

PRESENCIA DE MACRO Y MESO-MAMÍFEROS TERRESTRES Y SEMI-ACUÁTICOS EN LA ZONA COSTERA DE RESERVA AÑIHUÉ, PATAGONIA CHILENA

Gian Paolo Sanino^{1,2}, Natalie Pozo¹ y Thomas Heran¹

¹Reserva Añihué, Bajo Palena, Región de Aysén, Chile.

²Centre for Marine Mammals Research – LEVIATHAN, Postal Code 7640392 Santiago, Chile; research@cmmrleviathan.org

RESUMEN

La comunidad de mamíferos de la Patagonia chilena, ha sido escasamente estudiada pese a que enfrenta diversas amenazas. Presentamos una actualización al catastro de macro y meso-mamíferos en Reserva Añihué mediante el registro autónomo con cámaras trampa (1.540 días) entre febrero 2012 y 2014, complementado por fotografía oportunista presencial hasta 2015. Se determinaron índices de productividad relativa al esfuerzo diario para estimar y comparar la distribución espacio-temporal de la abundancia y diversidad entre dos zonas geográficas discretas. La productividad fue de 0,088 registros positivos al día por cámara. Se documentaron nueve especies, correspondiendo al 80 % de la diversidad descrita para el área y se agregó a *Neovison vison*. Las especies registradas con mayor frecuencia y distribución fueron *Pudu puda* y *Leopardus guigna* (ambas 0,034/día). La riqueza fue máxima en primavera (>4 spp) y mínima en otoño (<3 spp). Las diferencias de productividad entre la zona Norte y Sur no fueron significativas (U= 702; p= 0,498). La mayor frecuencia de ocurrencias fue entre las 18:00 y 05:59 horas (78,29 %; n= 101). El estado del tiempo no afectaría la potencialidad de registrar macro y meso-mamíferos al menos en esta zona ($r_s = 0,065$; p= 0,646). Recomendamos emplear periodos de esfuerzo de al menos tres semanas para maximizar la probabilidad de “captura” bajo condiciones similares (96,05 % de ocurrencias luego de 16 días). Reserva Añihué presenta condiciones suficientes para desarrollar estudios de largo plazo en estos taxa.

Palabras clave: mamíferos, diversidad, cámaras trampa, Patagonia, Chile

ABSTRACT

Terrestrial and semi-aquatic macro and meso-mammal presence on the coast of Añihué Reserve, Chilean Patagonia. The mammal community of Chilean Patagonia scarcely has been studied despite facing diverse threats. We present an updated macro and meso-mammal inventory from Añihué Reserve using camera traps (1,540 days) from February 2012 to February 2014, supplemented up to 2015 by direct opportunistic photography. We determined productivity indexes relative to daily effort to estimate and compare the time-spatial distribution of the abundance and diversity between two discrete geographic zones. The productivity was 0,088 occurrences/day per camera. Nine species were documented, corresponding to 80% of the diversity described for the area; *Neovison vison* was added. The most frequently recorded and widely distributed species were *Pudu puda* and *Leopardus guigna* (both 0.034/day). Richness was highest in spring (>4 spp) and lowest in autumn (<3 spp). Differences in productivity between North and South zones were not significant (U= 702; p= 0.498). The highest occurrence was between 18:00 and 05:59 hours (78.29 %; n= 101). At least in this area, macro and meso-mammal sighting probability would not be affected by weather state ($r_s = 0.065$; p= 0.646). Under similar conditions, to maximize “capture” probability, we recommend at least three week effort periods (96.05 % of occurrences after 16 days). Añihué Reserve presents suitable conditions to develop long term studies on these taxa.

Key words: mammals, diversity, camera traps, Patagonia, Chile.

INTRODUCCIÓN

El bosque templado lluvioso del sur de Chile está caracterizado por la riqueza de especies y endemismo, por los cuales ha sido declarado *hot spot* de biodiversidad y sitio prioritario de conservación (Mittermeier *et al.* 1999, 2005; Myers *et al.* 2000; Arroyo *et al.* 2006). Si bien el conocimiento en detalle de la diversidad biológica en este ambiente es aún tan limitado como de difícil acceso, el detrimento por destrucción forestal

continúa siendo su principal amenaza (Echeverría *et al.* 2006; Delibes-Mateos *et al.* 2014b), a la que recientemente se agregan los riesgos potenciales de numerosos proyectos hidroeléctricos (Vince 2010). La Red Internacional de Investigación Ecológica a Largo Plazo (ILTER) presenta un vacío evidente entre los paralelos 40° y 60°S (Rozzi *et al.* 2012). Así, en un contexto de rápidos cambios y escasa información de campo actualizada, es urgente destinar esfuerzos para documentar la riqueza biológica local para mejorar la comprensión de la utilización del hábitat y aplicar medidas de manejo adecuadas para su conservación (Melo *et al.* 2012; Delibes-Mateos *et al.* 2014b).

En general, los trabajos sobre mamíferos terrestres en el sur de Chile se han centrado en aspectos biológicos de una especie en particular (*e.g.*, Dunstone *et al.* 2002; Sade *et al.* 2012), siendo más escasos aquellos que abordan la comunidad local como unidad de estudio (Delibes-Mateos *et al.* 2014a). Las técnicas de estudio empleadas son diversas e incluyen la observación directa, encuestas a residentes, radio-telemetría, captura de ejemplares vivos, muestreo de indicios y cámaras trampa, entre otros (De la Maza y Bonacic 2013).

El “foto-trampeo” constituye un método que ofrece las ventajas de ser poco invasivo, de bajo costo y recolecta datos de día y noche indistintamente, facilitando el registro de especies evasivas y de hábitos nocturnos (Rowcliffe *et al.* 2008). Estas cualidades han permitido su utilización en la estimación de abundancia y densidad poblacional (Jackson *et al.* 2006), nuevos registros de especies (Valladares *et al.* 2012), estudios sobre comportamiento (Altamirano *et al.* 2013) y uso de hábitat (Dunstone *et al.* 2002; Bowkett *et al.* 2007; Gessner *et al.* 2013).

Becker *et al.* (2013), presentaron el primer catastro de la diversidad biológica documentada por los esfuerzos iniciales de Reserva Añihué y la primera expedición conjunta del Museo Nacional de Historia Natural (MNHN). La presente contribución, consiste en el catastro actualizado mediante registro gráfico autónomo, complementado por fotografías oportunistas de la ocurrencia de macro (masa corporal >25 kg.) y meso-mamíferos (masa corporal 2,5-25 kg.) terrestres y semi-acuáticos del área costera de Bajo Palena con escasa presencia o intervención humana en Reserva Añihué (RA); pone a prueba la factibilidad y utilidad del “foto-trampeo” en RA, como modelo regional comparativo para estudios de largo plazo de macro y meso-mamíferos terrestres y semi-acuáticos; determina su eficiencia en relación al esfuerzo invertido (tiempo de exposición) en comparación con los registros directos presenciales; y caracteriza la presencia local de macro y meso-mamíferos en función de su composición, estacionalidad y horarios de mayor encuentro, en un contexto comparativo entre dos zonas biogeográficas de RA. Adicionalmente, revisa la influencia potencial del estado del tiempo sobre la probabilidad de registrar macro y meso-mamíferos por “foto-trampeo”. En una menor escala geográfica, ponemos a prueba si las diferencias en topografía, disponibilidad de agua dulce, grado de aislamiento o acceso, y exposición a los elementos entre las zonas Norte y Sur de RA, podrían constituir factores condicionantes suficientes para diferenciar la composición de macro y meso-mamíferos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio corresponde a Reserva Añihué (43,8041 °S; 72,9786 °O), ubicada en la ribera Sur del río Palena en la Comuna de Cisnes, zona Norte de la Región de Aysén, Chile (Becker *et al.* 2013). Presenta un macro-clima templado y su formación vegetal predominante corresponde a Bosque Siempreverde Templado Costero (Luebert y Plissock 2006). Las variables atmosféricas locales son registradas sistemáticamente por una estación meteorológica Vantage Pro2 de Davis Instruments (43,8004 °S; 72,9778 °O). Durante el estudio, se registró una temperatura y pluviosidad media anuales de 10,45 °C y 1.590 milímetros respectivamente.

