

Iniciativa Conservación de Especies Amenazadas

Protocolo de Monitoreo del Huemul

(*Hippocamelus bisulcus*)



"Protocolo de seguimiento, monitoreo y sistematización de registros de huemul en la Reserva de la Biosfera Corredor Biológico Nevados de Chillán-Laguna del Laja, regiones de Nuble y Biobío".

Protocolo elaborado por: MMA, FAO y CONAF.



Protocolo de monitoreo Huemul Junio 2022

Iniciativa para la Conservación de Especies Amenazadas, instancia ejecutada por el Ministerio del Medio Ambiente (MMA), implementada por la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), con financiamiento del Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF por su sigla en inglés).

Coordinadora Macrozona Sur
Fabiola Lara Salinas

Edición General
Victoria Valencia Andrade

Edición Técnica
Ana Hinojosa Sáez, CONAF Biobío
Carlos Garcés Letelier, MMA Biobío

Cartografía
Carlos Garcés Letelier
Andrés Jacques Coper

Fotografías
Francisco Méndez Readí
AAVC Huemules de Ñuble, F. Arauco
AAVC Rucamanqui, F. Mininco
Rodrigo López Rübke, ONG Aumén
CONAF

Fotografías portada
AAVC Huemules de Ñuble, F. Arauco

Consultores Técnicos
Patricia Rojas
Paulo Corti
Carlos Riquelme
Nicolás Fuentes

Diseño y Diagramación
Rodolfo Hernández Delgado

Las denominaciones empleadas en estos mapas y la forma en que aparecen presentados los datos no implican, de parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios o zonas marítimas, ni respecto de la delimitación de sus fronteras. © FAO, [año]

La FAO fomenta el uso, la reproducción y la difusión del material contenido en este producto informativo. Salvo que se indique lo contrario, se podrá copiar, descargar e imprimir el material con fines de estudio privado, investigación y docencia, o para su uso en productos o servicios no comerciales, siempre que se reconozca de forma adecuada a la FAO como la fuente y titular de los derechos de autor.

Reservados todos los derechos. Se autoriza la reproducción total o parcial de este documento citando como fuente al Ministerio del Medio Ambiente

Se advierte reconocimiento de la perspectiva de género en la escritura de este manual de protocolo. Sin embargo, durante el desarrollo del contenido pudiesen omitirse ocasionalmente los vocablos las y los con la intención de hacer más fluido el texto.

Concepción, Región del Biobío, Chile, 2022

Este documento es una versión preliminar del texto definitivo que está en proceso de validación por el sistema de publicaciones FAO

Patrocinado por la Iniciativa MMA/FAO/GEF:

“Incorporación de la Conservación y valoración de especies y ecosistemas críticamente amenazados en paisajes productivos de frontera de desarrollo en las regiones de Arica y Parinacota y del Biobío”.

Este documento debe ser citado:

MMA y CONAF, 2022. Protocolo de seguimiento, monitoreo y sistematización de registros de huemul en la Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Laja, regiones de Ñuble y Biobío.

Agradecimientos:

El presente Protocolo fue elaborado gracias a la colaboración de cada una de las instituciones, personas naturales y jurídicas que participaron en los talleres y en la revisión del presente documento.

CONTENIDO

1	Antecedentes actuales	17
1.1.	Presencia actual del huemul en Chile central	20
2	Propuesta de metodologías de seguimiento en huemul	24
2.1.	Tasa de detección del huemul en Nevados de Chillán	28
2.2.	Seguimiento exploratorio	29
	a) Actualizar celdas con registros antiguos:	29
	b) Exploración de nuevos lugares	32
	c). Instalación de cámaras trampa	40
2.3.	Monitoreo permanente	52
2.3.1.	Zonas propuestas para el monitoreo permanente:	53
2.4.	Ficha de terreno	53
2.5.	Otras metodologías de Monitoreo	58
2.6.	Análisis de los datos e informes	58
2.7.	Gobernabilidad de la información	62
3	Referencias	67
4	Anexos	73

TABLAS

Tabla 1. Resumen de priorización de celdas a monitorear según criterios mencionados (ID: Identificación, EOO: extensión de la ocurrencia).

36

ANEXOS

Anexo 1. Participantes en reuniones del grupo interno de expertos, sostenidas entre los meses de julio y septiembre de 2019 en Centro de Semillas de CONAF, Chillán.

73

Anexo 2. Participantes a los dos talleres ampliados para sancionar la propuesta de Protocolo de Monitoreo de huemul sostenidas en Concepción en 2018 y 2019.

74

FIGURAS

Figura 1. Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán - Laguna del Laja, detallando sus áreas núcleo y las Áreas de Alto Valor de Conservación de Empresas Forestales en las regiones de Ñuble y Biobío y el área protegida vecina de Argentina.....	21
Figura 2. Celdas de presencia de huemul en la Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán-Laguna del Laja.....	25
Figura 3. Clasificación de celdas según antigüedad de registros de huemul en la Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán-Laguna del Laja.....	33
Figura 4. Priorización de monitoreo de las 16 celdas con información de presencia de huemul mayor a 10 años.....	37
Figura 5. Celdas priorizadas para ser visitadas y confirmar/descartar la presencia de huemul por estar a menos de 2 km de celdas con presencia y contener hábitat para huemul.....	41
Figura 6. Celda con cinco cámaras para monitoreo exploratorio; cada círculo simboliza una cámara trampa. El círculo rojo tiene por función aumentar la probabilidad de detección de huemules.....	45
Figura 7. Representación de cómo direccionar las cámaras en los sitios de instalación a) Instalación en sitio de alimentación y b) instalación en camino o senderos de los animales.....	48
Figura 8. Descripción de (a) el emplazamiento del contenedor del atractor para huemul y ubicación del contenedor en relación al campo de detección de una cámara trampa.....	49
Figura 9. Grilla de 20 cámaras para monitoreo permanente. Los puntos son cámaras trampa, siendo los puntos en rojo, lugares centrales del sitio de interés a monitorear.....	54

INTRODUCCION

La población del huemul (*Hippocamelus bisulcus*) de los Nevados de Chillán-Laguna de Laja, corresponde al último y único remanente de la distribución de la especie en Chile central.

Esta población, se distribuye entre el río Perquillauquén en la región de Ñuble y el río Laja, en la región del Biobío. Es la población con mayor riesgo de extinción en su rango de distribución, debido a su bajo tamaño poblacional (menos de 100 ejemplares), fragmentación de su población y al aislamiento geográfico (de más de 400 km) con la población más cercana, al sur, ubicada en el Parque Nacional Nahuel Huapi, Argentina.

Si bien, desde 2011, la población se encuentra resguardada por la Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán-Laguna del Laja y por las Áreas Silvestres Protegidas del Estado (Figura 1), uno de los principales desafíos de conservación, es proteger su hábitat fuera de las Áreas Protegidas, en la frontera de desarrollo, es decir, sitios con presencia actual o potencial de huemul donde se llevan a cabo actividades productivas, las cuales pueden ser o

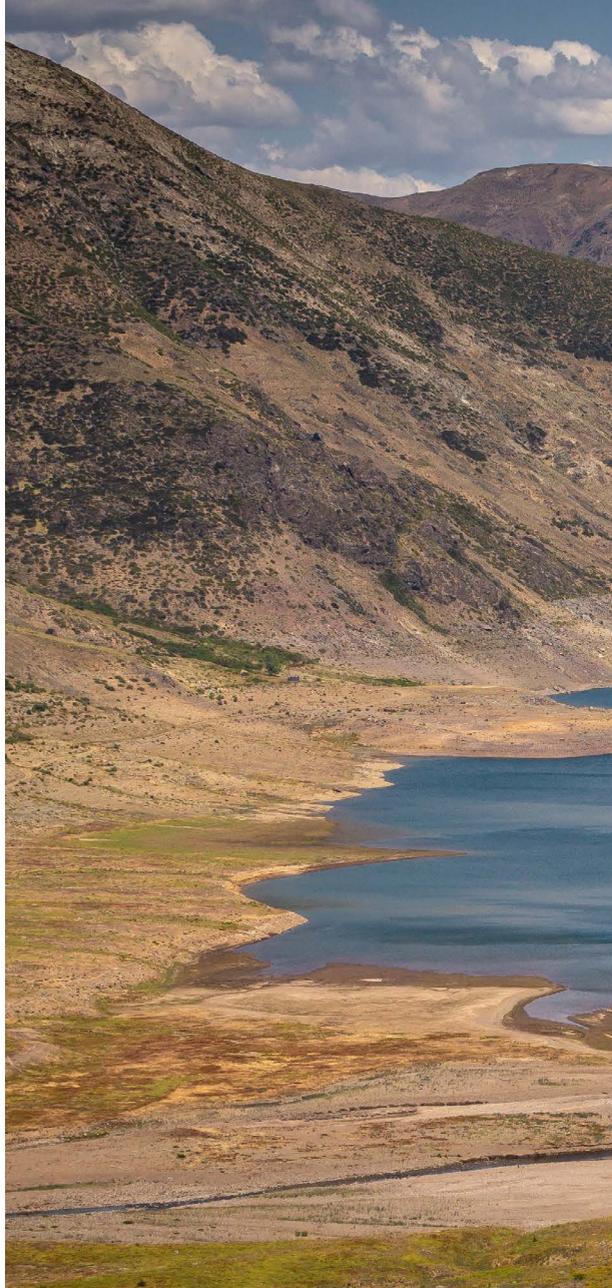
no compatibles con la conservación de la especie.

Por lo anterior, es de vital importancia llevar a cabo gestiones para la conservación del huemul en el largo plazo en las fronteras de desarrollo de Chile central, para así, asegurar la conservación y conectividad de la población del huemul, que favorezcan el flujo genético y la resiliencia de la especie.

El presente Protocolo reúne los esfuerzos públicos y privados por la conservación del huemul en Chile central, expresado a través de la compilación de valiosos registros de huemul en la zona en los últimos 20 años, datos que fueron espacializados y analizados en este documento, para presentar una serie de propuestas de priorización de los futuros esfuerzos de monitoreo de la especie, y con esto contribuir a la toma de decisiones, gestión y conservación del huemul en el largo plazo, y de forma más objetiva al cumplimiento de las metas establecidas en su Plan de Recuperación Conservación y Gestión (Plan RECOGE).

