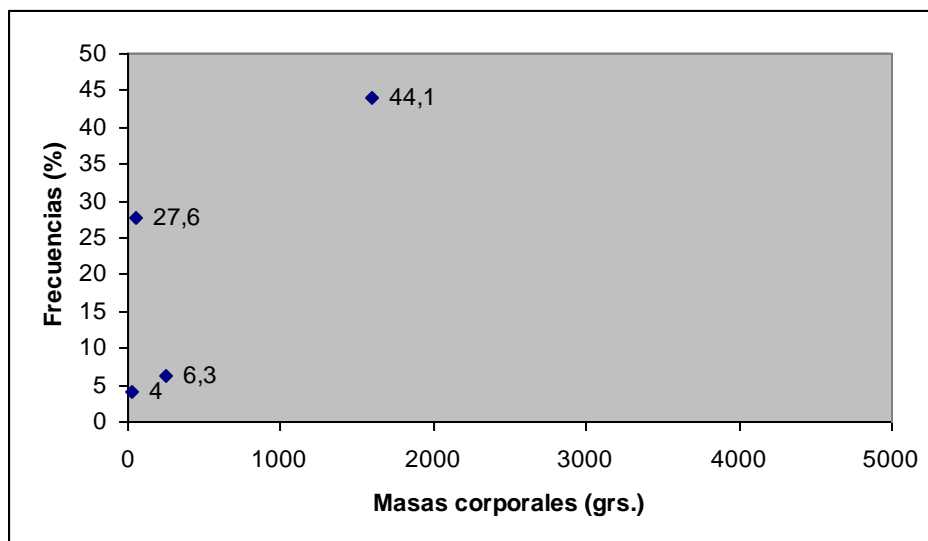
La biomasa estimada relativa se contabilizó como el número mínimo de presas relativo ponderado por la masa corporal media (mi) de una categoría trófica determinada (Tabla 3) y se graficó por medio de isoclinas tróficas (Figs. 1 y 2). La biomasa representa la importancia de cada presa en la dieta en proporción a su contribución (Farell *et al.*, 2000).

**Tabla 3:** Biomasa estimada relativa de diferentes ítems presa de la dieta de *L. colocolo* y *O. jacobita* en el área de estudio. Las cifras corresponden al porcentaje de biomasa estimada relativa. El peso corporal medio de las presas (g) se indica entre paréntesis.

Categorías tróficas	<i>L. colocolo</i> B (%)	<i>O. jacobita</i> B (%)
<b>ROEDORES</b>		
<i>Abrothrix andinus</i> (31)	0,1	--
<i>Phyllotis spp.</i> (48)	2,8	2,2
<i>Akodon albiventer</i> (30)	0,1	0,3
<i>Eligmodontia puerulus</i> (20)	0,3	--
<i>Ctenomys opimus</i> (200)	0,8	--
<i>Lagidium viscacia</i> (1.600)	76,2	95,4
<i>Abrocoma cinerea</i> (250)	1,0	2,1
<b>AVES</b>		
<i>Phoenicopteridae</i> (4500)	18,6	--



**Figura 1:** *Isoclinas tróficas para las presas de la dieta de L. colocolo.* Se representan las frecuencias de aparición (%) de distintos ítems presa (*Phyllotis spp.* 31,5%; *Lagidium viscacia* 29,0%; *Phoenicopteridae* 23,0%; *Abrocoma cinerea* 1,0%; *Ctenomys opimus* 1,0%; *Eligmodontia puerulus* 4,5%; *Abrothrix andinus* 2,0% y *Akodon albiventer* 2,0%) y sus masas corporales.



**Figura 2:** *Isoclinas tróficas para las presas de la dieta de O. jacobita.* Se representan las frecuencias de aparición (%) de distintos ítems presa (*Lagidium viscacia* 44,1%; *Phyllotis spp.* 27,6%; *Abrocoma cinerea* 6,3% y *Akodon albiventer* 4,0%) y sus masas corporales.

En las dietas de ambos felinos, *Lagidium viscacia* es la presa que tiene la mayor importancia en cuanto a biomasa estimada relativa (76,2 % y 95,4% para *L. colocolo* y *O. jacobita*, respectivamente), sugiriendo que se trata de especies más bien especialistas. Arbitrariamente se esperaría que la presa principal de una especie especialista supere la isoclina del 50% (Rau, 2000).

### 3. Diversidad y abundancia de micromamíferos

Para un esfuerzo de muestreo total de 500 trampas/noche, se capturaron 20 individuos (no se incluyen las recapturas) de tres especies de roedores en hábitat con tola (*Parastrephia spp.*) y paja brava (*Festuca spp.*) (Tabla 4).

**Tabla 4:** Resultado de trampeo de pequeños mamíferos en el área de estudio. Los valores representan estimaciones de densidad por hectárea, frecuencias (F), porcentajes (%) y proporciones (P) de aparición de las tres especies capturadas.

Especies	Densidad/ha	F	%	P
<i>Akodon albiventer</i>	11,28	7	35,0	0,35
<i>Phyllotis spp.</i>	8,7	8	40,0	0,4
<i>Abrothrix andinus</i>	4,69	5	25,0	0,25
<b>Totales</b>	24,67	20	100	1

El roedor con mayor densidad fue *Akodon albiventer* (11,28 ha<sup>-1</sup>) seguido por *Phyllotis spp.* (8,7 ha<sup>-1</sup>) y *Abrothrix andinus* (4,69 ha<sup>-1</sup>). Los porcentajes de sus frecuencias de aparición respecto del total fueron las siguientes: *Akodon albiventer* (35,0%), *Phyllotis spp.* (40,0%) y *Abrothrix andinus* (25,0%).

Considerablemente más especies fueron identificadas por análisis fecales que cuando fueron trampeados, indicando la incapacidad del trampeo realizado.