Zonas y sectores de registro

Se definieron dos zonas (Norte y Sur), cada una con dos sectores de registro (Figura 1), procurando representar la diversidad de ambientes locales con evidencia de la presencia de macro y meso-mamíferos, como huellas, heces, senderos y restos alimentarios. El acceso a la zona Norte, está limitado en gran parte

por el hecho de estar casi completamente rodeada por riberas con el mar y el río Palena, afectadas por la acción de las mareas. El único acceso terrestre, presenta una angostura de sólo 250 metros, seguida hacia el Norte por un relieve abrupto hasta los 160 msnm y una quebrada transversal parcial. Siendo el primer estudio de su tipo en Bajo Palena, se privilegió la condición natural decidiendo no utilizar cebos o atractores, en consistencia con Melo *et al.* (2012) y Srbek-Araujo y García (2005). Los sectores seleccionados fueron:

Sector A

“Punta Palena” (43,7760 °S; 72,9794 °O): Ambiente costero estuarino, en la zona Norte, conformado por una península de sustrato sedimentario-arenoso ubicada en la desembocadura del río Palena, con el acceso terrestre más limitado entre los sectores, caracterizada por presentar exposición a los vientos predominantes desde el mar, vegetación de baja altura como Chaura (*Gaultheria mucronata*) y Nalcas (*Gunnera tinctoria*), y la presencia habitual de abundantes huellas de felinos y heces diversas. Pese a corresponder a propiedad privada, es ocasionalmente utilizado por habitantes locales.

Sector B

“Comedero de Chungungos” (43,7831 °S; 72,9815 °O): litoral costero marino, en la zona Norte, formado por una terraza rocosa con espacios de difícil acceso, relieve heterogéneo, protección del viento S.O., vegetación diversa en pendiente y abundantes fragmentos de invertebrados marinos atribuidos a los restos alimentarios de nutrias. También, es ocasionalmente utilizado por habitantes locales.

Sector C

“Norte del Mallín” (43,8146 °S; 72,9783 °O): bosque en el margen Norte de una laguna paralela al litoral marino, de 180 por 40 metros en la zona Sur, consistente en renovales de Coigüe (*Nothofagus dombeyi*), Canelo (*Drimys winteri*), Arrayanes (*Luma apiculata*) y Ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*).

Sector D

“Sur del Mallín” (43,8167 °S; 72,9800 °O): ribera sur del humedal descrito anteriormente, al pie del flanco rocoso vertical de un morro de 690 metros de altura, caracterizada por espacios abiertos de turberas de musgos y junquillo (*Marsippospermum grandiflorum*).

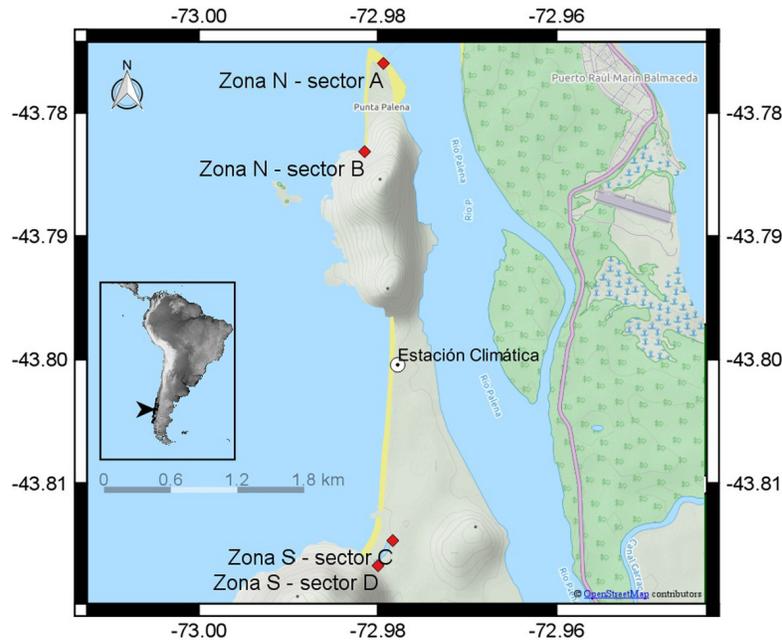


FIGURA 1. Zonas y sectores de registro gráfico autónomo en Reserva Añihué.

Equipos de registro y configuración

Para el “foto-trampeo” se utilizaron cuatro cámaras modelo Bone Collector (119426C) de Bushnell, de 3,1F de apertura, 50° de campo de visión (FOV), sensor de imagen a color CMOS de 8MP y sensor de movimiento infrarrojo (PIR). Se probaron diversas configuraciones de las cámaras, incluyendo la captura de tres cuadros por segundo por cada activación a intervalos refractarios de tres, cinco y 10 segundos; sensibilidad de activación media y alta; e impresión en las imágenes de la fecha y hora de activación. Las imágenes fueron almacenadas en tarjetas de memoria SD clase 10 de 8 GB. Las cámaras fueron instaladas en estacas de madera a una altura de 50 centímetros a un metro del suelo.

El registro oportunista durante desplazamientos del personal en terreno en la Reserva como también durante expediciones dedicadas, fue desarrollado a pie en trayectos cercanos a la costa, utilizando cámaras DSLR Nikon (D3200, D5100 y D7000) y Fujifilm (Finepix HS20EXR), con lentes entre 18 y 720 milímetros. Su contribución fue expresada sólo en la riqueza específica, en tanto todos los otros parámetros utilizaron sólo el material de las cámaras trampa para estandarizar el esfuerzo.

La posición geográfica de cada sector y punto de registro fue obtenida indistintamente mediante un dispositivo Garmin modelo GPSmap 76CSX, teléfonos Samsung Galaxy S4 y Apple iPhone4 equipados con la aplicación Navionics y/o OsmAnd+ con capas topográficas.

Esfuerzo de registro autónomo

El estudio incluye registros desde el 28 de febrero del 2012 hasta el 24 de febrero de 2014, mediante lapsos de registro continuo (diurno y nocturno) en cuatro sectores.

Sector A

El seguimiento en el Sector A, abarcó todo el periodo de estudio consistente en 725 días cámara de esfuerzo efectivo. En una etapa inicial, se procuró determinar cualitativamente la duración óptima de cada esfuerzo en función de la obtención de registros positivos, su acceso mediante embarcación limitado por las variaciones climáticas y el rendimiento de las baterías a bajas temperaturas. El esfuerzo varió inicialmente de 8 a 35 días de duración, para luego reducirse a periodos de registro discretos de 13 a 20 días (70,73 %). Adicionalmente, entre el 6 de julio y el 31 de agosto de 2013, se desarrollaron seis pruebas durante 16 días cámara utilizando hasta tres dispositivos por esfuerzo distribuidos en 10 sitios (ver Figura 2) mediante superposición parcial de los campos visuales o complemento entre éstos para verificar el potencial de seguimiento espacial de los macro y meso-mamíferos documentados.