Este trabajo fue coordinado por el Ministerio del Medio Ambiente y la Corporación Nacional Forestal, en el marco de la Iniciativa “Incorporación de la Conservación y valoración de especies y ecosistemas críticamente amenazados en paisajes productivos de frontera de desarrollo en las regiones de Arica y Parinacota y del Biobío”, consensuado con un grupo de profesionales del ámbito público y privado relacionados directa o indirectamente con el huemul y su monitoreo en la zona (Anexo 1 y 2), implementado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), ejecutado por el Ministerio del Medio Ambiente (MMA), y financiado por el Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF por su sigla en inglés).

Contar con esta guía, es una muestra concreta del trabajo constante que se ha realizado en el territorio desde la década de los ´70 en favor de la conservación del huemul, pues se realizó un ejercicio técnico, incorporando las visiones de expertos, permitiendo contar con una mirada integradora del camino que se sugiere recorrer en favor de esta emblemática especie.





Sector Puntilla de Chillán, Laguna del Laja. Fotografía: Francisco Méndez Readí

I. ANTECEDENTES ACTUALES

La población de huemul (*Hippocamelus bisulcus*) que habita en Los Nevados de Chillán-Laguna del Laja, ha sido objeto de monitoreo/seguimiento durante las últimas cuatro décadas por diferentes instituciones, tanto públicas como privadas, entre ellas destacan, la Corporación Nacional Forestal, CONAF, y el Comité Nacional Pro Defensa de la Flora y Fauna, CODEFF, en las Áreas Silvestres Protegidas públicas y privadas de esta zona, así como lo propio hecho por las empresas forestales Arauco y CMPC, en sus Áreas de Alto Valor de Conservación (AAVC), generándose una valiosa base de datos, que hasta el 2000, correspondían en su mayoría a registros indirectos de la especie, obtenidas a través de prospecciones^a pedestres. A partir del 2010, se incorporó el método de fototrampeo en estas áreas, lo cual permitió obtener valiosos registros fotográficos y de video del huemul.

Sin embargo, cada institución/empresa ha llevado a cabo sus seguimien-

tos con diversas metodologías en base a los lineamientos y objetivos propios de cada uno de ellos, dificultando la sistematización, homologación, disposición y evaluación de toda esta información. Por esta razón en el presente documento, se realiza una sistematización estandarizada de todos los registros de huemul en la Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Laja (RB-CBNvCH-LL) para las regiones de Ñuble y Biobío (Figura 1) y con ello se propone una priorización de zonas a monitorear en el futuro, con sus metodologías respectivas.

La distribución del huemul en Chile central, coincide casi en su totalidad con los límites de La Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Laja, la cual posee una superficie de un poco más de 560.000 ha, y está ubicada en la Cordillera de Los Andes en las regiones de Ñuble y Biobío. Incluye ocho comunas, tres Áreas Protegidas del Estado, una privada y dos Áreas de Alto Valor de Conservación (AAVC) de empresas forestales (Figura 1). Ecológicamente, esta área se encuentra en un área de transición,





Monitoreo en la parte alta sector Puntilla de Chillán, Laguna del Laja. Fotografía: Francisco Méndez Readi

entre los ecosistemas de la ecorregión del bosque esclerófilo de Chile central y del bosque templado austral. Es una zona relevante en términos de biodiversidad, ya que posee un alto nivel de endemismo y diversidad de especies. Por otra parte, la RCBNVCH-LL presenta un alto nivel de amenaza, al poseer una alta densidad de población humana y de fragmentación ambiental, debido a intervenciones del paisaje para la agricultura, la ganadería y la silvicultura intensiva¹.

1.1. Presencia actual del huemul en Chile central

El presente trabajo cuenta con una línea base de más de 300 puntos de registros de huemul, que corresponden a datos publicados en 2018² y actualizados a la fecha por monitoreos permanentes de CONAF, Forestal Mininco y Forestal Arauco, más programas de seguimiento ambiental de proyectos los proyectos de inversión ingresados al Sistema de Evaluación Ambiental (SEIA) y que cuentan con Resolución Ambiental. Estos registros

abarcan desde avistamientos, fotografías y/o videos (cámaras convencionales y cámaras trampa), hasta registros indirectos como huellas, heces, echaderos, ramoneo, pelos, marcaje de ramas y otros.

Previo a espacializar estos registros, y siguiendo las recomendaciones de la UICN³ (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza), se confeccionó una grilla estandarizada con celdas de 4km², y un código de identificación individual de cada una, que mezcla letras y números. Esta grilla está formada por un total de 1.063 celdas, las que abarcan todo el hábitat idóneo^b para el huemul al interior de la RCBNVCH-LL⁴ (Anexo 3).

Esta forma de espacializar los registros, es utilizada internacionalmente para evaluar el estado de conservación de especies silvestres. Esto, ya que facilita el cálculo de dos valores, uno, el “área de ocupación”, que es el área que efectivamente ocupa la especie dentro de su rango de distribución general y se obtiene al sumar la superficie de todas las celdas con presencia actual. En este caso la espacialización de los registros de huemul,

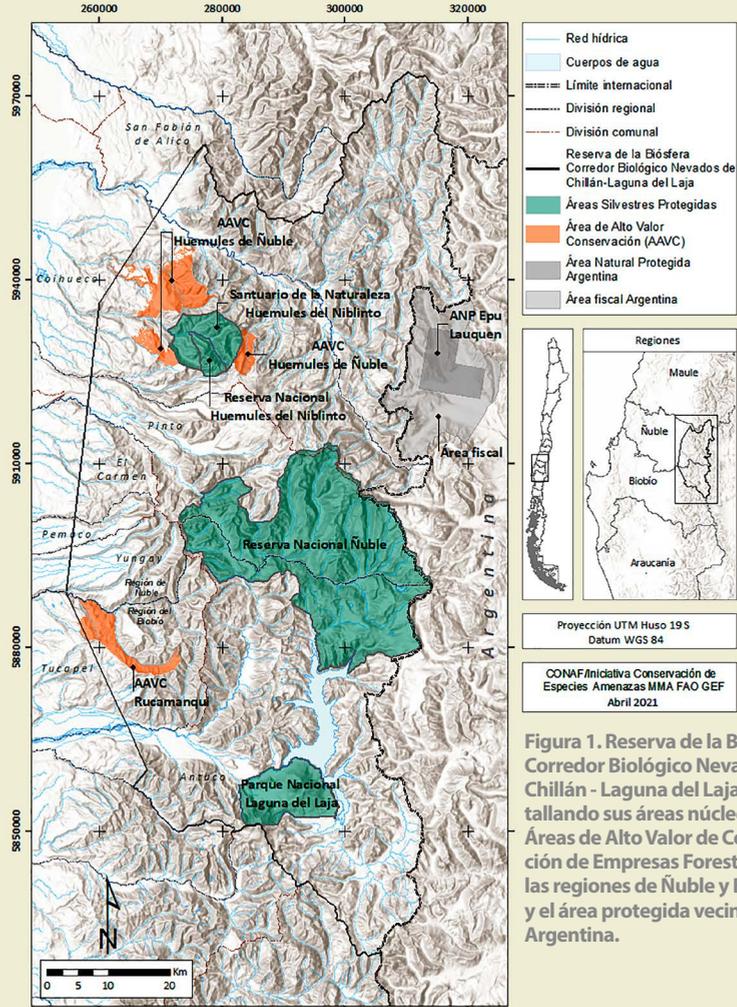


Figura 1. Reserva de la Biosfera Corredor Biológico Nevados de Chillán - Laguna del Laja, detallando sus áreas núcleo y las Áreas de Alto Valor de Conservación de Empresas Forestales en las regiones de Ñuble y Biobío y el área protegida vecina de Argentina.





Huemules juveniles (macho y hembra) fotografiados en sector Paso del Hoyo ubicado a los 2.131 metros de altura en el Área de Alto Valor de Conservación Huemules de Ñuble. Fotografía: F. Arauco

abarcaron en total 113 celdas (Figura 2), lo que significa un área de ocupación para huemul de 452 km².

El segundo valor, es la “extensión de la ocurrencia o presencia” que corresponde al área de distribución general de la especie, esta se obtiene al unir con una línea imaginaria, los puntos más externos de registro de una especie. Esta área generalmente abarca zonas sin registros de la especie en el interior, por lo que da una superficie mayor al área de ocupación. El área de extensión de la ocurrencia para el caso del huemul de 681 km²³.

2. PROPUESTA DE METODOLOGÍAS DE SEGUIMIENTO EN HUEMUL

El huemul es un ciervo de bosque y montaña, de hábitos territoriales que limita su movilidad espacial⁵. A diferencia de otras especies de ciervo que habitan zonas planas y abiertas, que pueden ocupar y recorrer extensas áreas en un corto período de tiempo, el huemul tiende a utilizar sólo una fracción de las zonas disponibles, recorriendo

las mismas zonas continuamente⁶. Los desplazamientos en el espacio podrían variar ampliamente en las zonas montañosas de Chile central, donde las diferencias de humedad del ambiente generarían que la vegetación de mayor índice nutricional sea escasa y se concentre principalmente en los lugares donde se mantiene la humedad (e.g. alrededores de cuerpos de agua y humedales)⁷. Sumado a lo anterior, las observaciones de huemul en el área de monitoreo (e.g. CONAF y las empresas forestales de la región), sugieren que la densidad de huemules es particularmente baja. Debido a sus limitaciones de movimiento y la probable baja densidad en la zona central de Chile, lograr que las cámaras trampa detecten huemules en este lugar, se convierte en un gran desafío.