De las especies de roedores que no fueron capturadas, *Lagidium viscacia*, *Ctenomys opimus* y *Abrocoma cinerea* se sabe que habitan el área de estudio debido a registros visuales en terreno, pero el tamaño de estos roedores es mayor que el de las trampas Sherman que se utilizaron (23 cm x 9 cm x 7.5 cm).

#### 4. Preferencia dietaria

Se compararon las frecuencias observadas de micromamíferos presentes en las heces versus las frecuencias esperadas por medio de trampeos en el área de estudio a través de una prueba de Chi-cuadrado (Tablas 5 y 6). Para las frecuencias observadas se utilizó la frecuencia de aparición de micromamíferos presentes en las heces, mientras que para las frecuencias esperadas se utilizó la proporción de especies presa capturadas en el terreno multiplicada por las heces analizadas de cada especie de felino.

**Tabla 5.** Consumo absoluto efectivo (OBS) y esperado (ESP) de roedores por *L. colocolo* en el área de estudio. Donde foi = Frecuencia absoluta de la presa i en la muestra de n heces (observada) y fei = Frecuencia de la presa i en el terreno evaluada por trampeo (esperada) multiplicada por n heces.

Especies	OBS (foi)	ESP (fe <sub>i</sub> )
<b>ROEDORES</b>		
<i>Akodon albiventer</i>	4	49,7
<i>Phyllotis spp.</i>	63	56,8
<i>Abrothrix andinus</i>	4	35,5

**Tabla 6.** Consumo absoluto efectivo (OBS) y esperado (ESP) de roedores por *O. jacobita* en el área de estudio. Donde foi = Frecuencia absoluta de la presa i en la muestra de n heces (observada) y fei = Proporción de la presa i en el terreno evaluada por trapeo (esperada) multiplicada por n heces.

Especies	OBS (foi)	ESP (fe <sub>i</sub> )
<b>ROEDORES</b>		
<i>Akodon albiventer</i>	5	30,45
<i>Phyllotis spp.</i>	35	34,8
<i>Abrothrix andinus</i>	0	21,75

En ambas especies existen diferencias significativas entre la frecuencia de ítems presa en sus heces comparado con la frecuencia de ítems presa en los trampeos (Para *L. colocolo* fue  $X^2(0,05)=70,65$ ; g.l= 2;  $P<0,001$ , mientras que para *O. jacobita* fue  $X^2(0,05)=43,02$ ; g.l= 2;  $P<0,001$ ). Esto sugiere que ambos felinos no consumen a sus presas en igual proporción a la que se encuentran en terreno (esperada). Por lo tanto, los felinos estudiados presentan selectividad dietaria.

Los resultados de acuerdo a los intervalos de Bonferroni sugieren que tanto *L. colocolo* como *O. jacobita* tienen una conducta de “evitación” (i.e., se alimenta de ellos en menor proporción que la predicha por su abundancia en terreno) con los roedores *Akodon albiventer* y *Abrothrix andinus*, mientras que los roedores *Phyllotis spp.* fueron “preferidos” (i.e., se alimenta de ellos en mayor proporción que la predicha por su abundancia en terreno) por los pequeños felinos estudiados (Tablas 7 y 8).

**Tabla 7.** Intervalos de confianza simultáneos utilizando la aproximación de Bonferroni, de la utilización de diferentes tipos de presas ( $p_i$ ), por *L. colocolo*. Con asterisco se indican diferencias a un nivel de significancia de 0,05. (+) consumo más de lo esperado; (--) consumo menos de lo esperado.

Espece presa	Proporción esperada de consumo ( $p_{ie}$ )	Proporción observada de consumo ( $p_{io}$ )	Intervalos de Bonferroni para $p_i$
<i>Abrothrix andinus</i>	0,35	0,06	$0,053 < p_1 < 0,127$ * (--)
<i>Phyllotis spp.</i>	0,40	0,887	$0,791 < p_2 < 0,983$ * (+)
<i>Akodon albiventer</i>	0,25	0,06	$0,053 < p_3 < 0,127$ * (--)

**Tabla 8.** Intervalos de confianza simultáneos utilizando la aproximación de Bonferroni, de la utilización de diferentes tipos de presas ( $p_i$ ), por *O. jacobita*. Con asterisco se indican diferencias a un nivel de significancia de 0,05. (+) consumo más de lo esperado; (--) consumo menos de lo esperado.

Espece presa	Proporción esperada de consumo ( $p_{ie}$ )	Proporción observada de consumo ( $p_{io}$ )	Intervalos de Bonferroni para $p_i$
<i>Abrothrix andinus</i>	0,35	0,125	$0,000 < p_1 < 0,251$ * (--)
<i>Phyllotis spp.</i>	0,40	0,875	$0,749 < p_2 < 1,001$ * (+)
<i>Akodon albiventer</i>	0,25	0	0