Sector B

Se desarrollaron doce esfuerzos de registros de 8 a 42 días de duración, completando 270 días cámara entre el 24 de abril de 2012 y el 05 de febrero de 2014. Se utilizó un único dispositivo procurando maximizar los registros positivos mediante la corrección inicial del ángulo y altura de la cámara en torno a los accesos hacia una repisa rocosa con restos alimentarios.

Sector C

Se desarrollaron 23 esfuerzos de registro de 7 a 51 días de duración (439 días cámara), entre el 19 de junio de 2012 y el 24 de febrero de 2014, mediante una única cámara posicionada hacia una intersección de senderos de animales en un área relativamente despejada de vegetación del sotobosque.

Entre el 17 de noviembre y el 6 de diciembre de 2012 se instalaron en este sector, dos cámaras enfrentadas, para verificar el potencial del sitio de registro para producir imágenes de ángulos complementarios de los mismos individuos. Adicionalmente, del 26 de abril al 14 de mayo y del 15 de mayo al 15 de junio de 2013, se instalaron series de cuatro y tres cámaras respectivamente, distanciadas por menos de cinco metros y orientadas para producir campos visuales parcialmente superpuestos. Entre las cámaras se instalaron cinco registradores de huellas, consistentes en cuadrantes de nylon de 100 por 140 centímetros, cubiertos con arena y sus contornos disimulados con el sustrato local. Procurando comparar cualitativamente la efectividad y valor complementario entre ambas técnicas, se desarrollaron esfuerzos mediante tres y cuatro cámaras, de 17 (408 horas) y 30 días (720 horas) de duración respectivamente, y los

registradores de huellas fueron revisados visualmente cada dos días.

Sector D

Se desarrollaron sólo cinco esfuerzos de registro de 10 a 40 días (106 días cámara), mediante una única cámara, entre el 17 de abril de 2012 y el 22 de abril de 2013, orientada hacia el Noroeste.

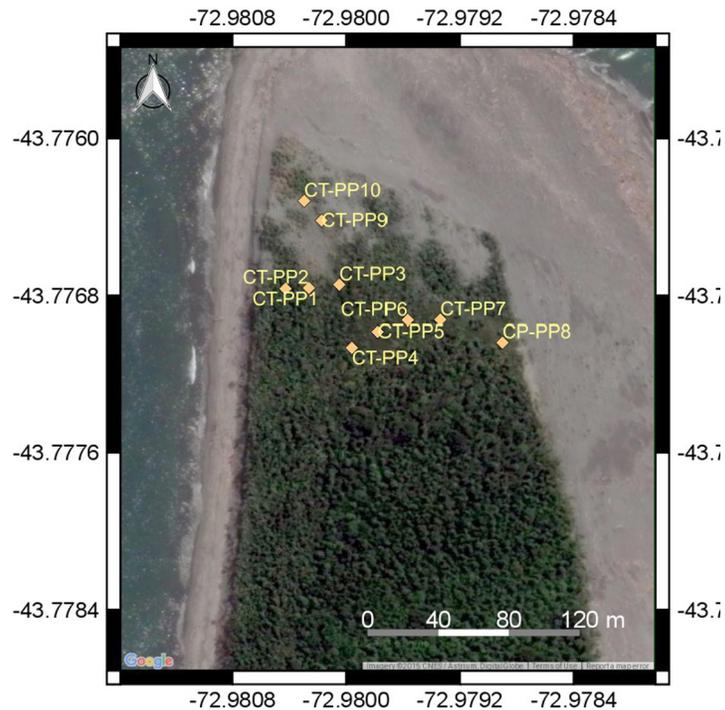


FIGURA 2. Distribución de 10 sitios de registro gráfico autónomo para seguimiento espacial de macro y meso-mamíferos en Punta Palena (Sector A) de Reserva Añihué.

Esfuerzo de registro autónomo múltiple

Ante la posibilidad de producirse múltiples registros de una ocurrencia, los datos colectados mediante la utilización de varios dispositivos simultáneos, distanciados hasta por cinco metros, con superposición del campo visual y en zonas con escasa cobertura vegetal fueron considerados parte de un esfuerzo de registro común.

Procesamiento de datos

Los datos obtenidos fueron ingresados a una base de datos HSQL, diseñada para el presente estudio utilizando la aplicación LibreOffice.base (v4.3.7.2) cuyas tablas y formularios correspondientes incluyeron campos para el registro del sector, posición y orientación específica de la cámara y los registros de ocurrencia incluyendo la fecha, hora activación y la especie registrada.

Se determinó como una ocurrencia, a los eventos de activación cuyo registro gráfico incluyese macro y meso-mamíferos, independiente del número de cuadros positivos obtenidos. Si bien la configuración de los dispositivos permite incorporar períodos refractarios para ignorar temporalmente las activaciones y así minimizar la multiplicidad de registros de una misma ocurrencia, se definió considerar los registros consecutivos de la misma especie y separados hasta por 10 minutos como correspondiente a la misma ocurrencia salvo aquellos casos en los que la imagen obtenida permitiera diferenciar los ejemplares. De

esta manera tender a producir un material gráfico potencialmente más abundante que si se utilizara una configuración en cámara de similar lapso de tiempo refractario, facilitando el proceso de clasificación taxonómica del material y usos complementarios como la elaboración de catálogos de identificación individual. El criterio para el período refractario, consideró que los sitios de registro corresponden tanto a lugares de tránsito como de forrajeo.

Índice de productividad

Considerando la diferencia espacio-temporal de los esfuerzos de muestreo, se determinaron índices de productividad ($p = n/t$) como la abundancia de ocurrencias (n) normalizada por unidad de esfuerzo en tiempo efectivo ($t =$ hora o días cámara dependiendo del análisis) y por el número de cámaras simultáneas en un sitio. De este modo se compararon los índices de productividad entre zonas y sectores. La avistabilidad específica fue inferida en base al índice de productividad relativa al esfuerzo diario de una cámara para una determinada especie.

Debido a su cercanía geográfica, entre los sectores de una misma zona, podrían ser registrados los mismos individuos. Así, sus datos fueron considerados como no independientes y su comparación estadística fue hecha mediante la función `wilcox.test` de R-base (v.3.1.1) con la interfaz gráfica RKward (v0.6.1) sobre Linux OpenSuSE Leap 42.1, para la prueba no paramétrica Wilcoxon Signed Rank para muestras pareadas. En cambio, la comparación entre las zonas Norte y Sur, consideró las muestras como independientes debido a su mayor distancia y presencia de barreras naturales (*e.g.* Río Añihué y cerro Colorado). Así, la comparación entre zonas fue mediante la prueba Wilcoxon Rank Sum (ca. Mann-Whitney) para muestras no pareadas.

Distribución temporal

Se verificó la posible variación estacional de los índices de productividad específica en los sectores de muestreo normalizado por unidad de esfuerzo, así como la distribución de las ocurrencias de cada especie en cuatro rangos horarios: de 0:00 a 05:59, 06:00 a 11:59, 12:00 a 17:59 y 18:00 a 23:59 horas.

Las estaciones del año fueron definidas según:

- Verano: del 21 de diciembre al 20 de marzo
- Otoño: del 21 de marzo al 20 de junio
- Invierno: del 21 de junio al 20 de septiembre
- Primavera: del 21 de septiembre al 20 de diciembre

Riqueza específica

La riqueza, como estimador de la diversidad macro y meso-mastozoológica, entendida como el número de especies documentadas en el área de estudio, fue determinada a partir de los registros de ocurrencia mediante cámaras trampa, complementada por material gráfico producido directamente por personal en terreno.

La productividad de registros autónomos de *Leopardus guigna* normales y de pelaje oscuro, fue comparada mediante la prueba Wilcoxon Rank Sum para muestras no pareadas.