Las cámaras trampa han demostrado ser una herramienta efectiva para el monitoreo de vida silvestre, por lo que su uso es cada vez más común a nivel mundial^{8,9}. Su ventaja es que, una vez instaladas, permiten monitorear continua y remotamente la presencia de especies y/o comunidades de animales objetivo, sin

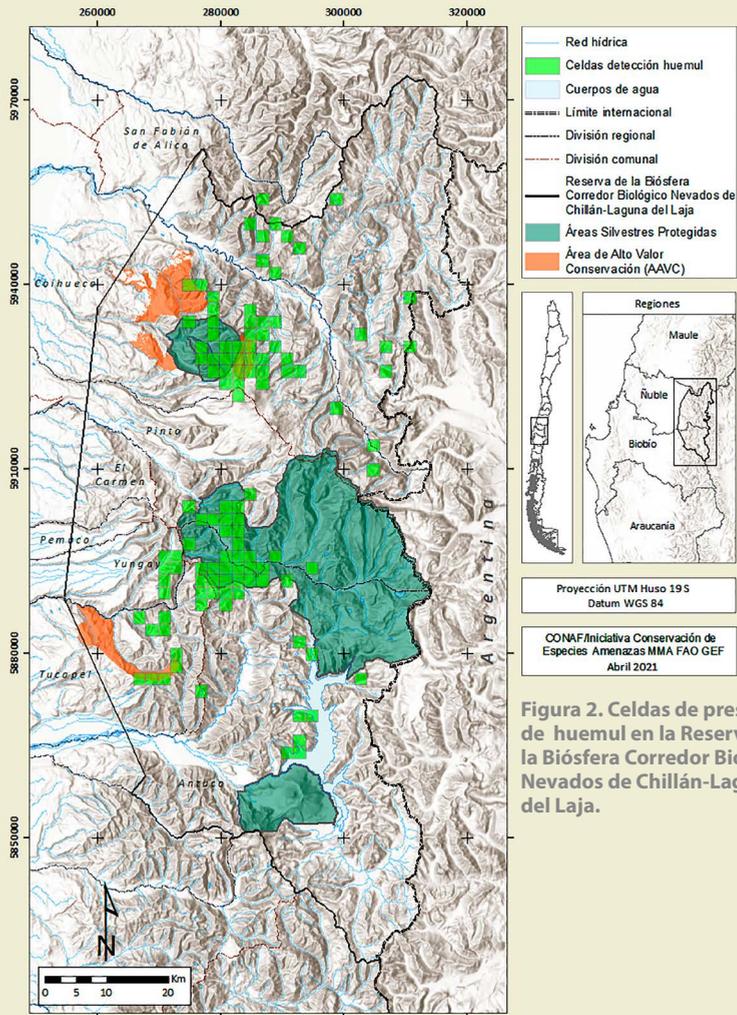


Figura 2. Celdas de presencia de huemul en la Reserva de la Biosfera Corredor Biológico Nevados de Chillán-Laguna del Laja.



Huemul macho, Reserva y Santuario Los Huemules del Niblinto. Fotografía: CONAF



la necesidad de que un observador esté presente para detectar a los individuos. Las cámaras trampa permiten aumentar la probabilidad de detección de especies, en especial de aquellas que son difíciles de monitorear, ya sea porque tienen baja densidad poblacional, son de hábitos principalmente nocturnos o bien porque deliberadamente evitan el contacto con seres humanos¹⁰. La información obtenida a través de cámaras trampa, puede utilizarse tanto para monitorear la presencia de una especie objetivo en un área determinada, como también para monitorear su conducta, horarios de actividad, preferencia de hábitat, y abundancia local a lo largo del tiempo^{11,12}. Además, considerando las características del hábitat (e.g. tipo de vegetación, actividades humanas, presencia de cuerpos de agua y altitud) y del clima (e.g. estación del año, precipitaciones, temperatura promedio) de las zonas donde las cámaras son instaladas, se pueden elaborar modelos de uso de hábitat y de distribución de especies^{13,14}.

Considerando la oportunidad que otorgan las cámaras trampa para monitorear fauna, en el presente informe se

presentan recomendaciones para minimizar sus limitantes y maximizar su éxito en el monitoreo del huemul de la zona central de Chile. Además, se proponen dos metodologías de seguimiento de estas poblaciones: la primera para fines exploratorios, que ayuden a identificar nuevas zonas con presencia de este ciervo o no exploradas por diez o más años; y la segunda para monitorear poblaciones ya identificadas para establecer patrones de uso de hábitat, distribución y demográficos^{15,16}.

2.1. Tasa de detección del huemul en Nevados de Chillán

La tasa de detección de una especie, es la probabilidad de que un individuo de esa especie, sea registrada durante un periodo determinado de observación^{15,16}. Este índice es importante de conocer para ajustar la tasa de ocupación, definida como la proporción de un área en la que la especie está presente¹⁶. Para el caso del huemul en Chile central, este valor se calculó a través de los datos de seguimiento de cámaras trampa, realizados por CONAF y las empresas forestales Arauco y CPMC, procesando datos entre los años 2011 y 2017. Las cámaras

en promedio demoraron 41 ± 37 días (promedio \pm desviación estándar) en registrar el primer huemul luego de su instalación, variando esta detección desde un rango de tiempo mínimo de 1 día a un máximo de 173 días.

Es importante recalcar que el tiempo de detección que se obtuvo en estos monitoreos, debe ser observado y usado con cautela, ya que podría estar sesgado por el diseño de monitoreo. Siendo importante considerar que este valor será sólo referencial y debe volver a calcularse una vez se realice un estudio con un diseño estadístico adecuado y sistemático. Considerando lo anterior, la **tasa de detección** para el huemul en Chile central es de **$0,21 \pm 0,11$** (promedio \pm desviación estándar).

A continuación, se proponen dos metodologías de seguimiento, la primera, que ayude a actualizar información actual e identificar nuevas zonas con presencia de este ciervo (seguimiento exploratorio), y la segunda, para grupos de huemules ya identificadas en el largo de tiempo (monitoreo

permanente) para así, poder establecer patrones demográficos, de uso de hábitat y distribución. Para ambas metodologías, la unidad de muestreo básico será la celda de 4 km^2 de la grilla estandarizada mencionada en párrafo 1.1.

2.2. Seguimiento exploratorio

El objetivo de este seguimiento es actualizar permanentemente el mapa de presencia de huemul (Figura 2), ya sea visitando celdas con registros antiguos para su actualización, o explorando áreas nuevas. Para esto se propone lo siguiente:

a) Actualizar celdas con registros antiguos:

Para actualizar la información en aquellas celdas con registros más antiguos, se agruparon y diferenciaron los registros de huemul de la siguiente manera:

- Celdas verdes: incluye datos de hasta 5 años de antigüedad (entre 2020 y 2016).



Huemules juveniles (hembra y Macho) acompañados por la hembra adulta (madre) en Paso del Hoyo en el Área de Alto Valor de Conservación Huemules de Ñuble. Fotografía: F. Arauco



- Celdas amarillas: incluye datos de 6 a 10 años de antigüedad (entre 2015 y 2011).

- Celdas naranjas: incluye datos de 11 a 15 años de antigüedad (entre 2010 y 2006).

- Celdas rojas: incluye datos de más de 16 años de antigüedad (desde 2005 hacia atrás).

Según esta clasificación, actualmente las 113 celdas con registros de huemul se agrupan en 34 verdes, 46 amarillas, 24 anaranjadas y 9 rojas (Figura 3).

Dada la alta cantidad de celdas con registros antiguos (naranjos y rojos), se realizó una segunda priorización de las 33 celdas, basado en los siguientes criterios:

- Priorizar las celdas más antiguas en orden descendente.

- Priorizar para el monitoreo aquellas celdas de ubicación crítica, es decir, aquellas celdas aisladas y en extremos de la distribución del huemul, que, de no existir nuevos registros, disminuirían los valores que miden el estado

de conservación de la especie (área de ocupación y extensión de la ocurrencia).

Sobre la base de lo anterior, las 33 celdas se priorizaron en base a: antigüedad del registro, ubicación extrema de la distribución del huemul y estar aisladas (Tabla 1).

De estas 33 celdas, cuatro se ubican en la región de Biobío (Figura 4), de las cuales, la priorizada fue la celda 44-K (Tabla 1), ya que las otras tres (dos rojas y una naranja) fueron visitadas en 2020, no detectando huemules, razón por la cual mantienen el color mismo color, pero se muestran achuradas (Figura 4).

b) Exploración de nuevos lugares

Para enriquecer el actual mapa de presencia de huemul, es relevante avanzar con la información en aquellas zonas (celdas) que no cuentan con antecedentes de la presencia de huemul a la fecha, descartando aquellas celdas que han sido prospectadas pero que no han detectado a la especie.

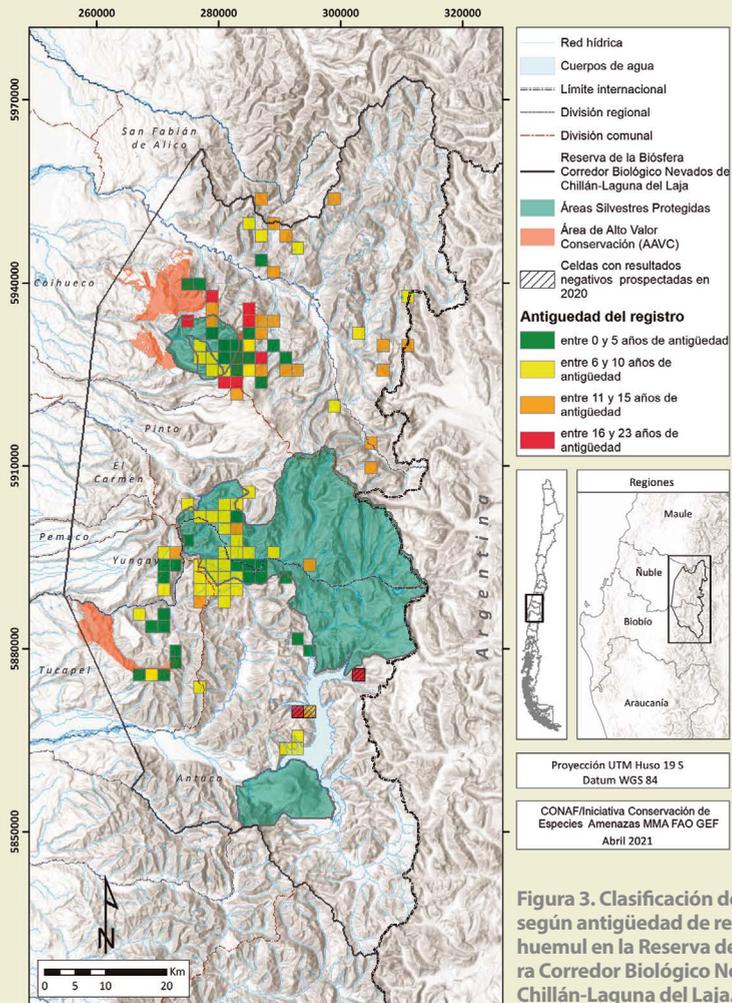


Figura 3. Clasificación de celdas según antigüedad de registros de huemul en la Reserva de la Biosfera Corredor Biológico Nevados de Chillán-Laguna del Laja.



Huemul hembra sector Quebrada frente a Refugio a 1.296 metros de altura en el río Santa Gertrudis en el Área de Alto Valor de Conservación Huemules de Ñuble. Fotografía: F. Arauco



Para esto, se sistematizó la información de instituciones públicas y privadas que han realizado prospecciones o instalación de cámaras trampa para huemul:

CONAF, CODEFF, AUMEN, de las empresas Forestales Arauco y CMPC, así como en líneas de base de proyectos de inversión localizados en el territorio de estudio.