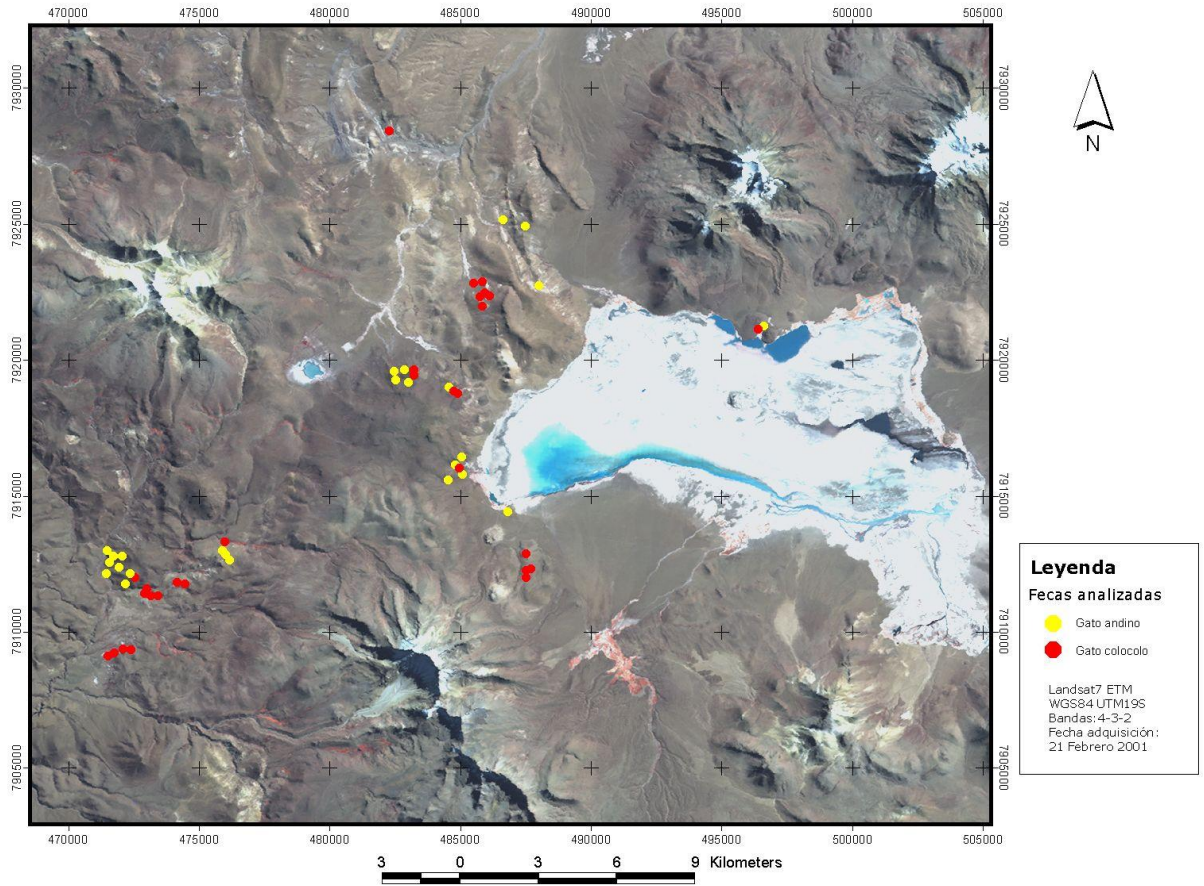
Ambos roedores evitados (*Akodon albiventer* y *Abrothrix andinus*) poseen patrones de actividad cursoriales-diurnos, mientras que los roedores preferidos (*Phyllotis spp.*) son roedores cursoriales-nocturnos. Esto sugiere que tanto *L. colocolo*

como *O. jacobita* “prefieren” presas que presenten características espaciales cursoriales, debido a que probablemente estas son más vulnerables que las especies fosoriales.

Asimismo, se puede observar que ambos felinos presentan una conducta de preferencia con el roedor de mayor masa corporal, *Phyllotis spp.* (48 g), versus una conducta de evitación con los roedores *Akodon albiventer* (30 g) y *Abrothrix andinus* (31 g), ambos con menor masa corporal.

## **5. Distribución espacial**

Las letrinas de ambas especies están distribuidas espacialmente en un área de aproximadamente 25.000 ha (Figura 3). Las letrinas se encuentran dentro del mismo rango altitudinal, entre los 3.500 y 4.500 metros de altitud. El patrón de distribución espacial de las letrinas muestra que los defecaderos de ambas especies están compartiendo algunos sitios de muestreo dentro del área de estudio (40%), mientras que existen otros sitios que son ocupados exclusivamente por *L. colocolo* (40%), o bien exclusivamente por *O. jacobita* (20%).



**Figura 3:** *Distribución espacial de las letrinas de *L. colocolo* y *O. jacobita* en el área de estudio.*



## DISCUSIÓN

### 1. Identificación de carnívoros por métodos indirectos

A pesar de que las muestras identificadas mediante la técnica de extracción de ADN de las heces resultó exitosa en casi un 80%, este porcentaje es el que se describe en trabajos similares. Una revisión de los estudios moleculares de heces muestra que en promedio el 31% de las muestras no produjeron ADN mitocondrial aún después de varias extracciones (Frantzen *et al.*, 1998; Ernest *et al.*, 2000). Esto coincide con los resultados obtenidos en este estudio, donde el 23,1% de las muestras no produjo resultados.

El ADN de las heces es escaso y generalmente está degradado, por lo que algunas veces no puede ser amplificado posteriormente por PCR, o bien algunos componentes fecales inhiben la detección del mismo (Ernest *et al.*, 2000).

La capacidad de amplificar regiones pequeñas de ADN mitocondrial desde material fecal, aún cuando éste esté degradado, abre nuevas posibilidades para el estudio de organismos que son difíciles de manejar o capturar. Las heces deberían ser consideradas como material esencial para estudios de genética de poblaciones de especies escasas y vulnerables con las dificultades de captura que éstas poseen (Taberlet y Bouvet, 1992; Constable *et al.*, 1995).

### 2. Análisis dietarios

Tal como se ha visto en otros pequeños felinos, los pequeños mamíferos, particularmente roedores, son el mayor recurso de presas, tanto para *L. colocolo* como para *O. jacobita* (Dunstone *et al.*, 2002).

Tanto *L. colocolo* como *O. jacobita* son especialistas, alimentándose principalmente de roedores, y casi exclusivamente de *Lagidium viscacia* y *Phyllotis spp.* La intersección de sus nichos tróficos es alta, evidenciando una baja partición de presas disponibles en el área de estudio.