Influencia del estado del tiempo

Cambios en la temporalidad de las actividades diarias y estacionales han sido atribuidos a variables climáticas asociadas a la disponibilidad de alimento (*e.g.* Fuentes 1976). En la zona de estudio, como en gran parte de Patagonia, las tormentas pueden ser particularmente intensas. Así, como el operador puede ser limitado por una fuerte tormenta, es posible que los macro y meso-mamíferos también modifiquen sus conductas o actividad, influenciados por el estado del tiempo, resultando en una variación en la probabilidad de registro mediante las cámaras autónomas (*e.g.* conducta de pudúes ante bajas temperaturas según Muñoz-Pederos y Yáñez (2009)). Utilizamos la pluviometría registrada por la estación meteorológica de Reserva Añihué, como indicador del estado del tiempo, la cual fue comparada con la productividad promedio semanal, normalizada por el número de cámaras, para determinar una posible relación. La relación entre estas variables fue evaluada mediante la prueba Rho de Spearman, para no asumir ni normalidad ni linealidad entre las mismas.

Mitigación del impacto presencial

Para minimizar el sesgo potencial ejercido por la presencia del operador al instalar y retirar las cámaras, y considerarse como esfuerzo efectivo, se excluyeron del análisis el primer y último día de cada esfuerzo de registro y sus eventuales datos. Se exceptuaron aquellos casos cuyo esfuerzo de registro hubiere sido interrumpido prematuramente por motivos instrumentales (*e.g.* memoria y/o baterías agotadas). Adicionalmente, se adoptó durante 10 esfuerzos consecutivos el uso de guantes de látex, limpieza de los equipos con alcohol y posterior frotación con musgos u hojarasca locales al momento de instalar los dispositivos, para mitigar la interferencia potencial de remanentes odoríferos.

Heces fueron recolectadas en terreno incluyendo el período de esfuerzos con desodorización. Para evaluar su posible impacto en el registro de las cámaras, se comparó la productividad normalizada por día y por cámara de los eventos durante la colecta de heces y eventual desodorización, con 10 esfuerzos previos y 10 posteriores a la manipulación como control. De existir un descenso en la productividad durante la manipulación, es esperable que este se atenuara con el tiempo razón por la que los datos posteriores a la manipulación fueron invertidos cronológicamente y promediados con la situación de control previa a la manipulación. Se comparó la productividad de registros autónomos entre condiciones de alteración potencial del entorno (*i.e.* extracción de heces y desodorización) y como control, la ausencia de fuentes de alteración adicionales a las propias de postura y retiro de las cámaras. Se aplicó la prueba Wilcoxon Signed Rank para muestras pareadas o no independientes dado que era muy probable que los registros fuesen de los mismos individuos en ambas situaciones.

RESULTADOS

Riqueza específica

Se completaron 82 esfuerzos de registro mediante cámaras trampa (1.540 días cámara), de los cuales el 52,43 % registró la presencia de macro y meso-mamíferos (ver Figura 3).

La riqueza de macro y meso-mamíferos registrada mediante cámaras trampa correspondió a siete especies, de los órdenes Carnívora, Artiodactyla y Rodentia. Si bien tanto *Lontra felina* como *Lontra provocax* han sido documentadas en Reserva Añihué por observación directa, las imágenes de las cámaras trampa no permitieron diferenciar en forma confiable entre estas especies, razón por la que fueron tratadas a nivel de género. Las especies más frecuentes fueron el pudú (*Pudu puda*) y la güiña (*Leopardus guigna*) (ver detalle en Cuadro 1). Se observó una proporción de un 48,08 % de güiñas con pelaje oscuro (*ca.* melánica). Si bien existe una controversia sobre la designación científica del pudú, su discusión no es tema del presente trabajo, el que utiliza la forma *Pudu puda* (UICN 2016).

CUADRO 1: Riqueza de macro y meso-mamíferos registrada mediante cámaras trampa.

Orden	Determinación	Ocurrencia Relativa
Artiodactyla	<i>Pudu puda</i>	38,97 %
Carnívora	<i>Leopardus guigna</i>	38,24 %
	<i>Lontra sp</i>	12,50 %
	<i>Lycalopex culpaeus</i>	1,47 %
	<i>Puma concolor</i>	1,47 %
Rodentia	<i>Myocastor coypus</i>	0,74 %
Indeterminado	Indeterminada	6,62 %

Se registraron cuatro especies en la zona Norte (dos en el sector A y tres en el sector B) y seis en la zona Sur (seis en el sector C y tres en el sector D). La única especie registrada en los cuatro sectores fue *L. guigna*, seguida de *P. puda* que fue registrada en tres sectores (A, C y D). Depredadores de mayor tamaño, como *P. concolor* y *L. culpaeus* sólo fueron registrados en la zona Sur en torno al mallín (C y D).

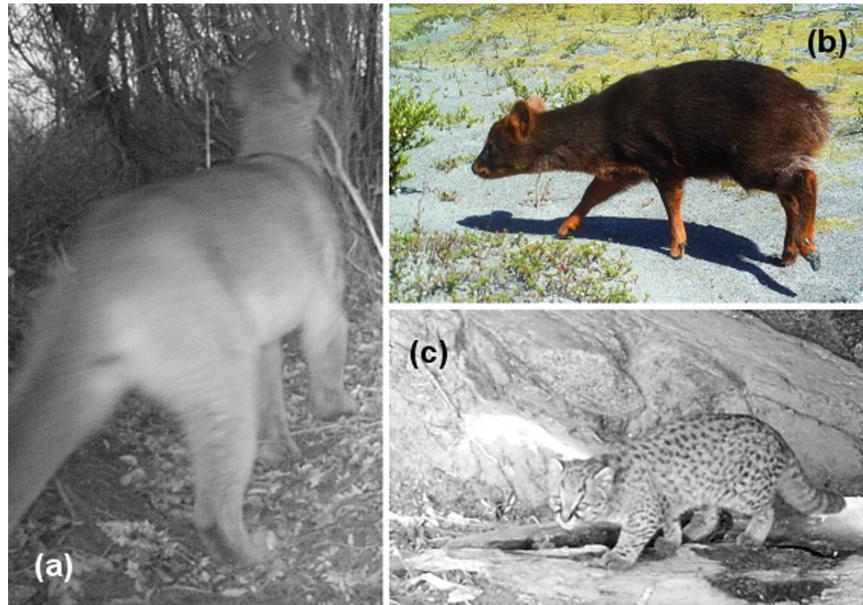


FIGURA 3. Muestra de especies de macro y meso-mamíferos registradas por cámaras trampa en Reserva Añihué:
(a) *Puma concolor*, (b) *Pudu puda* y (c) *Leopardus guigna*.

Entre los años 2012 y 2015, personal de la reserva documentó en áreas contiguas a las zonas Norte y Sur, un avistamiento ocasional de zorro culpeo (*Lycalopex culpaeus*) en bahía Añihué (43,8686 °S; 73,0356 °O), 13 de chungungos (*Lontra felina*) en playa Toninas (43,8056 °S; 72,9789°O) y en bahía Añihué, cuatro de huillines (*Lontra provocax*) entre Toninas y en bahía Añihué, tres de quiques (*Galictis cuja*) entre Toninas y bahía Añihué y cinco de visones americanos (*Neovison vison*) en bahía Añihué (ver Figura 4).



FIGURA 4. Muestra de registros directos oportunistas de macro y meso-mamíferos en Reserva Añihué:
(a) *Lontra provocax*, (b) *Neovison vison*, (c) *Galactis cuja* y (d) *Lycalopex culpaeus*.