Tabla 1. Priorización decreciente de celdas para el monitoreo según antigüedad del último registro de huemul y la ubicación de la celda.

Código de celda	Año del registro	Celda de ubicación extrema	Celda aislada
19-L	1997		
20-N	1997		
21-N	1997		
21-J	1998	X	
26-M	2004		
26-N	2004		
24-O	2005		
31-X	2007	X	X
33-X	2007	X	X
23-AA	2007	X	
25-Y	2007	X	
41-S	2007	X	
25-Q	2007		
11-U	2008	X	X
11-O	2008	X	
13-P	2008		
14-Q	2008		
17-P	2008		
21-O	2008		
21-P	2008		
20-L	2009		
21-L	2009		
38-N	2009		
40-I	2009		
44-K	2009		
22-O	2010		
23-Y	2010		
25-O	2010		
25-R	2010		
27-N	2010		
53-R	2004		
53-S	2009		
50-W	2005	X	X

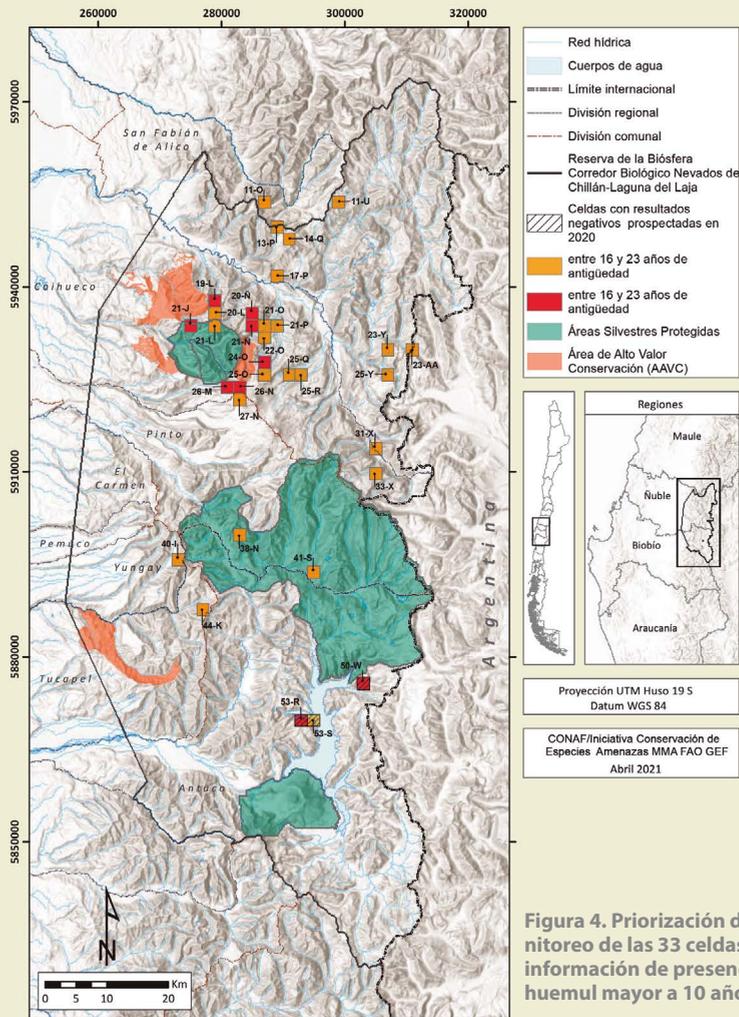


Figura 4. Priorización de monitoreo de las 33 celdas con información de presencia de huemul mayor a 10 años.



Huemul hembra, sector La Mancha, Laguna del Laja. Fotografía: Francisco Jara



Finalmente, se complementó esta información con consulta a los siguientes guardaparque e investigadores: Eladio Ramírez (Guardaparque CONAF), Rodrigo López (ONG AUMEN) y Anthony Povilitis (Life Net Nature), todos con más de 15 años de experiencia en el monitoreo de la especie. En este paso se contabilizaron un total de 146 celdas que han sido visitadas, pero no detectaron la especie, por lo que, quedarían un total de 826 celdas por visitar para descartar o confirmar presencia de huemul ya que están ubicadas en hábitat idóneo para la especie.

Dado que es un gran número de celdas, se realizó una priorización de celdas a visitar, en relación a su cercanía a celdas con registro de huemul (2 km o menos), esto para aumentar las probabilidades de registrar la especie. Con este ejercicio, un total de 308 celdas fueron priorizadas (Figura 5).

c) Instalación de cámaras trampa

Debido al limitado uso del espacio por el huemul⁶, su baja densidad en la zona⁷ y el limitado campo de detección que poseen las cámaras, se recomienda maximizar la probabilidad

de detección de los huemules a través de:

c.1) Búsqueda activa de evidencia de huemul:

El uso de cámaras trampa debe ser complementado con la prospección pedestre, por lo que se recomienda realizar búsqueda activa de presencia de huemul tanto directa como indirecta (heces, huellas, pelos y astas), tanto al momento de instalar, como al revisar o retirar las cámaras trampa.

c.2) Ubicación espacial de las cámaras:

El observador, una vez en el área a prospectar, deberá enfocarse en identificar los posibles lugares dentro de ese sitio que podrían ser utilizados por el huemul, ya sean para desplazarse o alimentarse, realizando una búsqueda activa de senderos/caminos de los animales e indicadores de presencia, según lo indicado en punto anterior. Si el sitio seleccionado se presume como un área de alimentación, con vegetación que se haya registrado como parte importante de su dieta y/o acceso al agua, se debe

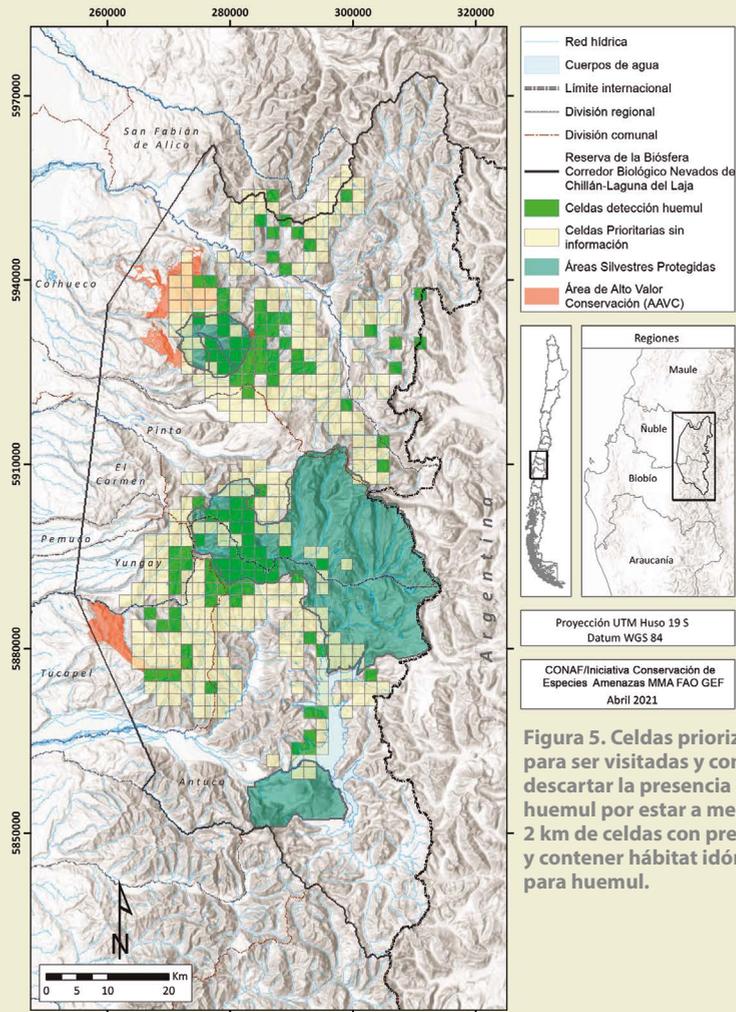


Figura 5. Celdas prioritizadas para ser visitadas y confirmar/descartar la presencia de huemul por estar a menos de 2 km de celdas con presencia y contener hábitat idóneo para huemul.



Huemul hembra en invierno en sector río Santa Gertrudis a 1.296 metros de altura, en Área de Alto Valor de Conservación Huemules de Nuble. Fotografía: F. Arauco



procurar que las cámaras estén direccionadas a los accesos del sitio o lugares de paso dentro de éstos y no transversales a ellos. En el caso particular de las cámaras instaladas en posibles senderos de los animales, se recomienda que estas se instalen sobre esos senderos y que las cámaras se direccionen a lo largo del camino^{17, 18}. En ambos casos, direccionar las cámaras hacia los accesos y a lo largo de caminos permitirá que el equipo tenga mayor tiempo para detectar y capturar a los individuos que circulen delante de ella, ya que éstos podrán ser detectados a medida que se acerquen o alejen de la cámara. Direccionar las cámaras de esta manera, también permitirá aumentar la probabilidad de obtener imágenes de cuerpo completo de los individuos, lo que aumentará la probabilidad de que estos puedan ser identificados posteriormente¹⁸.

Cada celda de la grilla, es una unidad de trabajo independiente, por lo que la cantidad de cámaras a ocupar para este trabajo se limita sólo a indicar el número a instalar simultáneamente dentro de una misma celda.

Aclarado lo anterior, se recomienda utilizar un mínimo de cinco cámaras dentro de una misma celda. Éstas deben estar instaladas en una zona que se identifique como hábitat de huemul, tanto por una persona con experiencia, como por los modelos de distribución de hábitat ya antes descritos. Cuatro de las cámaras se instalarán separadas por 500 metros entre sí formando un cuadrante de $0,25 \text{ km}^2$, distancia mínima de separación para asegurar independencia entre las cámaras¹⁹. La quinta cámara se instalará en el centro del cuadrante generado. La función de la quinta cámara, es solo aumentar la probabilidad de detección de individuos, sin importar la independencia entre equipos. Si se decide instalar más cámaras, se recomienda que éstas se instalen fuera del cuadrado ya formado y separadas por 500 m, siguiendo la propuesta ya descrita (Figura 6).

