

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**CAMBIO DE USO DE SUELO Y REDUCCIÓN DEL HÁBITAT PARA EL
HUEMUL (*HIPPOCAMELUS BISULCUS*) EN LA SUBCUENCA DEL RÍO
ÑUBLE, RESERVA DE BIOSFERA CORREDOR BIOLÓGICO NEVADOS
DE CHILLÁN – LAGUNA DEL LAJA**

KARLA LUZ RAMÍREZ FUENTEALBA

HABILITACIÓN PROFESIONAL
PRESENTADA A LA FACULTAD DE
INGENIERÍA AGRÍCOLA DE LA
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN,
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERA AMBIENTAL.

CHILLÁN-CHILE

2024

**CAMBIO DE USO DE SUELO Y REDUCCIÓN DEL HÁBITAT PARA EL
HUEMUL (*HIPPOCAMELUS BISULCUS*) EN LA SUBCUENCA DEL RÍO
ÑUBLE, RESERVA DE BIOSFERA CORREDOR BIOLÓGICO NEVADOS
DE CHILLÁN – LAGUNA DEL LAJA**

Aprobado por:

Gerardo Azócar García

Geógrafo, Ph. D.

Profesor Asociado

Profesor Guía

Roberto Gallardo Jiménez

Ingeniero Forestal, Mg.

Profesor Asistente

Profesor Asesor

Pedro Aqueveque Muñoz

Profesor de Biología. Dr.

Profesor Asociado

Profesor Asesor

José Luis Arumí Ribera

Ingeniero Civil, Ph. D.

Profesor Titular

Director de Departamento

María Eugenia González Rodríguez

Ingeniero Agrónomo, Ph. D.

Profesor Asociado

Decana

DEDICATORIA

A mi familia, por todo el apoyo incondicional y amor infinito que han sido fundamentales a lo largo de este proceso académico. Este logro es tanto suyo como mío.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a mis padres, que siempre han querido y me han dado lo mejor. A mi hermana, que siempre he podido contar con su apoyo y aliento incondicional. Infinitas gracias a los tres por creer en mi cuando yo no lo hacía y hacer hasta lo imposible por verme feliz. No puedo dejar de mencionar a mis sobrinos bellos que también han aportado su granito de arena en este proceso.

Agradecer por supuesto a quienes fueron mi compañía y apoyo en la universidad, en los primeros años Lucas Jara, con quien compartí una infinidad de anécdotas y ataques de risa que recuerdo con cariño. A Yhoely Fariña, con quien también compartí historias y días de estudios, además de ser la mejor compañera en la época online, con quien pasé miedos, nervios y alegrías, de verdad gracias Yhoe.

Finalmente, agradecer a los profesores Gerardo Azócar, Roberto Gallardo y Pedro Aqueveque, quienes me orientaron y facilitaron todo el material necesario en esta última etapa universitaria para poder realizar este trabajo.

ÍNDICE DE MATERIAS

	Página
RESUMEN.....	1
SUMMARY	3
1.INTRODUCCIÓN.....	4
1.1. Antecedentes históricos de la especie	10
1.2. Descripción.....	10
1.3. Hábitat	13
1.4. Alimentación	13
1.5. Reproducción	14
1.6. Etología	15
1.7. Distribución.....	16
1.8. Amenazas.....	17
1.9. Cambio de uso de suelo.....	23
1.10. Área de estudio	25
2.HIPÓTESIS	29
3.PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	29
4.OBJETIVOS	30
4.1. Objetivo general	30
4.2. Objetivos específicos	30
5.METODOLOGÍA.....	31
5.1. Enfoque de la investigación	31
5.2. Revisión bibliográfica	31
5.3. División temporal del estudio	32

5.4. Fuentes de información.....	32
5.5. Actualización uso de suelo.....	33
5.6. Objetivo 1. Caracterización del hábitat del huemul.....	34
5.7. Objetivo 2. Identificación de hábitat potencial de la especie	34
5.8. Objetivo 3. Cualificar y cuantificar los cambios de hábitats.....	37
6.RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39
6.1. Caracterización del hábitat del huemul	39
6.2. Identificación de hábitat potencial para la especie	47
6.3. Cualificación y cuantificación de los cambios de hábitats	49
6.3.1. Identificación de factores forzantes.....	56
7.CONCLUSIONES.....	61
8.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63