Abundancia

Se documentaron 136 ocurrencias correspondientes a macro y meso-mamíferos. El Cuadro 2, presenta los índices de productividad relativa al esfuerzo (día) como indicador de la abundancia. El índice de productividad relativa al esfuerzo para el área de estudio, como la probabilidad de registrar la ocurrencia de macro y meso-mamífero(s) por día con una cámara, fue 0,088.

CUADRO 2: Productividad específica de “foto-trampeo” en el área de estudio.

Especie	Productividad (ocurrencias/día)
<i>Leopardus guigna</i>	0,034
<i>Lontra sp</i>	0,011
<i>Lycalopex culpaeus</i>	0,001
<i>Myocastor coypus</i>	0,001
<i>Pudu puda</i>	0,034
<i>Puma concolor</i>	0,001
Indeterminada	0,006
Total:	0,088

Distribución espacial

La productividad en la zona Norte fue de 0,082 ocurrencias/día, mientras que en la zona Sur fue de 0,099/día. El sector de mayor productividad fue el C (0,112/día), seguido del sector A (0,088/día), el B (0,067/día) y el sector D siendo el menos productivo (0,047/día). Sin embargo, la productividad entre los sectores de la zona Norte, pese a la diferencia ambiental, no presentó diferencias significativas (Wilcoxon signed

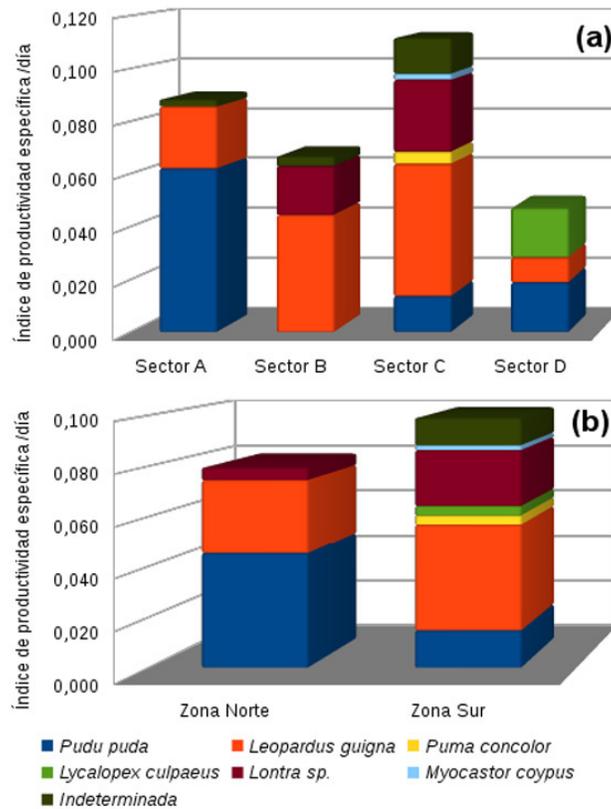


FIGURA 5. Productividad específica de macro y meso-mamíferos en Reserva Añihué: (a) por sector y (b) zona de registro.

rank $w=49$; $p=0,168$). La diferencia de días de esfuerzo efectivo entre los sectores C y D (439 y 106 respectivamente) no permitieron una comparación confiable entre éstos. La productividad entre la zona Norte y la Sur, tampoco presentó diferencias significativas (Wilcoxon rank sum $U=702$; $p=0,498$).

La productividad así como la distribución específica normalizada por esfuerzo diario entre sectores y zonas de estudio, son ilustradas por la Figura 5.

Distribución temporal

La abundancia relativa en el conjunto de sectores, presenta una mayor productividad durante otoño ($p/\text{día}=0,119$), que en las otras estaciones, que tienden a ser estables (primavera e invierno= $0,083/\text{día}$; y verano=

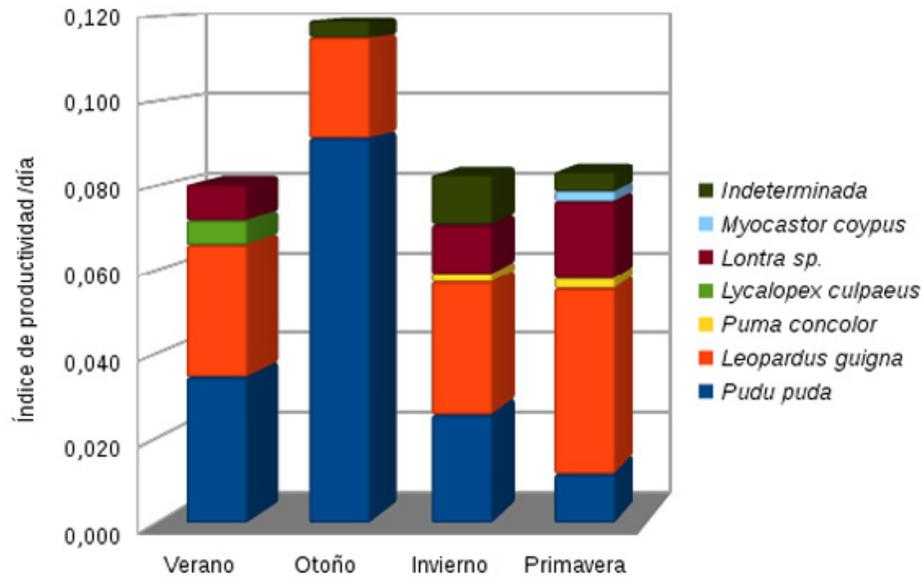


FIGURA 6. Distribución estacional de la productividad específica de macro y meso-mamíferos en Reserva Añihué.

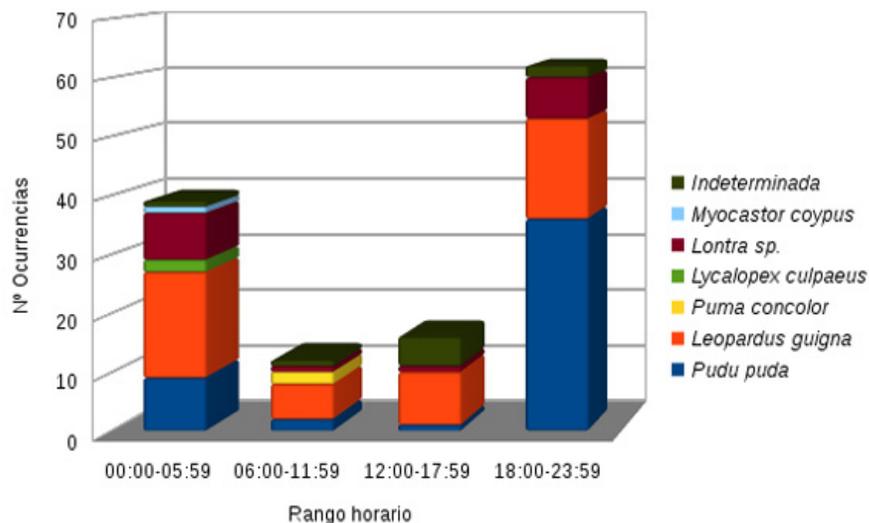


FIGURA 7. Distribución horaria de las ocurrencias registradas por especie en Reserva Añihué.

0,080/día). Esta diferencia se vio influida principalmente por el marcado aumento de avistamientos de *P. puda* durante el otoño, en comparación a las demás estaciones.

La abundancia de *L. guigna* y de *Lontra* sp., tiende a presentar una distribución estacional opuesta a la de *P. puda*, cuya avistabilidad es máxima en primavera y mínima en otoño. La Figura 6 ilustra la distribución estacional de los índices de productividad específica relativa al esfuerzo de registro.