Otras consideraciones a tomar en cuenta, al momento de instalar las cámaras trampas, es evitar que éstas se orienten en dirección al sol y procurar

que este se mantenga en todo momento detrás del campo de detección de la cámara o a su costado¹⁷ (Figura 7). Así, se disminuirán las imágenes con alto contraste o que la cámara se active sólo por la acción y movimiento del sol. De igual forma, se recomienda evitar que la cámara sea direccionada hacia superficies con alta reflectancia, como rocas, agua o nieve, ya que estas superficies también aumentan el contraste en las

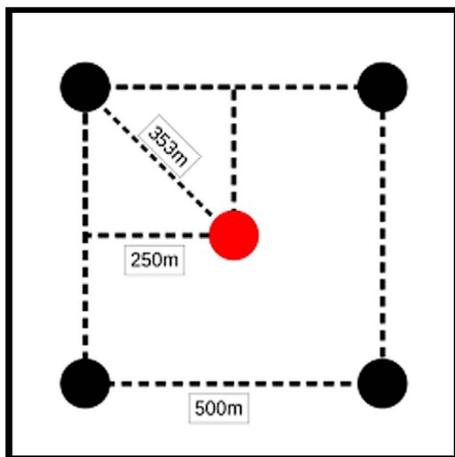


Figura 6. Celda con cinco cámaras para monitoreo exploratorio; cada círculo simboliza una cámara trampa. El círculo rojo tiene por función aumentar la probabilidad de detección de huemules.

imágenes y podrían activar la cámara sin que un animal se encuentre presente^{17,18}.

Considerando que el monitoreo se realizará en áreas con precipitación en forma de nieve, se recomienda que las cámaras se instalen a 1,2 a 1,5 m de altura, para evitar que quede cubierta. Además, siempre se debe remover la vegetación herbácea y pequeñas leñosas que estén en el campo de detección de la cámara, ya que podrían entorpecer su visibilidad y activarla debido al movimiento provocado por el viento.

c.3) Período de actividad de una cámara

Considerando la baja tasa de detección del huemul en Chile central, ligado a las características de la ecología y patrones demográficos de sus poblaciones y considerando la estacionalidad del área de trabajo, con inviernos fríos y veranos secos y calurosos, lo que podría estar generando un posible movimiento estacional del huemul, se recomienda que las cámaras se instalen un período mínimo de seis meses, tres meses durante el período estival y tres meses durante el período invernal.



Huemul macho juvenil en sector El Elefante en el Área de Alto Valor de Conservación Rucamanqui, Región del Biobío. Fotografía: F. Arauco



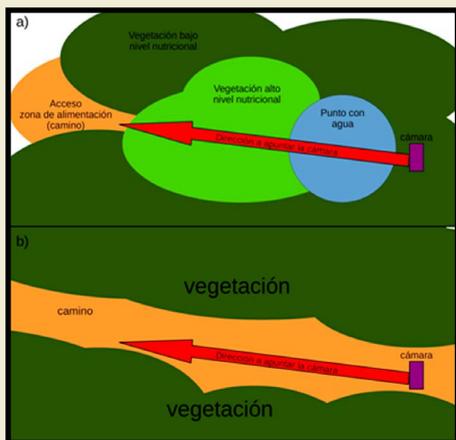


Figura 7. Representación de cómo direccionar las cámaras en los sitios de instalación a) Instalación en sitio de alimentación y b) instalación en camino o senderos de los animales.

c.4) Utilización de cebo para atraer huemules al campo de detección

Para aumentar la probabilidad de detección del huemul en sitios de exploración, es recomendado el uso de cebos para atraerlos al campo de detección de la cámara, así los individuos que pudieran encontrarse en los alrededores pueden ser detectados y fotografiados¹⁷. En este caso, el cebo recomendado son los concentrados de alfalfa y maíz, ya

que han demostrado ser efectivos para atraer ciervos²⁰.

No se recomienda el uso de orina de ciervo, ya que el huemul es territorial⁵ y podría producirse un efecto contrario a la atracción al sitio. El uso de bloques de sal, si bien han demostrado ser efectivo para atraer distintas especies de ungulados hacia cámaras trampa²¹ su uso no se recomienda, ya que se podrían convertir en focos de transmisión de enfermedades entre el huemul y el ganado doméstico²².

Considerando que la exposición a la humedad podría deteriorar los concentrados de alfalfa o maíz, se sugiere que éstos se mantengan dentro de un contenedor metálico o plástico con agujeros (e.g. tarro café o leche con orificios) que permita su aireación para mantenerlo fresco y seco, y para que el cebo no esté en contacto directo con el suelo (Figura 8a). Para evitar el contacto con el suelo se recomienda utilizar un trozo de metal (e.g. barras de hierro estructural), de 10 mm de diámetro y curvado, donde ambos extremos se fijen al suelo, así el contenedor con el con-

centrado o cebo se mantiene en la parte central y más alta. La altura recomendada para mantener el contenedor, debería fluctuar entre 20-30 cm del suelo. Para evitar que el contenedor del concentrado de alfalfa se deslice hacia uno de los extremos de la estaca y entre en contacto con el suelo, se recomienda utilizar alambre que lo fije a la altura recomendada. Para aumentar la probabilidad de obtener

una fotografía de cuerpo completo de los individuos detectados, y así facilitar su identificación, también se recomienda que el atractor se localice a 2 ó 3 m de distancia de la cámara (Figura 8b). Los atractores de concentrados como alfalfa o maíz, tienen un alcance espacial limitado, siendo útiles sólo para asegurar que los individuos que pasan cerca de la cámara entren al campo de detección²³.

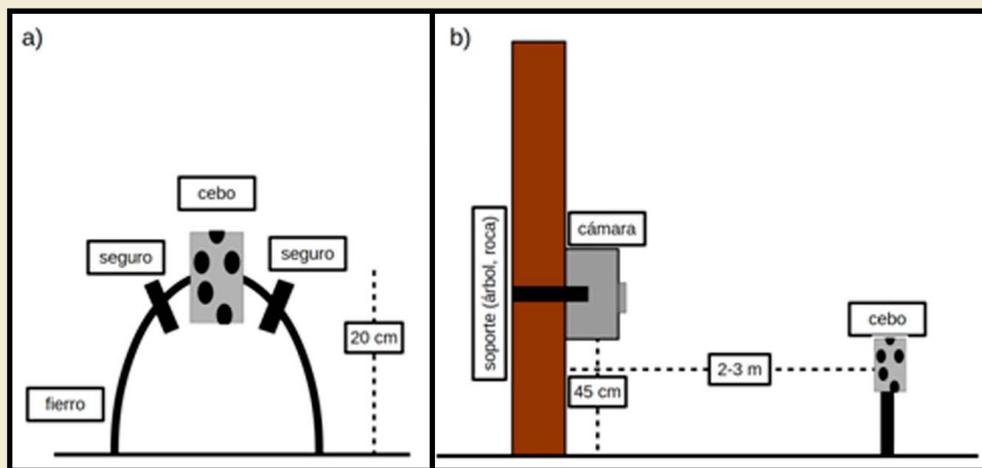


Figura 8. Descripción de (a) el emplazamiento del contenedor del atractor para huemul y ubicación del contenedor en relación al campo de detección de una cámara.



Huemul hembra en verano sector Paso del Hoyo en Área de Alto Valor de Conservación Huemules de Ñuble. Fotografía: F. CMPC



Para las áreas de monitoreo permanente (siguiente punto), se debe tomar la decisión conjunta entre todos los actores involucrados, sí se usarán o no.

2.3. Monitoreo permanente

El monitoreo permanente de huemul se propone realizarlo en zonas que ya han sido monitoreadas por un periodo largo de tiempo.

Se propone utilizar cámaras instaladas en forma de grilla con celdas más pequeñas, y que éstas se mantengan activas durante un largo periodo de tiempo, ya que esto permitirá poder obtener información no solo de presencia de huemules, sino también de cambios estacionales y anuales en la población²⁴, de preferencias de hábitat, variables que afectan a la ocupación del espacio, movimientos de los individuos, abundancia mínima de la población, y eventualmente estimar tamaños poblacionales para cada una de las áreas estudiadas²⁵.

Estas zonas permitirán monitorear el estado de conservación del huemul en Nevados de Chillán y así,

estar preparados para eventuales amenazas generadas por la acción humana, incluido el cambio climático²⁶.

a) Estimación de abundancia de huemul con cámaras trampa

Aunque mediante el uso de cámaras trampa se podrá estimar la abundancia de huemul en las áreas de monitoreo²⁵, debe considerarse que los resultados de abundancia no serán extrapolables a otras áreas. Es decir, las estimaciones que se realicen sólo reflejarán el tamaño poblacional de huemul en el área monitoreada.

Para estimar abundancia y variaciones en la dinámica de la población, se recomienda que las cámaras estén activas por un mínimo de cinco años continuo; y para evaluar variaciones demográficas de la población se recomienda considerar el doble de años.

En relación a la abundancia, se recomienda trabajar con índices de esta abundancia. La abundancia estimada, se refiere a asumir que el número mínimo de animales distintos detectados en un área de monitoreo sería el tamaño

poblacional mínimo durante el período de muestreo^{10, 25}. Por otro lado, se recomienda utilizar la tasa de detección y tasa de ocupación como indicadores de abundancia en el área de trabajo^{10, 27}. En ambos casos, una disminución, estabilización o aumento de los valores a lo largo del tiempo podría indicar que las poblaciones están disminuyendo, estables o aumentando.

2.3.1. Zonas propuestas para el monitoreo permanente:

Se recomienda realizar un monitoreo de largo plazo en aquellas zonas donde ya se tiene conocimiento de poblaciones residentes de huemules y que son parte de un área de protección y con acceso para trabajar, estas son:

- Reserva Nacional y Santuario de la Naturaleza Los Huemules de Niblinto.
- Reserva Nacional Ñuble.
- El Área de Alto Valor de la Conservación (AAVC) de Rucamanqui de Forestal CMPC.
- El Área de Alto Valor de la Conservación

(AAVC) Huemules de Ñuble de Forestal Arauco.

El monitoreo será con un mínimo de 20 cámaras trampa, dispuestas en una grilla de celdas de 0,25 km². Cada cámara estará separada entre sí por 500 m de distancia¹⁹ y manteniéndose activas todo el año (Figura 9). Luego de dos años, si en alguna de las cámaras se descarta la presencia de huemul, se recomienda evaluar mover esa cámara específica a una nueva posición separada a 500 m de las cámaras más cercanas y respetando la forma de la grilla.

Para el sitio específico dentro de estas áreas de protección, se recomienda que el centro de la grilla se ubique en el lugar donde se han tenido más registros de huemul (círculos rojos, Figura 9).