Los roedores fosoriales no representan un componente importante en la dieta de ambos felinos, lo que podría demostrar que son menos vulnerables que las especies cursoriales. Así mismo, probablemente las aves son bastante menos vulnerables para estos depredadores debido a ser acuáticas o aéreas.

En este estudio ambos felinos poseen marcada selectividad dietaria sobre *Phyllotis spp.*, roedores cursoriales-nocturnos de mayor masa corporal, mientras que muestran marcada evitación por *Akodon albiventer* y *Abrothrix andinus*, roedores cursoriales-diurnos de menor masa corporal.

La simple abundancia relativa de las diferentes especies presa no parece ser la característica que guía a la depredación de estos felinos. Más bien, correspondería a una respuesta oportunista por parte del predador frente a especies presa que poseen patrones de actividad ideales para ellos (por ejemplo, roedores cursoriales) o bien a diferentes vulnerabilidades o éxitos de escape (Martínez *et al.*, 1993b).

Cabe señalar que este estudio realizó muestreos solamente en la estación de verano, por lo que habría que evaluar si existen variaciones en la dieta de ambas especies a través de las distintas estaciones, así como de posibles variaciones de las densidades de los roedores en las distintas estaciones.

Queda por demostrar en un estudio futuro la eventual competencia entre estas dos especies de felinos, evaluando además de la ecología trófica las restantes dimensiones de sus nichos, la dimensión espacial y la temporal.

### 3. Coexistencia

El concepto de simpatría conlleva la idea de coexistencia en un área geográfica determinada de al menos dos poblaciones (Fuentes, 1981). En este caso, ambos felinos son simpátricos en el área de estudio, compartiendo tanto el espacio ocupado por sus defecaderos, como el rango altitudinal entre los 3.700 y 4.500 metros de altitud.

Según Sunquist y Sunquist (1996), dos félidos congéneres simpátricos usualmente difieren en tamaño en una razón de 1:2, pero la extensión de la competencia entre ambos es en gran parte desconocida. Si adaptamos esta relación a las especies en estudio, podemos ver que entre ambos existe una relación de 3:5 (*L. colocolo* pesa en promedio 3,0 Kg, con un rango de 2,5-3,7 Kg, mientras que *O. jacobita* pesa en promedio 5,0 Kg, con un rango de 4-6 Kg), por lo que en este caso la relación de tamaño de ambos felinos sería un poco más estrecha que la planteada.

Una especie de felino más pequeña que otra, puede ser capaz de coexistir con la otra especie de mayor tamaño, por medio de alimentarse de más presas pequeñas (Sunquist y Sunquist, 1996). En este caso, *L. colocolo* preda sobre más especies de roedores y sobre más aves que *O. jacobita*, además de algunos invertebrados, lo que podría ser una compensación debido al menor tamaño de *L. colocolo*.

Una de las maneras en que los carnívoros segregan recursos es la repartición de presas. Así, entre especies simpátricas con morfología y estrategia de caza similar, la coexistencia puede involucrar partición de presas (Farell *et al.*, 2000). En este caso, la marcada superposición de nicho trófico entre ambos felinos demuestra muy baja evidencia de repartición de presas de distinto tipo o tamaño.

La hipótesis de complementariedad de nicho establece que para que ocurra coexistencia entre dos especies, una alta sobreposición de una dimensión del nicho debe ser compensada por una baja sobreposición en otra (Jiménez *et al.*, 1996). Por lo tanto, queda por demostrar las relaciones en las actividades espaciales y temporales de ambos felinos simpátricos, para evaluar la superposición de sus nichos temporales y espaciales.

En este caso, *L. colocolo* y *O. jacobita* poseen una intersección de nicho trófico bastante alta, por lo que se podría esperar entonces que ambos felinos difirieran en sus patrones de actividad espacial y temporal.

En cuanto al patrón de actividad temporal, se esperaría que ambos fueran crepusculares nocturnos, como la mayoría de los felinos (Gittleman, 1985). Pero, tomando en cuenta los datos de su ecología trófica, ambos consumen presas tanto diurnas como nocturnas, por lo que su tiempo de actividad de alimentación serían tanto de día como de noche. Sin embargo, *O. jacobita* se alimenta en mayor proporción de presas diurnas (48,1%) que nocturnas (33,9%), mientras que *L. colocolo* se alimenta en mayor proporción de presas nocturnas (37,0%) que diurnas (34,0%).

La coexistencia entre felinos puede verse facilitada por una gran abundancia de presas o por una densa vegetación, que restringe las oportunidades de interacción (Sunquist y Sunquist, 1996). Sin embargo, en el caso del hábitat altiplánico ocupado por ambos gatos, ninguno de estos dos factores se materializa. La productividad vegetal de este tipo de ecosistemas altoandinos es bastante baja, llevando también a una capacidad de carga de biomasa reducida. Es por esto que los mamíferos se encuentran en bajo número, especialmente los carnívoros, que ocupan lugares más elevados en la cadena alimenticia (Scrocchi y Halloy, 1986). Por lo tanto, una gran abundancia de presas podría estar

facilitando la coexistencia de ambos felinos, permitiendo que no existan restricciones energéticas para ellos.

La evolución de cualquier especie de depredador depende en gran parte de la calidad y cantidad de su dieta. Las estrategias de los depredadores son moldeadas, afinadas y determinadas por selección natural para maximizar el consumo de nutrientes dentro de los límites de un amplio rango de restricciones (e.g., densidad de sus presas, hábitat) que pueden diferir en forma dramática para las mismas especies en los extremos de su distribución geográfica. La tarea básica de encontrar y cazar alimento bajo estas restricciones afecta fundamentalmente los patrones de espaciamiento de la especie y la estructura de sus sistemas sociales (Sunquist y Sunquist, 1996).