La distribución horaria de las ocurrencias de *P. puda*, *L. guigna* y *Lontra* sp., fue mayor en el primer (00:00-05:59) y cuarto rango (18:00-23:59). La distribución específica relativa al esfuerzo de registro en el área de estudio por rangos horarios, es ilustrada por la Figura 7.

Influencia del estado del tiempo

La Figura 8, presenta los promedios de las magnitudes semanales de la productividad diaria y pluviosidad local, en las 52 semanas de un año.

La productividad y pluviometría medias semanales no presentaron asociaciones significativas (Rho de Spearman $r_s = 0,065$; $p = 0,646$).

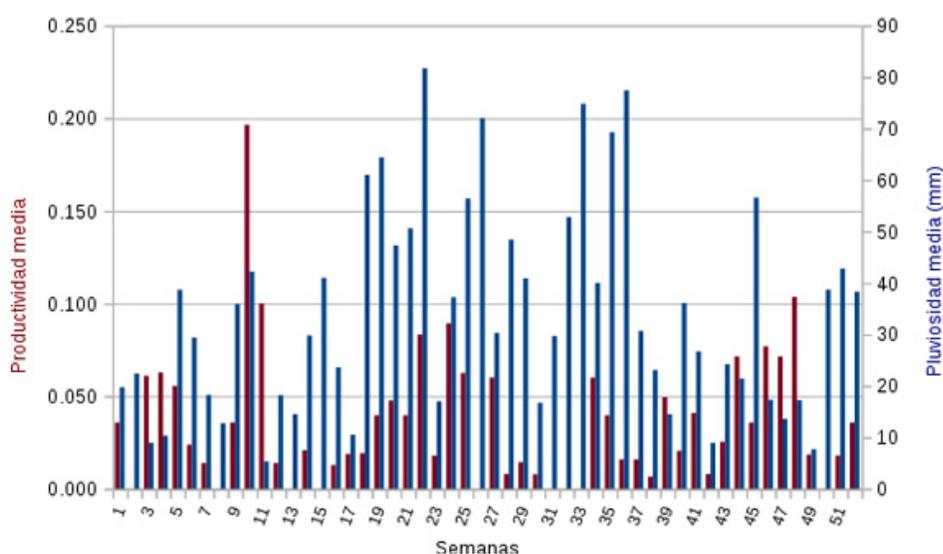


FIGURA 8. Distribución de los promedios semanales de la pluviosidad y productividad media de ocurrencias de macro y meso-mamíferos en Reserva Añihué, entre 2012 y 2014 expresados en un año.

Seguimiento múltiple

El ejercicio de seguimiento múltiple en el sector A no produjo datos suficientes para realizar un seguimiento espacial de los mamíferos documentados.

Las cámaras enfrentadas en el sector C, registraron ocho eventos de presencia; cuatro fueron replicados por ambas cámaras, de las cuales una produjo imágenes complementarias del ejemplar.

La combinación de cámaras trampa con registradores de huella en el sector C, registró tres ocurrencias de *L. guigna* y una de *P. puda*, además de la impresión de una sola huella de felino pequeño, cuya ocurrencia no fue registrada por la cámara instalada frente al registrador de huellas en cuestión.

Mitigación del impacto presencial

Sólo un registro coincidió con el día de instalación de la cámara y tres con el retiro, siendo los cuatro eliminados del análisis. En la mayoría de los casos, la primera ocurrencia fue registrada desde el segundo día a contar de la instalación (97,68 %; $n = 42$). El periodo entre el inicio del esfuerzo efectivo y la primera presencia detectada fue de 7,8 días en promedio ($n = 43$; de 1 a 19 días).

El procedimiento de colecta de heces durante 11 esfuerzos en el sector A y simultáneamente de desodorización durante 11 esfuerzos consecutivos entre dos sectores (8 en A y 3 en C), no produjeron cambios evidentes en la productividad de ocurrencias (Wilcoxon signed rank $w=43,5$; $p=0,187$).

Aplicando 10 minutos refractarios para mitigar la probabilidad de replicación de registros, se diferenciaron individuos en cinco de 13 ocurrencias consecutivas de la misma especie.

CONCLUSIÓN Y DISCUSIÓN

La riqueza de macro y meso-mamíferos terrestres y semi-acuáticos obtenida mediante registros gráficos autónomos y directos en forma complementaria, corresponde a nueve especies, ocho de las cuales son nativas y una exótica. Este resultado se condice con el 80 % de las especies descritas para el área por Becker *et al.* (2013), confirma la presencia de *L. culpaeus* y *G. cuja*, y amplía la diversidad documentada en una especie (*Neovison vison*). La presencia de esta última, es fuente de preocupación toda vez que su introducción tiene el potencial de afectar significativamente las especies nativas, también en esta zona de Chile.

La zona Sur, presentó una mayor riqueza y avistamientos de macro y meso-mamíferos que la zona Norte, en consistencia con lo esperado considerando la mayor heterogeneidad ambiental, mayor distancia con asentamientos humanos, abundancia de accesos y disponibilidad de agua dulce; sin embargo, las diferencias no fueron significativas ($p=0,498$), sugiriendo un efecto sólo parcial de barrera biogeográfica entre ambas zonas.

Primavera presentó la mayor riqueza estacional (al menos cinco especies) mientras la menor fue en otoño (dos especies). *L. guigna* y *P. puda* fueron visibles todo el año, con un notable aumento de la última durante en otoño, posiblemente atribuido a un mayor nivel de actividad relativo a la temporada de brama. El avistamiento estacional de *L. guigna* y *Lontra sp.* es consistente con la disponibilidad esperada de alimento.

En general, la avistabilidad de las especies documentadas en el área se concentró entre las 18:00-05:59 horas (78,46 %; $n=102$) y la mayor diversidad de ocurrencias se dio entre las 00:00-05:59 horas (al menos cinco especies). Los resultados son consistentes con la tendencia nocturna de los mamíferos chilenos (*e.g.*, Iriarte 1986; Jaksic y Simonetti 1987; Delibes-Mateos *et al.* 2014a).

La pluviometría local, medida por una estación meteorológica a menos de tres kilómetros de distancia de las zonas de estudio, fue utilizada como indicador del estado del tiempo, para evaluar la posible perturbación en los registros de ocurrencias de macro y meso-mamíferos por “foto-trampeo”. La ausencia de correlación entre pluviometría y productividad, sugiere que pese a la intensidad de las tormentas locales, el estado del tiempo no sería una variable que afecte el avistamiento de los macro y meso-mamíferos. En forma alternativa, la evidencia de los efectos de la depredación en la mayoría de las facetas de la ecología de los mamíferos ha sido documentada en abundancia (Jaksic y Simonetti 1987). El notable aumento en la actividad de *P. puda*, *L. guigna* y *Lontra sp.*, en las horas de luz crepuscular, podría deberse a una estrategia de evasión a predadores diurnos (*e.g.* sugerido por Mann 1978 para *Tadarida brasiliensis*) o correspondería a un carácter ancestral (Simonetti y Otaíza 1982). Salvo *P. concolor*, las especies de macro y meso-mamíferos registradas mostraron su mínimo de actividad en las mañanas. El reducido número de registros de puma, aún no permite determinar una tendencia local pero su concentración en las horas no crepusculares de la mañana en comparación con el pudú, la guiña y las nutrias, es consistente con una estrategia evasiva de mamíferos medianos hacia predadores de mayor tamaño.