2.4. Ficha de terreno

Para mantener la toma de datos estandarizada y relativa a la instalación y retiro de cámaras trampa, se presenta una ficha que se debe completar cada vez que se instala un equipo (Anexo 4). Es importante recalcar que

todos los campos de la planilla deben llenarse. De esta forma, se podrá asegurar que todos quienes instalen cámaras trampa están tomando los mismos datos mínimos y de la misma manera. Además se recomienda dejar que la cámara tome una foto/video a la persona que la instala, tanto en el momento de la instalación como en el retiro del equipo, para que quede registrada si la cámara funcionaba efectivamente en ambos períodos.

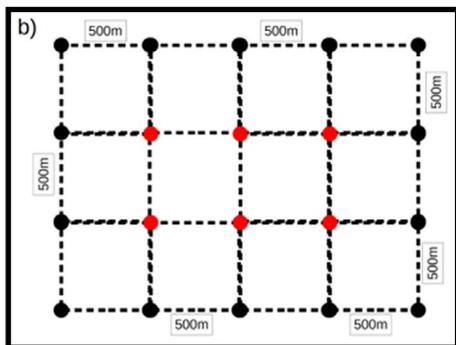


Figura 9. Grilla de 20 cámaras para monitoreo permanente. Los puntos son cámaras trampa, siendo los puntos en rojo, lugares centrales del sitio de interés a monitorear.





Huemul hembra y su cría, cerro El Sol, Reserva Nacional Ñuble .

Fotografía: CONAF



Cámara trampa ubicada en hábitat del huemul en sector Cajón de la Negra en el valle del Estero Lara. Fotografía: Rodrigo López Rübke.



2.5. Monitoreo del SNASPE de CONAF

CONAF mantiene un monitoreo sistemático anual con cámaras trampa en las diferentes unidades del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), es decir, Parques Nacionales, Reservas Nacionales y Monumentos Naturales. Este monitoreo consiste en establecer un mínimo de 60 puntos de muestreo al azar, durante 30 días, con una separación entre puntos de mínimo 500 m y con una frecuencia anual. Este monitoreo comenzaría a realizarse en la Reserva Nacional Ñuble durante 2021.

Es un monitoreo con objetivos de gestión que, además de permitir evaluar la efectividad del manejo del área protegida, permite conocer el estado de la fauna y sus amenazas, mediante la estimación de variables de presencia, distribución y abundancia en el territorio. Por lo que su implementación en SNASPE en Los Nevados de Chillán, será muy relevante ya que aportará información anual de presencia/ausencia de huemul en los puntos monitoreados. Esta información servirá de insumo para el mapa general de presencia de huemul en la zona,

y a largo plazo aportará información relevante sobre el área de ocupación del huemul y su variación temporal.

2.6. Otras metodologías de Monitoreo o toma de datos

Existen otras metodologías o técnicas complementarias a los monitoreos ya descritos, las que deben ser evaluadas con precaución en relación al costo/beneficio:

• Telemetría mediante radio-collares y radio-aretes.

Una metodología ya utilizada en poblaciones patagónicas de huemul, ha sido la telemetría. Sin embargo, esta no es recomendable para estas poblaciones, ya que requiere de capturas para implementar a los animales con los collares y/o aretes, lo que implica tiempos y costos asociados mayores; y los animales en esta área no tienen la misma docilidad de los huemules patagónicos, lo cual imposibilita su captura para lograr un número mínimo de individuos marcados que entreguen estimaciones poblacionales adecuadas²⁸.

- **Estado y condición genética de las poblaciones de huemul:**

Generalmente, las especies En Peligro son afectadas por otras variables (como pérdida de hábitat y sobreexplotación) antes de que los factores genéticos puedan afectarlas. Sin embargo, una baja variabilidad genética puede aumentar la susceptibilidad a enfermedades y reducir la capacidad de adaptación a cambios ambientales²⁹. Entonces, la mantención de un muestreo genético de las poblaciones de huemul, a través de ADN extraído desde heces frescas o tejido de animales muertos, permitiría conocer la condición genética en un momento determinado, posibles consecuencias de la fragmentación del hábitat, reducciones en el número de animales y del posible aislamiento por acciones humanas (e.g., ganadería y urbanización)⁶. Además, como un producto adicional del muestreo de heces de huemul para extraer ADN, esas mismas muestras pueden ser utilizadas para muestreo de posibles enfermedades infecciosas presentes en las poblaciones de huemul (e.g.^{30, 31, 32}).

- **Prospecciones y conteos terrestres:**

Aunque los conteos terrestres a pie, caballo o automóvil, sin una metodología adecuada como el uso de transectos y conteo a distancia carecen de precisión³³, la acumulación de varios años de información (>12 años) pueden entregar información sobre variación en el tamaño de una población en el largo plazo. Este tipo de aproximación ha sido utilizada en el huemul de la región patagónica, donde se pudo asociar el impacto del cambio climático sobre la dinámica poblacional de huemules en los fiordos de las regiones de Aysén y Magallanes²⁶. La mantención de transectos de conteos fijos y representativos de un área, son deseables para monitorear cambios de largo plazo en poblaciones animales como el huemul.

- **Variaciones de la estructura del hábitat mediante LiDAR:**

Esta tecnología de teledetección activa que mediante el uso de un láser ajustado a un vehículo aéreo, permite medir directa y tridimensionalmente, a escala fina, la estructura y masa de la vegetación (i.e., bosques y matorrales) que conforman el



Guardaparque CONAF fotografiando huella huemul. Fotografía: Francisco Méndez Readi.



hábitat de ungulados como el huemul³⁴. Este método permite una rápida estimación de la conformación de un hábitat, en comparación con evaluaciones de campo que requieren mucho trabajo y tiempo, o con la interpretación de fotografías aéreas de la estructura forestal entregando datos cuantitativos finos y no sólo estimaciones³⁵. La estructura de la vegetación es un indicador de biodiversidad, tanto de flora como de fauna, la cual puede ser cuantificada a través de las mediciones del LiDAR, tales como la cobertura y altura del dosel³⁴, tanto a una escala media como a nivel de paisaje³⁶. Se pueden identificar áreas de la vegetación espacialmente explícitas con rasgos estructurales de alto valor para el huemul y la fauna asociada para identificar potenciales corredores y hábitats a proteger³⁴.

2.7. Análisis de los datos e informes

Para estandarizar el análisis y presentación de los resultados de monitoreos tanto exploratorios como permanentes con cámaras trampa, se sugiere organizar y ordenar los datos generados empleando los programas Renamer®, DataOrganize®, y DataAnalyze®, siguiendo la guía de

CONAF³⁷ para este proceso. Cuyo objetivo hará comparable ciertos parámetros, ya sea para huemul o sus amenazas, en relación a indicar al menos los siguientes parámetros:

“Esfuerzo de muestreo (EM)”: Horas o días totales que estuvieron expuestas las cámaras en terreno ($EM = \sum N^\circ \text{ días cámara}$).

“Registros Independientes”: Número de registros de una especie separados por al menos 60 minutos. Se asume que corresponderían a individuos (registros) independientes. El tiempo se debe indicar y este valor es el sugerido en trabajos de este tipo.

“Frecuencia Relativa (FR)”: Es la proporción del total de registros independientes de cada especie v/s el total de registros independientes de todas las especies ($N^\circ \text{ registros independientes sp1} * 100 / N^\circ \text{ registros independientes todas las especies}$).

“Ocupación”: Proporción en que se registra una especie, con relación al total de áreas, celdas o cuadrantes de muestreo monitoreados.

“Superposición de especies”: superposición comparativa de sitios ocupados por dos especies distintas registradas dentro de un mismo cuadrante.

“Riqueza de especies/cuadrante”:

Número de especies registradas en un cuadrante. Se utiliza para determinar aquellos sitios prioritarios de conservar y dirige los esfuerzos de mitigación de amenazas, en ambos casos son los sitios con mayor riqueza.

“Patrón de Actividad”: Agrupa los registros de una especie en segmentos horarios, asociando el mayor número de registros por segmento, con una mayor actividad de la especie.

Además de lo anterior, en los informes es bueno indicar si se realizaron transectos pedestres, y sus resultados si son positivos, indicar coordenada de registro de evidencia indirecta.

Se deben guardar los registros de los transectos digitalmente (en KMZ u otro formato SIG) para confirmar las celdas que abarcó el trabajo en terreno, ya sea con re-

sultados negativos o positivos. En relación con las huellas frescas, estas deben ser medidas para estimar si corresponden a crías, hembras o machos.

2.8. Gobernabilidad de la información

El Ministerio del Medio Ambiente sugiere subir los datos de monitoreo de huemul en forma de celdas a la plataforma Nodo Nacional de Información sobre Biodiversidad GBIF CHILE (siglas de Global Biodiversity Information Facility, que significa Infraestructura Mundial de información sobre Biodiversidad), la cual confiere un acceso libre y gratuito a los datos de biodiversidad.

Por otro lado, en el marco del Plan Recoge de Huemul, el Ministerio de Medio Ambiente, solicitará a través de oficio, los informes de monitoreo de las instituciones que realizan monitoreos sistemáticos de huemul en la zona de los Nevados de Chillán.

Todos los registros de la especie, obtenidos tanto dentro como fuera de los monitoreos propuestos en el presente documento, serán categorizados en las siguientes clases:



Huella de huemul hembra en Reserva Nacional Ñuble. Fotografía: CONAF



Clase 1. Datos que establecen con certeza la identificación de la especie como avistamientos por personas con experiencia en identificación del huemul, fotografías de cámaras trampa o cámaras tradicionales.

Clase 2. Datos que establecen con cierta certeza la identificación de la especie, como huellas bien definidas y otras evidencias recientes de huemul, identificadas por personas con experiencia en la detección de la especie.