## CONCLUSIONES

Fueron identificadas cinco especies de carnívoros a través del análisis molecular de las muestras fecales recolectadas en el área de estudio. Estas fueron: gato colocolo (*Lynchailurus colocolo*), gato andino (*Oreailurus jacobita*), zorro culpeo (*Pseudalopex culpaeus*), puma (*Puma concolor*) y perro doméstico (*Canis familiaris*).

Se determinó que tanto el gato andino como el gato colocolo son especialistas en cuanto a su alimentación, predando principalmente sobre roedores como *Lagidium viscacia* y *Phyllotis spp.*

Los felinos estudiados no consumen sus presas en la misma proporción en la que estas se encuentran en terreno, ya que poseen preferencia dietaria sobre *Phyllotis spp.*, roedores cursoriales-nocturnos, y evitación dietaria sobre *Akodon albiventer* y *Abrothrix andinus*, roedores cursoriales-diurnos. Los resultados sugieren que los roedores que presentan características espaciales cursoriales son más vulnerables a la depredación por parte de estos felinos que las especies de roedores fosoriales.

Se determinó que tanto el gato andino como el gato colocolo comparten el rango altitudinal muestreado, de los 3500 a los 4500 metros de altitud. Ambos pequeños felinos defecan en letrinas ubicadas dentro de cuevas en rocas, a diferencia de la mayoría de los cánidos (zorros culpeo y perros domésticos), cuyas muestras fecales fueron encontradas fuera de estas cuevas o en caminos cerca de ellas.

La utilización de muestras no invasivas para la realización de estudios que aborden la ecología de carnívoros resulta eficaz debido a las características esquivas de su conducta, lo que dificulta su captura para la obtención de muestras directas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARNHEIM, N.; WHITE, T. y RAINEY, W. 1990.** Applications of PCR: organismal and population biology. *BioScience* 4: 174-182.
- ATALAH, A.; SIELFELD, W. y VENEGAS, C. 1980.** Antecedentes sobre el nicho trófico de *Canis griseus* (Gray 1836) en Tierra del Fuego. *Anales del Instituto de la Patagonia, Punta Arenas, Chile* 11: 259-271.
- BELLEMAIN, E.; SWENSON, J.; TALLMON, D.; BRUNBERG, S. y TABERLET, P. 2005.** Estimating population size of elusive animals with DNA from hunter-collected feces: four methods for brown bears. *Conservation Biology* 19: 150-161.
- BODDICKER, M.; RODRÍGUEZ, J. y AMANZO, J. 2002.** Indices for assessment and monitoring of large mammals within an adaptive management framework. *Environmental Monitoring and Assessment* 76: 105-123.
- CITES. 2003.** Appendices I, II and III. Valid from 16 October 2003. <[www.cites.org/eng/append/appendices.shtml](http://www.cites.org/eng/append/appendices.shtml)> Visitado: 17 Diciembre 2004.
- COLWELL, R. y FUTUYMA, D. 1971.** On the measurement of niche breadth and overlap. *Ecology* 52: 567-576.
- CONSTABLE, J.J; PACKER, C, COLLINS D.A y PUSEY, A.E. 1995.** Nuclear DNA from dung. *Nature* 373: 393.
- DANNER, D. A. y DODD, N. 1982.** Comparison of coyote and grey fox scats diameters. *Journal of Wildlife Management* 46: 240-241.
- DAY, M. G. 1966.** Identification of hair and feather remains in the gut and faeces of stoats and weasels. *Journal of Zoology* 148: 201-217.

**DELGADO, E.; VILLALBA, L.; SANDERSON, J.; NAPOLITANO, C.; BERNA, M. y ESQUIVEL, J. 2004.** Capture of an Andean cat in Bolivia. *Cat News* 40: 2.

**DUNSTONE, N.; FREER, R.; ACOSTA-JAMETT, G.; DURBIN, L.; WYLLIE, I.; MAZOLLI, M. y SCOTT, D. 2002.** Uso del hábitat, actividad y dieta de la guiña (*Oncifelis guigna*) en el Parque Nacional Laguna San Rafael, XI Región, Chile. *Boletín Museo Nacional de Historia Natural de Chile* 51: 147-158.

**ERNEST, H. B; PENEDO, M. C. T; MAY, B. P; SYVANEN, M. y BOYCE, W. M. 2000.** Molecular tracking of mountain lions in the Yosemite Valley region in California: genetic analysis using microsatellites and faecal DNA. *Molecular Ecology* 9: 433-441.

**FARREL, L. E.; ROMAN, J. y SUNQUIST, M. E. 2000.** Dietary separation of sympatric carnivores identified by molecular analysis of scats. *Molecular Ecology* 9: 1583-1590.

**FEISINGER, P. y SPEARS, E. 1981.** A simple measure of niche breadth. *Ecology*: 27-32.

**FRANTZEN, M. A. J; SILK, J. B ; FERGUSON, J. W. H; WAYNE, R. K y KOHN, M. H. 1998.** Empirical evaluation of preservation methods for faecal DNA. *Molecular Ecology* 7: 1423-1428.