La proporción de registros de guiñas de fenotipo normal y las de tipo melánico en Reserva Añihué no presentó diferencias significativas (Wilcoxon rank sum $U=3084$, $p=0,908$), sugiriendo que la incidencia de melanismo tendería al 50 %. Salvo un caso de guiñas en el Parque Nacional Laguna San Rafael (Dunstone *et al.* 2002), el presente estudio es consistente con la apreciación general de un aumento en la incidencia de melanismo conforme se aumenta en latitud (Miller y Rottmann 1976), probablemente debido al descenso en la temperatura ambiental (ver Cuadro 3).

CUADRO 3: Incidencia de melanismo en poblaciones de *Leopardus guigna* en el Sur de Chile (adaptado de Napolitano 2011). *Modificado u obtenido a partir de AmbiWeb (2015) dada la ausencia de información oficial disponible sobre esta zona tanto por carencia de estaciones locales de medición, como de acceso público a la información de telemetría satelital nacional.

Incidencia melanismo (%)	Temperatura media anual (°C)	Latitud (°S)	Zona	Fuente
0,0 (n= 22)	16,6-13,9*	32,5-35	Catopilco-Molina	Napolitano 2011
0,0 (n= 24)	10,5-11,1*	36-37,5	Los Queules-Arauco	Napolitano 2011
13,3 (n= 13)	12,5-11,1*	38,5-41,5	Temuco-Puerto Montt	Napolitano 2011
28,6 (n= 7)	10,7*	41,9	Ancud	Sanderson <i>et al.</i> 2002
15,8 (n= 38)	10,7-10,4*	41,7-43,5	Isla grande Chiloé	Napolitano 2011
50,0 (n= 21)	10,5	42,8	Huinay	Delibes-Mateos <i>et al.</i> 2014a y b
48,1 (n= 52)	10,5	43,8	Añihué	El presente estudio
90,9 (n= 11)	10,1*	44,6	Queulat	Dunstone <i>et al.</i> 2002
40,0 (n= 10)	8,0*	46,7	Laguna San Rafael	Dunstone <i>et al.</i> 2002

Sobre la metodología empleada

Recomendamos que la instalación de cámaras trampa sea por un lapso de al menos tres semanas para maximizar las probabilidades de registrar la presencia de macro y meso-mamíferos en condiciones similares (96,05 % para 16 días). El seguimiento múltiple, la desodorización de los equipos y apoyos mediante registradores de huellas no fueron concluyentes o de utilidad. La remoción de heces tampoco influyó en la productividad de las cámaras. La eliminación de los datos del día de instalación, contribuiría a mitigar la interferencia por la presencia del operador (97,68 % de los registros se iniciaron desde el segundo día).

El período refractario para establecer independencia entre registros en base a su separación temporal, suele ser arbitrario; desde cinco minutos (*e.g.* SrbeK-Araujo y García 2005), 30 minutos (*e.g.* Kinnaird *et al.* 2003; Gessner *et al.* 2013; Delibes-Mateos *et al.* 2014a y b), una hora (*e.g.* Bowkett *et al.* 2007) y hasta 24 horas (*e.g.* Rovero 2005). De los registros consecutivos de la misma especie (9,6 %), un 38,8 % pudo ser diferenciado a nivel individual para descartar se tratase de registros replicados. Así, sólo una reducida proporción de las ocurrencias pudo corresponder a réplicas (5,9 %). Si bien esta proporción se puede disminuir mediante períodos refractarios superiores a los 10 minutos empleados, esto también produciría una subestimación de la ocurrencia específica. Por ello recomendamos utilizar medidas alternativas como la utilización de múltiples cámaras en un mismo sitio, incluir modo video y/o equipos con sensores de mayor resolución.

La efectividad obtenida del “foto-trampeo” fue consistente con otros estudios en documentar la riqueza específica conocida entre un 31 % y un 86 %, incluso utilizando atractivos (*e.g.* Delibes-Mateos *et al.* 2014a y b; SrbeK-Araujo y García 2005; Tobler *et al.* 2008). Tal parcialidad ha sido atribuida a dificultades técnicas como el sesgo del sensor infrarrojo en relación a la masa corporal de los animales, discordancia entre el diseño del muestreo y los requerimientos metodológicos, la evasión por parte de especies y/o la presencia de bajas densidades poblacionales (Lyra-Jorge *et al.* 2008; De la Maza y Bonacic 2013; Delibes-Mateos *et al.* 2014b). El registro directo como complemento contribuyó en forma consistente con las recomendaciones de otros autores en incluir técnicas adicionales (Silveira *et al.* 2003; Lyra-Jorge *et al.* 2008; Delibes-Mateos *et al.* 2014b).

Reserva Añihué presenta condiciones suficientes para desarrollar estudios de largo plazo en mamíferos terrestres y constituir un modelo de replicación regional.

El impacto potencial de amenazas globales como el cambio climático y locales como la deforestación y los mega-proyectos de ingeniería, junto con el escaso conocimiento actualizado de la ecología de los macro y meso-mamíferos en la Patagonia Chilena, urgen invertir esfuerzos complementarios sistemáticos y coordinados en esta temática para producir información crítica para el mejor entendimiento, medidas de manejo y conservación de las poblaciones de macro y meso-mamíferos.

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio contó con el apoyo y financiamiento de Reserva Añihué. Los autores agradecen a Felipe González-Díaz (ffgonz@gmail.com), por sus aportes en ideas, soluciones y gestiones en el desarrollo de este estudio. Especiales agradecimientos para Elías Spinn por su incansable asistencia en terreno, su excelente disposición y gestión en los primeros años de esta investigación. También, a Macarena Droguett y Hector Pacheco por algunas de las imágenes incluidas en este manuscrito.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALTAMINARO, T., F. HERNÁNDEZ, M. DE LA MAZA y C. BONACIC
2013 Güiña (*Leopardus guigna*) preys on cavity-nesting nestlings. *Revista Chilena de Historia Natural* 86: 501-504. AMBIWEB GMBH
- 2015 Climate-Data.org. Consultado en noviembre de 2015, en <http://es.climate-data.org/country/75/>
- ARROYO, M., P. MARQUET, P. MARTICORENA, J. SIMONETTI, L. CAVIERES, F. SQUEO, R. ROZZI y F. MASSARDO
2006 El hotspot chileno, prioridad mundial para la conservación. En Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). Biodiversidad de Chile, Patrimonios y desafíos. Primera edición. Santiago, Chile, 639 p. ISBN 956-8018-22-0
- BECKER, C., H. NÚÑEZ, G. ROJAS, G.P. SANINO y J. YÁÑEZ
2013 Primera expedición del Museo Nacional de Historia Natural a la Reserva Añihué, Región de Aysén, Chile. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile)* 62: 75-94.
- BOWKETT, A.E., F. ROVERO y A.R. MARSHALL
2007 The use of camera-trap data to model habitat use by antelope species in the Udzungwa Mountain forests, Tanzania. *African Journal of Ecology* 46 (4): 479-487. doi: 10.1111/j.1365-2028.2007.00881.x
- DELIBES-MATEOS, M., F. DÍAZ-RUIZ, J. CARO y P. FERRERAS
2014a Activity patterns of the vulnerable guiña (*Leopardus guigna*) and its main prey in the Valdivian rainforest of southern Chile. *Mammalian Biology* 76 (6): 393-397. doi: 10.1016/j.mambio.2014.04.006
- DELIBES-MATEOS, M., F. DÍAZ-RUIZ, J. CARO y P. FERRERAS
2014b Caracterización de la comunidad de mamíferos de un área remota del sur de Chile mediante el uso combinado de metodologías. *Galemys* 26: 65-75. doi: 10.7325/Galemys.2014.A7
- DE LA MAZA, M. y C. BONACIC (Eds.)
2013 Manual para el monitoreo de fauna silvestre. Serie Fauna Australis, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile, 202 pp.
- DUNSTONE, N., L. DURBIN, I. WYLLIE, R. FREER, G. ACOSTA JAMETT, M. MAZZOLLI y S. ROSE
2002 Spatial organization, ranging behaviour and habitat use of the kodkod (*Oncifelis guigna*) in southern Chile. *Journal of Zoology* 257 (1): 1-11. doi: 10.1017/S0952836902000602
- ECHEVERRÍA, C., D. COOMES, A. NEWTON, J. SALAS, J.M. REY-BENAYAS, y A. LARA
2006 Rapid fragmentation and deforestation of Chilean Temperate Forests. *Biological Conservation* 130: 481-494.
- FUENTES E.R.
1976 Ecological convergence of lizard communities in Chile and California. *Ecology* 57: 3-17.
- GESSNER, J., R. BUCHWALD y G. WITTEMYER
2013 Assessing species occurrence and species-specific use of baits (forest clearings) in Central Africa with camera traps. *African Journal of Ecology* 52: 59-68.
- IRIARTE, J.A.
1986 Ecología trófica de una población de zorros culpeo (*Dusicyon culpaeus*) en Chile central: un acercamiento inferencial a como el carnívoro hace uso de sus recursos. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Santiago. 121 pp.
- IUCN
2016 The IUCN red list of threatened species. Consultado en febrero de 2016, en <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T18848A8648132.en>
- JAKSIC, F. y J.A. SIMONETTI
1987 Predator/prey relationships among terrestrial vertebrates: an exhaustive review of studies conducted in southern South America. *Revista Chilena de Historia Natural* 60: 221-244.
- JACKSON, R.M., J.D. ROE, R. WANGCHUK y D.O. HUNTER
2006 Estimating snow leopard population abundance using photography and capture-recapture techniques. *Wildlife Society Bulletin* 34 (3): 772-781.