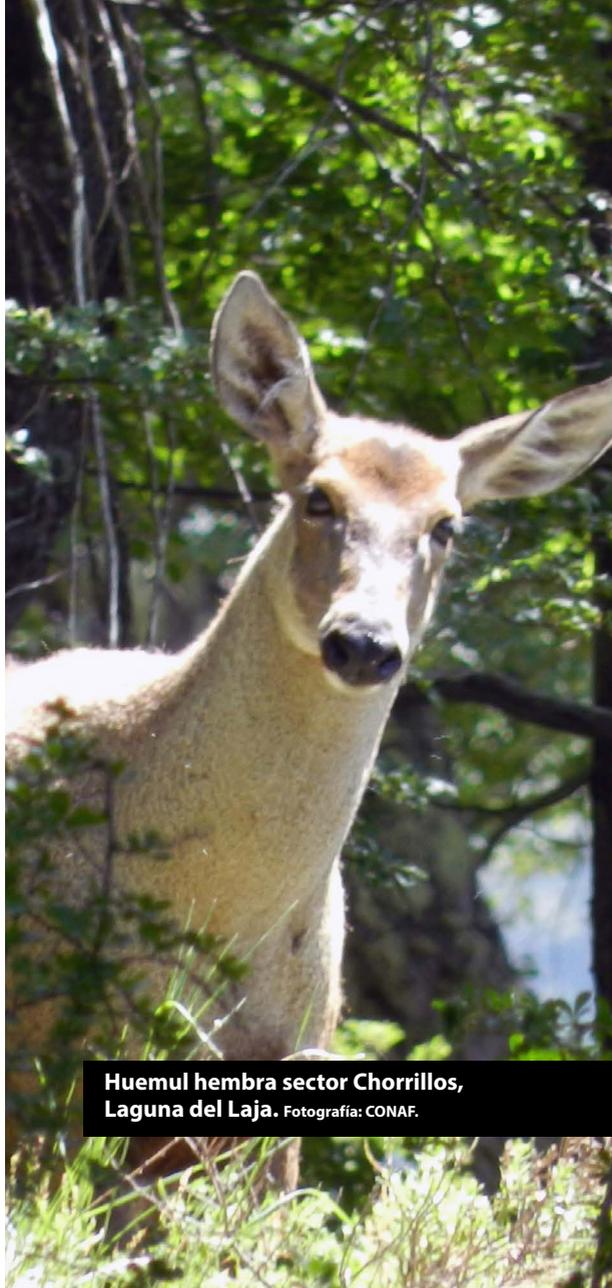
Clase 3. Datos que establecen con menor certeza la identificación de la especie, como huellas poco definidas u otra evidencia no reciente, obtenidas por personas con experiencia en la detección de la especie.

Clase 4. Datos que establecen con baja certeza la identificación de la especie, como registros por personas con poca o nula experiencia en la detección de huemul, o fotografías no claras de la especie o con incertezas sobre la ubicación.

Clase 5. Datos que establecen con muy baja certeza la identificación de la especie como registro de huemul fuera de la distribución actualmente conocida o registrada por un tercero sin experiencia en la especie.

Los datos clase 1, 2 y 3 serán utilizados para actualizar la base de datos huemul y actualizar los mapas cada dos o tres años si la información es suficiente para ello. Los datos clase 4 y 5 serán etiquetados como “dato incierto” y deberán ser confirmados.

El mapa general de presencia de la especie (utilizado en la Figura 2), en forma de celdas, así como sus actualizaciones será de acceso público bajo las plataformas del MINAGRI y del GBIF (siglas de Global Biodiversity Information Facility, que significa Infraestructura Mundial de información sobre Biodiversidad) u otras plataformas digitales públicas del Estado. La información en coordenada entregada por personas/empresas/instituciones particulares no será facilitada a terceros, a no ser que se cuente con la autorización expresa de quien originó el dato.



**Huemul hembra sector Chorrillos,
Laguna del Laja.** Fotografía: CONAF.

3. REFERENCIAS

- 1.- Corporación Nacional Forestal CONAF (2015). Corredor Biológico Nevados de Chillán Laguna del Laja. Ficha informativa. Disponible en: http://www.conaf.cl/wp-content/files_mf/1452194562RB_CorredorbiologicoNevadosdeChillan_Chile_2015.pdf
- 2.- "Hinojosa A, Ramírez E, Rojas P, López R. 2018. Extensión de la presencia y área de ocupación del huemul del sur. CONAF. Biodiversidata 7:59-71."
- 3.- IUCN (2013). Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria. Version 10.1. Prepared by Standards and Petitions Subcommittee. Downloadable from <http://www.iucnredlist.org/documents/RedListGuidelines.pdf>.
- 4.- Riquelme C, Estay SA, López R, Pastore H, Soto-Gamboa M, Corti P. 2018. Protected areas' effectiveness under climate change: a latitudinal distribution projection of an endangered mountain ungulate along the Andes Range. PeerJ, 6:e5222.
- 5.- Corti P. 2008. Organisation sociale, dynamique de population, et conservation du cerf huemul (*Hippocamelus bisulcus*) dans la Patagonie du Chili. Ph.D. dissertation, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, Canada.
- 6.- Corti P, Shafer ABA, Coltman DW, Festa-Bianchet M. 2011. Past bottlenecks and current population fragmentation of endangered huemul deer (*Hippocamelus bisulcus*): implications for preservation of genetic diversity. Conservation Genetics, 12:119-128.

7.- Povilitis A. 1998. Characteristics and conservation of a fragmented population of huemul *Hippocamelus bisulcus* in central Chile. *Biological Conservation*, 86:97-104.

8.- Steenweg R, Hebblewhite M, Kays R, Ahumada J, Fisher JT, Burton C, Townsend SE, Carbone C, Rowcliffe JM, Whittington J, Brodie J, Royle JA, Switalski A, Cleverger AP, Heim N, Rich LN. 2017. Scaling up camera traps: Monitoring the planet's biodiversity with networks of remote sensors. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 15:26-34.

9.- Wearn OR, Glover-Kapfer P. 2019. Snap happy: camera traps are an effective sampling tool when compared with alternative methods. *Royal Society Open Science*, 6:181748.

10.- Burton AC, Neilson E, Moreira D, Ladle A, Steenweg R, Fisher JT, Bayne E, Boutin S. 2015. Wildlife camera trapping: a review and recommendations for linking surveys to ecological processes. *Journal of Applied Ecology*, 52:675-685.

11.- Akcali CK, Pérez-Mendoza HA, Salazar-Valenzuela D, Kikuchi DW, Guayasamin JM, Pfennig DW. 2019. Evaluating the utility of camera traps in field studies of predation. *PeerJ*, 7, e6487.

12.- Wearn OR, Glover-Kapfer P. 2019. Snap happy: camera traps are an effective sampling tool when compared with alternative methods. *Royal Society Open Science*, 6:181748.

13.- Johnson DS, Conn PB, Hooten MB, Ray JC, Pond BA. 2013. Spatial occupancy models for large data sets. *Ecology*, 94:801-808.

14.- Semper-Pascual A, Decarre J, Baumann M, Camino M, Di Blanco Y, Gómez-Valencia, B, Kuemmerle T. 2020. Using occupancy models to assess the direct and indirect impacts of agricultural expansion on species' populations. *Biodiversity and Conservation*, 29:3669-3688.

- 15.- MacKenzie DI, Nichols JD, Lachman GB, Droege S, Royle JA, Langtimm CA. 2002. Estimating site occupancy rates when detection probabilities are less than one. *Ecology*, 83:2248–2255.
- 16.- MacKenzie DI, Nichols JD, Royle JA, Pollock KH, Hines JE, Bailey LL. 2006. *Occupancy estimation and modeling: Inferring patterns and dynamics of species occurrence*. San Diego: Elsevier.
- 17.- Karanth KU, Nichols JD, Kumar NS. 2011. Estimating tiger abundance from camera trap data: field surveys and analytical issues. En: *Camera Traps in Animal Ecology* (eds A.F. O’Connell, J.D. Nichols & K.U. Karanth), pp. 97-117. Springer, New York city, New York, USA.
- 18.- Kucera TE, Barrett RH. 2011. A history of camera trapping. En: *Camera Traps in Animal Ecology* (eds A.F. O’Connell, J.D. Nichols & K.U. Karanth), pp. 9-26. Springer, New York city, New York, USA.
- 19.- Sandvig EM, Espinaze MPA, Marín-Vial P, Corti P. 2016. Assessing Productive Lands as Viable Habitat for Huemul in Patagonia. *The Journal of Wildlife Management*, 80:573-578.
- 20.- Koerth BH, Kroll JC. 2000. Bait type and timing for deer counts using cameras triggered by infrared monitors. *Wildlife Society Bulletin*, 28:630-635.
- 21.- Bassano B, von Hardenberg A, Pelletier F, Gobbi G. 2003. A method to weigh free-ranging ungulates without handling. *Wildlife Society Bulletin*, 31:1205-1209.
- 22.- Zu Dohna H, Peck DE, Johnson BK, Reeves A, Schumaker BA. 2014. Wildlife–livestock interactions in a western rangeland setting: quantifying disease-relevant contacts. *Preventive Veterinary Medicine*, 113:447-456.

23.- DeVore RM, Butler MJ, Wallace MC, Liley SG. 2018. Population dynamics model to inform harvest management of a small elk herd in Central New Mexico. *Journal of Fish and Wildlife Management*, 9:531-544.

24.- Kays R, Arbogast BS, Baker-Whatton M, Beirne C, Boone HM, Bowler M, Burneo SF, Cove MV, Ding P, Espinosa S, Sousa Gonçalves AL, Hansen CP, Jansen PA, Kolowski JM, Knowles TW, Moreira Lima MG, Millspaugh J, McShea WJ, Pacifici K, Parsons AW, Pease BS, Rovero F, Santos F, Schuttler SG, Sheil D, Si X, Snider M, Spironello WR. 2020. An empirical evaluation of camera trap study design: How many, how long and when?. *Methods in Ecology and Evolution*, 11:700-713.

25.- Gilbert NA, Clare JDJ, Stenglein JL, Zuckerberg B. 2020. Abundance estimation of unmarked animals based on camera-trap data. *Conservation Biology*, DOI: 10.1111/cobi.13517.

26.- Riquelme C, Estay SA, Contreras R, Corti P. 2020. Extinction risk assessment of a Patagonian ungulate using population dynamics models under climate change scenarios. *International Journal of Biometeorology*, 64:1847-1855.

27.- Parsons AW, Forrester T, McShea WJ, Baker-Whatton MC, Millspaugh JJ, Kays R. 2017. Do occupancy or detection rates from camera traps reflect deer density? *Journal of Mammalogy*, 98:1547-1557.

28.- Corti P, Wittmer HU, Festa-Bianchet M. 2010. Dynamics of a small population of endangered huemul deer (*Hippocamelus bisulcus*) in Chilean Patagonia. *Journal of Mammalogy*, 91:690-697.