**FUENTES, E. 1981.** Consideraciones ecológico-teóricas sobre la simpatría. *Medio Ambiente* 5: 80-87.



- GAJARDO, R. 1994.** La Vegetación natural de Chile. Clasificación y distribución Geográfica. Editorial Universitaria-CONAF. Santiago. 165 pp.
- GARCÍA-PEREA, R. 1994.** The Pampas Cat Group (Genus *Lynchailurus* Severtzov, 1858) (Carnivora: Felidae), a Systematic and Biogeographic Review. American Museum Novitates 3096: 3-82.
- GARCÍA-PEREA, R. 2002.** Andean mountain cat, *Oreailurus jacobita*: Morphological description and comparison with other felines from the altiplano. Journal of Mammalogy 83: 110-124.
- GITTLEMAN, J. L. 1985.** Carnivore body size: Ecological and taxonomic correlates. Oecología 67: 540-554.
- GLADE, A. (ed.). 1993.** Libro rojo de los vertebrados terrestres de Chile. Corporación Nacional Forestal, Ministerio de Agricultura, Santiago, 65 pp.
- GREENE, H. W. y F. M. JAKSIC. 1983.** Food-niche relationships among sympatric predators: effects of level of prey identification. Oikos 40: 151-154.
- HIGUCHI, R; VON BEROLDINGEN, C; SENSABAUGH, G. F. y ERLICH, H. A. 1988.** DNA typing from single hairs. Nature 332: 543-546.
- HÖSS, M; KOHN, M. y PÄÄBO, S. 1992.** Excrement analysis by PCR. Nature 359: 199.
- HURTUBIA, J. 1973.** Trophic diversity measurement in sympatric predatory species. Ecology 54: 885-890.
- IRIARTE, A. y JAKSIC, F. M. 1997.** Trends in wildlife use and trade in Chile. Biological Conservation 81: 9-20.
- IRIARTE, A. 1999.** Gato Montes Andino en Chile: Estado de Conservación y Distribución Geográfica. Servicio Agrícola y Ganadero, Chile, 24 pp.
- IUCN. 2004.** 2004 IUCN Red List of Threatened Species. <[www.redlist.org](http://www.redlist.org)>. Visitado: 17 Diciembre 2004.

- JAKSIC, F. M. 1979.** Técnicas estadísticas simples para evaluar selectividad dietaria en Strigiformes. *Medio Ambiente* 4: 114-118.
- JAKSIC, F. M. 1997.** Ecología de vertebrados de Chile. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 262 p.
- JAKSIC, F. M. 2001.** Ecología de comunidades. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 233 p.
- JAKSIC, F. M.; YÁÑEZ, J. L. y RAU, J. 1983.** Trophic relations of the southernmost populations of *Dusicyon* in Chile. *Journal of Mammalogy* 64: 693-697.
- JIMÉNEZ, J.; YÁÑEZ, J. L.; TABILO, E. y JAKSIC, F. M. 1996.** Niche-complementarity of South American foxes: reanalysis and test of a hypothesis. *Revista Chilena de Historia Natural* 69: 113-123.
- JOHNSON, W. E; CULVER, M; IRIARTE, A. J. y O'BRIEN, S. J. 1998.** Tracking the evolution of the elusive Andean Mountain Cat (*Oreailurus jacobita*) from mitochondrial DNA. *The Journal of Heredity* 89: 227-232.
- KOHN, M. H y WAYNE, R. K. 1997.** Facts from feces revisited. *Trends in Ecology and Evolution* 12: 223-227.
- KOHN, M. H.; YORK, E. C.; KAMRADT, D. A.; HAUGHT, G.; SAUVAJOT, R. M. y WAYNE, R. K. 1999.** Estimating population size by genotyping feces. *Proceedings: Biological Sciences* 266: 657-663.
- KREBS, CH. J. 1989.** *Ecological Methodology*. Harper & Row, New York. Pp. 15-43.
- KRUUCK, H. y DEKOCK. 1981.** Food and habitat of badgers (*Meles meles* L.) on Monte Baldo, northern Italy. *Zeitschrift für Säugetierkunde* 46: 295-301.

**LAWLOR, L. 1980.** Overlap, similarity and competition coefficients. *Ecology* 61: 245-251.

**LINDAHL, T. 1993.** Inestability and decay of the primary structure of DNA. *Nature* 362: 709-715.

**MAEHR, D. S. y BRADY, J. R. 1986.** Food habits of bobcats in Florida. *Journal of Mammology* 67: 133-138.

**MARTIN R. E.; PINE, R. H. y DE BLASE, A. F. 2000.** A Manual of Mammalogy with keys to Families of the World. Third Edition. MacGraw Hill. Pp 247-253.

**MARTÍNEZ, D. R.; RAU, J. R. y JAKSIC, F. M. 1993a.** Respuesta numérica y selectividad dietaria de zorros (*Pseudalopex spp.*) ante una reducción de sus presas en el norte de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 66:195-202.

**MARTÍNEZ, D. R.; RAU, J. R.; MURÚA, R. E. y TILLERÍA, M. S. 1993b.** Depredación selectiva de roedores por zorros chillas (*Pseudalopex griseus*) en la pluviselva valdiviana, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 66: 419-426.

**MILLER, S. D. y ROTTMANN, J. 1976.** Guía para el reconocimiento de mamíferos chilenos. Editorial Gabriela Mistral. Santiago, Chile. 200 p.

**MILLER, S. D; ROTTMANN, J.; RAEDEKE, K. J. y TABER, R. D. 1983.** Endangered mammals of Chile: status and conservation. *Biological Conservation* 25: 335-352.

**MILLS, L.; CITTA, J.; LAIR, K.; SCHWARTZ, M. y TALLMON, D. 2000a.** Estimating animal abundance using noninvasive DNA sampling: promise and pitfalls. *Ecological Applications* 10: 283-294.

**MILLS, L. S; PILGRIM, K. L; SCHWARTZ, M. K. y McKELVEY, K. 2000b.** Identifying lynx and other North American felids based on MtDNA analysis. *Conservation Genetics* 1: 285-288.

**MORIN, P. A; MOORE, J. J y WOODRUFF, D. S. 1992.** Identification of chimpanzee subspecies with DNA from hair and allele specific probes. *Proceedings: Biological Sciences* 249: 293-297.

**MUÑOZ-PEDREROS, A. 2000.** Orden Rodentia. En: Muñoz, A.; Yáñez, J. (Eds.). *Mamíferos de Chile*. CEA Ediciones, Valdivia, Chile. *Mamíferos de Chile*. pp. 73-126.