- KINNAIRD, M.F., E.W. SANDERSON, T.G. O'BRIEN, H.T. WIBISONO y G. WOOLMER
2003 Deforestation trends in a tropical landscape and implications for endangered large mammals. *Conservation Biology* 17 (1): 245-257.
- LUEBERT, F. y P. PLISCOFF
2006 Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile: Editorial Universitaria, 316 pp.
- LYRA-JORGE, M.C., G. CIOCHETI, V.R. PIVELLO y S.T. MEIRELLES
2008 Comparing methods for sampling large and medium-sized mammals: camera traps and track plots. *European Journal of Wildlife Research* 54: 739-744. doi: 10.1007/s10344-008-020-8.
- MANN, G.
1978 Los pequeños mamíferos de Chile: marsupiales, quirópteros, edentados y roedores. *Gayana: Zoología (Chile)* 40: 1-342.
- MILLER, S.D. y J. ROTTMANN
1976 Guía para el reconocimiento de mamíferos chilenos. Editorial Gabriela Mistral. Santiago, Chile. 200 p.
- MITTERMEIER, R.A., N. MYERS, P. ROBLES-GILL y C.G. MITTERMEIER
1999 Hotspots: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. Cemex, Conservation International y Agrupacion Sierra Madre, Monterrey, México. 431 pp. ISBN 9-686-39-758-2.
- MITTERMEIER, R.A., P. ROBLES GIL, M. HOFFMANN, J. PILGRIM, T. BROOKS, C.G. MITTERMEIER, J. LAMOREUX y G.A. DA FONSECA
2005 Hotspots Revisited: Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions. Conservation International. 392 pp. ISBN 9789686397772.
- MYERS, N., R.A. MITTERMEIER, C.G. MITTERMEIER, G.A.B. DA FONSECA y J. KENT
2000 Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.
- MELO, G.L., J. SPONCHIADO y N.C. CÁCERES
2012 Use of camera-traps in natural trails and shelters for the mammalian survey in the Atlantic forest. *Iheringia, Série Zoologia (Brazil)* 102 (1): 88-94. doi: 10.1590/S0073-47212012000100012
- MUÑOZ, A. y J.L. YÁÑEZ (Eds.)
2009 Mamíferos de Chile. Segunda edición, CEA Ediciones. 571 pp. ISBN 95672779-06-3.
- NAPOLITANO, C.
2011 Filogeografía, inferencia demográfica y genética de la conservación del felino *Leopardus guigna* en el sur de Sudamérica. Tesis Doctoral, Universidad de Chile, Santiago de Chile. 255pp.
- ROVERO, F., T. JONES y J. SANDERSON
2005 Notes on Abbott's duiker (*Cephalophus spadix* True 1890) and other forest antelopes of Mwanihana forest, Udzungwa mountains, Tanzania, as revealed by camera-trapping and direct observations. *Tropical Zoology* 18: 13-23.
- ROWCLIFFE, J.M., J. FIELD, S.T. TURVEY y C. CARBONE
2008 Estimating animal density using camera traps without the need for individual recognition. *Journal of Applied Ecology* 45: 1228-1236. doi: 10.1111/j.1365-2664.2008.01473.x.
- ROZZI, R., J.J. ARMESTO, J.R. GUTIÉRREZ, F. MASSARDO, G.E. LIKENS, C.B. ANDERSON, A. POOLE, K.P. MOSES, E. HARGROVE, A.O. MANSILLA, J.H. KENNEDY, M. WILLSON, K. JAX, C.G. JONES, J.B. CALLICOTT y M.T.K. ARROYO
2012 Integrating Ecology and Environmental Ethics: Earth Stewardship in the Southern End of the Americas. *BioScience* 62 (3): 226-236.
- SADE, S., J. RAU y J.I. ORELLANA.
2012 Dieta del Quique (*Galictis cuja* Molina 1782) en un remanente de bosque valdiviano fragmentado del sur de Chile. *Gayana* 76 (2): 112-116.
- SANDERSON, J., M.E. SUNQUIST y A.W. IRIARTE
2002 Natural history and landscape-use of guignas (*Oncifelis guigna*) on isla grande de Chiloé, Chile. *Journal of Mammalogy* 83 (2): 608-613.
- SILVEIRA, L., A.T.A. JÁCOMO y J.A.F. DINIZ-FILHO
2003 Camera trap, line transect census and track surveys: a comparative evaluation. *Biological Conservation* 114: 351-355. doi: 10.1016/S0006-3207(03)00063-6.
- SIMONETTI, J.A. y R.D. OTAÍZA
1982 Ecología de micromamíferos de Chile central: una revisión. *Publicación Ocasional, Museo Nacional de Historia Natural (Chile)* 38: 61-103.

SRBEK-ARAUJO, A.C. y A. GARCIA CHIARELLO

2005 Is camera-trapping an efficient method for surveying mammals in Neotropical forests? A case study in southeastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 21 (1): 121-125. doi: 10.1017/S0266467404001956.

TOBLER, M.W., S.E. CARILLO-PERCASTEGUI, R. LEITE PITMAN, R. MARES y G. POWELL

2008 An evaluation of camera traps for inventorying large and medium sized terrestrial rainforest mammals. *Animal Conservation* 11 (3): 169-178. doi:10.1111/j.1469-1795.2008.00169x.

VALLADARES, P., M. ESPINOSA, M. TORRES, E. DIAZ, N. ZELLER, J. DE LA RIVA, M. GRIMBERG y A. SPOTORNO

2012 Nuevo registro de *Chinchilla chinchilla* (Rodentia, Chinchillidae) para la región de Atacama, Chile. Implicancias para su estado de conservación. *Mastozoología Neotropical* 19 (1): 173-178.

VINCE, G.

2010 Dams for Patagonia. *Science* 329(5990): 382-385. doi:10.1126/science.329.5990.382.