29.- Frankham R, Briscoe DA, Ballou JD. 2002. Introduction to conservation genetics. Cambridge University Press, Cambridge

- 30.- Corti P, Collado B, Riquelme C, Tomckowiack C, Salgado M. 2020. *Mycobacterium avium* subsp. paratuberculosis (MAP) infection in the endangered huemul deer (*Hippocamelus bisulcus*) in Patagonia. Austral Journal of Veterinary Sciences, 52:33-35.
- 31.- Salgado M, Corti P, Verdugo C, Tomckowiack C, Moreira R, Durán K, Avilez C, Tejada C. 2017. Evidence of *Mycobacterium avium* subsp. paratuberculosis (MAP) infection in huemul deer (*Hippocamelus bisulcus*) in Patagonian fjords. Austral Journal of Veterinary Sciences, 49:135-137.
- 32.- Corti P, Saucedo C, Herrera P. 2013. Evidence of bovine viral diarrhea, but absence of infectious bovine rhinotracheitis and bovine brucellosis in the endangered huemul deer (*Hippocamelus bisulcus*) in Chilean Patagonia. Journal of Wildlife Diseases, 49:744-746.
- 33.- Buckland ST, Anderson DR, Burnham KP, Laake JL, Borchers DL, Thomas L. 2001. Introduction to Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations. Oxford: Oxford University Press.
- 34.- Guo X, Coops NC, Gergel SE, Bater CW, Nielsen SE, Stadt JJ, Drever M. 2018. Integrating airborne lidar and satellite imagery to model habitat connectivity dynamics for spatial conservation prioritization. Landscape Ecology, 33:491-511.
- 35.- Goodwin NR, Coops NC, Culvenor DS. 2006. Assessment of forest structure with airborne LiDAR and the effects of platform altitude. Remote Sensing of Environment, 103:140-152.
- 36.- McLean KA, Trainor AM, Asner GP, Crofoot MC, Hopkins ME, Campbell CJ, Martin RE, Knapp DE, Jansen PA. 2016. Movement patterns of three arboreal primates in a Neotropical moist forest explained by LiDAR-estimated canopy structure. Landscape Ecology 31:1849-1862.

37.-Corporación Nacional Forestal CONAF (2020). Guía de procesamiento de organización, almacenamiento y análisis automático de cámaras trampa según método de Jim Sanderson, Small Wil Cat Conservation (SWCC), (Fátima Meghni): 17pp

4. GLOSARIO

a.-Prospecciones: Transectos o rutas recorridas a pie en en búsqueda de evidencia directa o indirecta de una especie silvestre.

Hábitat idóneo: Área que cumple con las condiciones ambientales (físicas y biológicas) necesarias para que una especie viva y se desarrolle (topografía, pendiente, alimento, refugio, entre otros)

5. ANEXOS

Anexo 1. Participantes en reuniones del grupo interno de expertos, sostenidas entre los meses de julio y septiembre de 2019 en Centro de Semillas de CONAF, Chillán.

Participantes:

- Carlos Garcés – Extensionista huemul, Ministerio del Medio Ambiente, FAO.
- Javier Bañados – Estudiante de Ingeniería Ambiental, Universidad de Concepción.
- Patricia Rojas – Consultora externa, Ministerio del Medio Ambiente, FAO.
- Rodrigo López – Director, ONG AUMEN.
- Sebastián Zagal – Colaborador, ONG AUMEN.
- Ana Hinojosa – Encargada Sección Biodiversidad, CONAF Biobío.



Anexo 2. Participantes a los dos talleres ampliados para sancionar la propuesta de Protocolo de Monitoreo de huemul sostenidas en Concepción en 2018 y 2019.



Participantes Taller N°1 Elaboración del Protocolo de Monitoreo de Huemul en la Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán-Laguna del Laja, 27 de septiembre de 2018, Concepción.

Participantes taller n°1:

- Alberto Bordeu - Jefe del Departamento de Áreas Silvestres Protegidas, CONAF Biobío.
- Andrés Jacques - Asistente técnico, Ministerio del Medio Ambiente – FAO.
- Ana Hinojosa - Encargada Sección Biodiversidad, CONAF Biobío.
- Carlos Garcés - Administrador Santuario de la Naturaleza Huemules del Niblinto. CODEFF.
- Cristián Cornejo - Encargado Biodiversidad. Seremi Medio Ambiente Biobío.
- Fabiola Lara - Coordinadora Regional, Iniciativa Conservación de Especies Amenazadas Ministerio del Medio Ambiente – FAO.
- Nelson Cortés – Profesional, Servicio de Evaluación Ambiental Biobío.
- Nicolás Gálvez – Académico, Universidad Católica – Villarrica.

- Raúl Briones - Jefe de Programa, Bioforest.
- Valentina Dellarossa - Estudiante en práctica, Universidad de Concepción.
- Rodrigo López - Director ONG Aumen.
- Rosa Orrego – Profesional, SAG Biobío.
- Cristóbal Pizarro - Profesor asistente. Universidad de Concepción.
- Carlos Riquelme - Investigador independiente. Universidad Austral de Chile.
- Christopher Sepúlveda - Encargado Área Silvestres Protegidas CONAF Ñuble.
- Oscar Skewes - Profesor. Universidad de Concepción, Chillán.
- Mauricio Soto - Académico Universidad Austral de Chile.
- Sebastián Zagal - Colaborador ONG AUMEN.

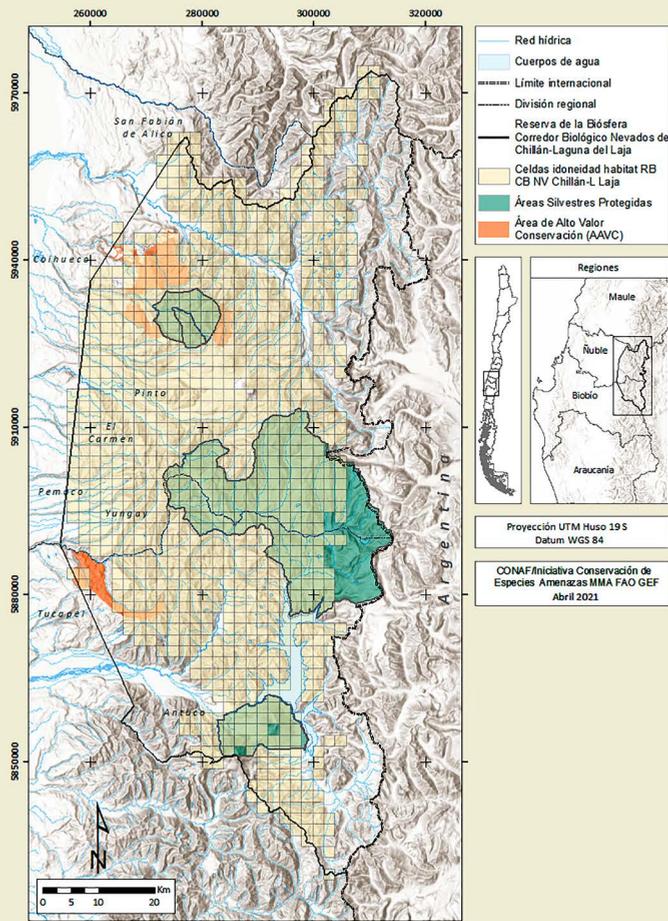


Foto Participantes Taller N°2 Presentación Propuesta de Protocolo de Monitoreo de Huemul en la Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán-Laguna del Laja, 23 de septiembre de 2019, Concepción.

Participantes taller n°2:

- Ana Hinojosa - Encargada Sección Biodiversidad. CONAF Biobío.
- Andrés Jacques - Asistente técnico. Ministerio del Medio Ambiente – FAO.
- Bernardo Reyes - Presidente. Fundación Nahuelbuta.
- Carlos Garcés - Técnico extensionista. Ministerio del Medio Ambiente – FAO.
- Dennis Aldridge - Profesional. CONAF Aysén.
- Evelyn Aravena- Coordinadora Medio Ambiente. Enel.
- Edith Fredes - Medioambiente y comunidades. Forestal Arauco.
- Fabiola Lara - Coordinadora regional. Ministerio del Medio Ambiente – FAO.
- Jorge Urrutia - Particular.
- Manuel Valdés - Secretario. ONG DoseL.
- Marcelo Ramírez - Monitor. FAO
- Mariela Hernández – Periodista. Comunicaciones MMA/FAO/GEF.
- Nicolás Román - Fundación Nahuelbuta.
- Oscar Skewes - Académico. Universidad de Concepción.
- Patricia Rojas - Consultora externa. Ministerio del Medio Ambiente – FAO.
- Roxana Bastidas - Ingeniera de Certificaciones. CMPC.
- Rodrigo López - Director. ONG Aumen.
- Rosa Orrego - Profesional Recursos Naturales Renovables. SAG Biobío
- Sebastián Zagal - Colaborador. Aumen.
- Segundo Necul - Guardaparque. CONAF Biobío.
- Victoria Valencia - Periodista. Comunicaciones MMA/FAO/GEF.
- Ximena Fuentealba - Encargada Medio Ambiente. Forestal Arauco.

Anexo 3. Grilla con celdas de 4km² con hábitat idóneo para el huemul al interior de la RBCBNvCH-LL siguiendo a Riquelme et al., (2018).



Anexo 4. Ficha para colecta de datos durante instalación y retiro de cámaras trampa.

FICHA DE REGISTRO INSTALACIÓN CÁMARA TRAMPA HUEMUL									
Identificación predio y celda:					Identificación cámara:				
Instalador:					Fecha:			Hora:	
Ubicación cámara (UTM)		Coordenada:			Orientación cámara:				
		Altitud:							
Programación e instalación		Híbrida: ____ Video ____ segundos ____ Foto ____ n° fotos ____			Marca cámara:			Sensibilidad:	
		Tiempo de intervalo:			Uso atractores:			Estado batería:	
		Cual:			Alta			baja	
Instalada en: Árbol ____ Roca ____ estaca ____ otro ____					Pendiente ____ Plano ____				
Descripción del sitio		Ecosistema			Distancia camino/sendero			Densidad vegetación	
		Bosque			En camino			Muy Alta	
		Matorral			< 50 m			Alta	
		Estepa de altura			> 50 m			Media	
		Otro:			Agua cerca:			Baja	
			SI ____ NO ____			Muy Baja			
Indicio de huemul/observaciones									
Amenazas (ganado, perros, otro):									
REGISTRO RETIRO CÁMARA TRAMPA HUEMUL									
Estado del Equipo		Quien retira:			Fecha:			Hora:	
Sin novedad		Sin batería		Tarjeta llena	Filtra agua			Pilas dañadas	
Perdida		Apagado		No funciona	Daño externo			Movida	
Observaciones:									



Parte alta sector El Colorado, Laguna del Laja. Fotografía: Francisco Méndez Readí

Iniciativa Conservación de Especies Amenazadas

Protocolo
de Monitoreo
del Huemul

(Hippocamelus bisulcus)