**MUÑOZ-PEDREROS, A. y RAU, J. 2004.** Estudio de Egagrópilas en Aves Rapaces. En: Muñoz, A.; Rau, J.; Yáñez, J. (eds.) *Aves Rapaces de Chile*. CEA Ediciones. Pp 265-279.

**NOWELL, K. y JACKSON, P. (eds.) 1996.** Status Survey and Conservation Action Plan: Wild Cats. Gland, Switzerland. IUCN/SSC Cat Specialist Group. Pp 116-118, 144-146.

**NSUBUGA, A. M; ROBBINS, M. M; ROEDER, A. D; MORIN, P. A; BOESCH, C. y VIGILANT, L. 2004.** Factors affecting the amount of genomic DNA extracted from ape faeces and the identification of an improved sample storage method. *Molecular Ecology* 13: 2089-2094.

**OSGOOD, W. H. 1943.** The Mammals of Chile. *Field Museum Natural History Zoology Series* 30: 1-268.

**PACHECO, L. F. y SALAZAR, J. A. 1996.** Bases para la conservación de los félidos en Bolivia. *Ecología en Bolivia* 26: 71-92.

- PALOMARES, F; GODOY, J. A; PIRIZ, A; O'BRIEN, S. J. y JOHNSON, W. E. 2002.** Faecal genetic analysis to determine the presence and distribution of elusive carnivores: design and feasibility for the Iberian lynx. *Molecular Ecology* 11: 2171-2182.
- PAXINOS, E.; McINTOSH, C.; RALLS, K. y FLEISCHER, R. 1997.** A noninvasive method for distinguishing among canid species: amplification and enzyme restriction of DNA from dung. *Molecular Ecology* 6: 483-486.
- PEARSON, O. 1995.** Annotated keys for identifying small mammals living in or near Nahuel Huapi National Park or Lanín National Park, southern Argentina. *Mastozoología Neotropical* 2: 99-148.
- PETRAITIS, P. 1983.** Presentation of niche measure relationships when more than three resource classes are involved. *Ecology* 64: 1318-1320.
- QIAGEN. 2001.** QIAamp DNA Stool Mini Kit Handbook: for DNA purification from stool samples. August 2001, QIAGEN.
- QUINTANA, V.; YÁÑEZ, J. y VALDEBENITO, M. 2000.** Orden Carnivora. En: Muñoz, A.; Yáñez, J. (Eds.). *Mamíferos de Chile*. CEA Ediciones, Valdivia, Chile. Pp. 155-187.
- QUINTANILLA, V. 1983.** Biogeografía En: Geografía de Chile, Tomo III, Instituto Geográfico Militar.
- RAU, J.; TILLERÍA, M.; MARTÍNEZ, D. y MUÑOZ, A. 1991.** Dieta de *Felis concolor* (Carnivora: Felidae) en áreas silvestres protegidas del sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 64: 139-144.
- RAU, J.; MARTÍNEZ, D.; LOW, J. y TILLERÍA, M. 1995.** Depredación por zorros chilla (*Pseudalopex griseus*) sobre micromamíferos cursoriales,

escansoriales y arborícolas en un área silvestre protegida del sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 68: 333-340.

**RAU, J. 2000.** Métodos de análisis en ecología trófica. En: Muñoz, A.; Yáñez, J. (Eds.). *Mamíferos de Chile*. CEA Ediciones, Valdivia, Chile. pp. 397-406.

**RAU, J. y MARTÍNEZ, D. 2004.** Identificación de los órdenes de aves chilenas a través de la microestructura de sus plumas. En: Muñoz, A.; Rau, J.; Yáñez, J. (eds.) *Aves Rapaces de Chile*. CEA Ediciones. Pp. 229-234

**REDFORD, K. H. y EISENBERG, J. F. 1992.** *Mammals of the Neotropics*. Vol. 2. The Southern cone: Chile, Argentina, Uruguay, Paraguay. University of Chicago Press, Chicago.

**REED, J. Z.; TOLLIT, D. J.; THOMPSON, P. M. y AMOS, W. 1997.** Molecular scatology: the use of molecular genetic analysis to assign species, sex and individual identity to seal faeces. *Molecular Ecology* 6: 225-234.

**REISE, D. 1973.** Clave para la determinación de los cráneos de marsupiales y roedores chilenos. *Gayana: Zoología (Chile)* 27: 1-20.

**REYES, C. 1992.** Clave para la identificación de los Órdenes de aves chilenas: microestructura de los nodos de las bárbulas. Seminario para optar al Título de Profesor en Biología y Ciencias Naturales. Departamento de Ecuación, Instituto Profesional de Osorno.

**SANDERSON, J. 1999.** Andean mountain cat (*Oreailurus jacobita*) in northern Chile. *Cat News* 30: 25-26.

**SCHWARTZ, M.; TALLMON, D. y LUIKART, G. 1998.** Review of DNA-based census and effective population size estimators. *Animal Conservation* 1: 293-299.

- SCROCCHI, G. J. y HALLOY S. P. 1986.** Notas sistemáticas, ecológicas, etológicas y biogeográficas sobre el gato andino (*Felis jacobita* Cornalia) (Felidae, Carnivora). Acta Zoológica Lilloana 23: 157-180.
- STEPPAN, S. J. 1995.** Revision of the tribe Phyllotini (Rodentia: Sigmodontinae) with a phylogenetic hypothesis for the Sigmodontinae. Fieldiana: Zoology 80:1-112.
- SUNQUIST, M. y SUNQUIST, F. 1996.** Ecological constraints on predation by large felids. In: Carnivore Behaviour, Ecology and Evolution. Volume 1. Edited by John L. Gittleman. Pages 283-301.
- TABERLET, P. y BOUVET, J. 1992.** Bear conservation genetics. Nature 358 : 197.
- TABERLET, P. y FUMAGALLI, L. 1996.** Owl pellets as a source of DNA for genetic studies of small mammals. Molecular Ecology 5: 301-305.
- TABERLET, P.; GRIFFIN, S.; GOOSSENS, B.; QUESTIAU, S.; MANCEAU, V; ESCARAVAGE, N; WAITS, L. y BOUVET, J. 1996.** Reliable genotyping of samples with very low DNA quantities using PCR. Nucleic Acids Research 24: 3189-3194.
- TABERLET, P.; CAMARRA, J. J.; GRIFFIN, S.; UHRES, E.; HANOTTE, O.; WAITS, L. P.; DUBOIS-PAGANON, C.; BURKE, T. y BOUVET, J. 1997.** Noninvasive genetic tracking of the endangered Pyrenean brown bear population. Molecular Ecology 6: 869-876.
- TABERLET, P. y LUIKART, G. 1999.** Non-invasive genetic sampling and individual identification. Biological Journal of the Linnean Society 68: 41-55.
- TABERLET, P; WAITS, L. P y LUIKART, G. 1999.** Noninvasive genetic sampling: look before you leap. Trends in Ecology and Evolution 14: 323-327.
- THOMPSON, J. D; GIBSON, T. J; PLEWNIAK, F; JEANMOUGIN, F. y HIGGINS, D. G. 1997.** The CLUSTAL\_X windows interface: Flexible

strategies for multiple sequence alignment aided by quality analysis tools. *Nucleic Acids Research* 25: 4876-4882.

**TIKEL, D; BLAIR, D. y VAN MARSH, H. D. 1995.** Marine mammal faeces as a source of DNA. *Molecular Ecology* 5: 456-457.

**VAN DER KUYL, A. C; DEKKER, J. T; GOUDSMIT, J. 1996.** St. Kitts green monkeys originate from West Africa: genetic evidence from feces. *American Journal of Primatology* 40: 361-364.

**VALIERE, N. y TABERLET, R. 2000.** Urine collected in the field as a source of DNA for species and individual identification. *Molecular Ecology* 9: 2149-2154.

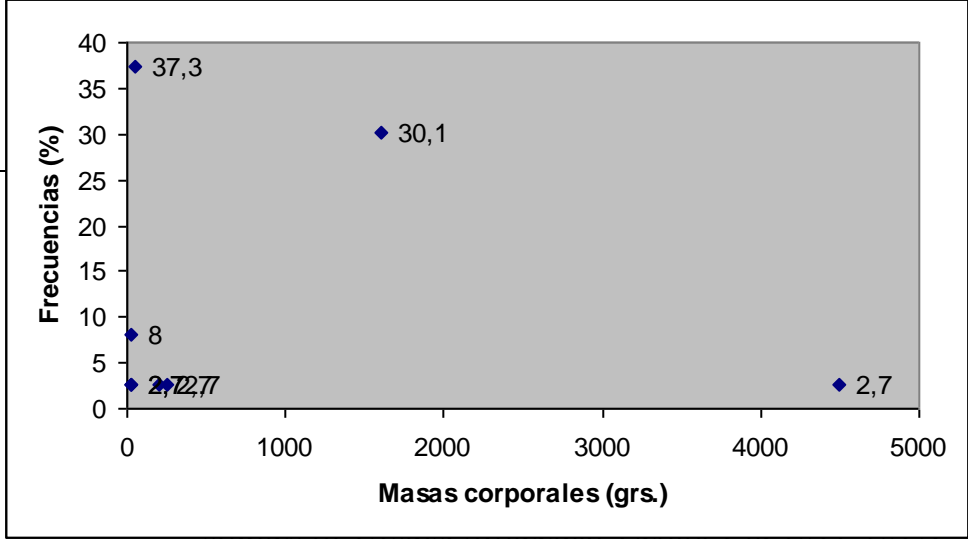
**VALSECCHI, E.; GLOCKNER-FERRARI, D.; FERRARI, M. y AMOS, W. 1998.** Molecular analysis of the efficiency of sloughed skin sampling in whale population genetics. *Molecular Ecology* 7: 1419-1422.

**VIGILANT, L. 1999.** An evaluation of techniques for the extraction and amplification of DNA from naturally shed hairs. *Journal of Biological Chemistry* 380: 1329-1331.

**VILLALBA, L. y BERNAL, N. 2002.** Geographical distribution of the Andean mountain cat and Pampas cat in the Bolivian Andes. Presented at Defenders of Wildlife's Carnivore 2002 Conference: From the mountains to the sea. Poster Session. November 17-20. Monterrey, California.

**VILLALBA, L; LUCHERINI, M; WALKER, S; COSSÍOS, D; IRIARTE, A; SANDERSON, J; GALLARDO, G; ALFARO, F; NAPOLÍTANO, C. y SILLERO-ZUBIRI, C. 2004.** El gato andino: Plan de acción para su conservación. Alianza Gato Andino. La Paz, Bolivia.





EAFFER, R. (eds.) 2002. *...* torial Iberoamericana. Sexta

R, G. M; CADD, G. G y *...* ecal DNA methods to field

**WEAVER, J. L. y FRITTS, S. H. 1979.** Comparison of coyote and wolf scat diameters. *Journal of Wildlife Management* 43: 786-788.

**WILSON, D. E.; COLE, F. R.; NICHOLS, J. D.; RUDRAN, R. y FOSTER, M. 1996.** Measuring and monitoring biological diversity: standard methods for mammals. Smithsonian Institution Press. Washington, D.C., U.S.A. 209 pp.

**YENSEN, E.y SEYMOUR, K. 2000.** *Oreailurus jacobita*. *Mammalian Species* 644: 1-6.