ÍNDICE DE TABLAS

En el texto	Página
Tabla 1. Valores de reclasificación para uso de suelo.	36
Tabla 2. Valores de reclasificación para elevación.....	36
Tabla 3. Valores de reclasificación para pendiente.	36
Tabla 4. Valores de reclasificación para exposición solar.	37
Tabla 5. Elevaciones donde hubo registro de avistamiento de huemules en los tres periodos estudiado.	42
Tabla 6. Cantidad de registro de avistamiento de huemules según rango de pendiente en los tres periodos estudiado.....	43
Tabla 7. Cantidad de registros de avistamiento de huemules según la exposición solar.....	45
Tabla 8. Matriz de Markov del cambio y uso de suelo en la subcuenca del río Ñuble, período 1997 - 2023 (ha).	52
Tabla 9. Pérdida, ganancia y tasa de cambio durante el periodo 1997 – 2023 según coberturas de suelo.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

En el texto	Página
Figura 1. Ubicación geográfica Reserva de Biosfera Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Laja	6
Figura 2. Áreas Silvestres Protegidas del Estado de Chile dentro de la Reserva de Biosfera Corredor Biológico Nevados de Chillán - Laguna del Laja	7
Figura 3. Dimorfismo sexual en huemules. A la izquierda macho y a la derecha hembra	12
Figura 4. Vegetación parte de la dieta del huemul. a) Orquídea, b) Anémona, c) Paramela, d) Lenga, e) Maitén, f) Notro.....	14
Figura 5. a) Distribución histórica del huemul, b) Distribución actual del huemul.....	17
Figura 6. Área de estudio.....	26
Figura 7. Usos de suelo en el área de estudio con grilla de avistamientos.....	40
Figura 8. Elevaciones en el área de estudio con grilla de avistamientos	42
Figura 9. Pendientes en el área de estudio con grilla de avistamientos	44
Figura 10. Exposición solar en el área de estudio con grilla de avistamientos	45
Figura 11. Grilla de potencial hábitat para el huemul en el área de estudio.....	48

Figura 12. a) Coberturas de suelo para los años 1997, 2015 y 2023. b) Cambios en los usos de suelo para los periodos 1997 – 2015, 2015 – 2023 y 1997 – 2023	49
Figura 13. Incendios registrados por Conaf entre 2010 a 2023 en el área de estudio	56
Figura 14. Parcelaciones al año 2016 en el área de estudio.....	58
Figura 15. Veranadas en el área de estudio.....	60

ÍNDICE DE ECUACIONES

Página

Ecuación 1. Tasa de cambio	37
----------------------------------	----

**CAMBIO DE USO DE SUELO Y REDUCCIÓN DEL HÁBITAT PARA EL
HUEMUL (*HIPPOCAMELUS BISULCUS*) EN LA SUBCUENCA DEL RÍO
ÑUBLE, RESERVA DE BIOSFERA CORREDOR BIOLÓGICO NEVADOS
DE CHILLÁN – LAGUNA DEL LAJA**

LAND USE CHANGE AND HABITAT REDUCTION FOR THE HUEMUL
(*HIPPOCAMELUS BISULCUS*) IN THE ÑUBLE RIVER SUB-BASIN,
NEVADOS DE CHILLÁN - LAGUNA DEL LAJA BIOLOGICAL CORRIDOR
BIOSPHERE RESERVE

Palabras clave: Huemul, reserva de la biosfera, uso de suelo, hábitat.

RESUMEN

Se analizaron los cambios de uso de suelo en la subcuenca del río Ñuble entre los años 1997 - 2023 y su influencia en el hábitat del huemul, un ícono de la fauna chilena. Se utilizó una combinación de análisis de imágenes satelitales, coberturas de CONAF y grillas de avistamiento de huemules para caracterizar el hábitat de la especie y cuantificar los cambios en el uso del suelo. Además, se consideraron variables topográficas para identificar sectores potenciales donde podría habitar el huemul. Se identificó la marcada preferencia de la especie por áreas de bosque nativo y matorral, así como su relación con la altitud, pendiente y exposición solar. Se detectaron cambios significativos en el uso del suelo, como la expansión de la estepa andina y la disminución de la cobertura nival. Se identificó el cambio climático, incendios, veranadas y parcelaciones como factores forzantes de dichos cambios. Se concluyó que

los cambios en el uso del suelo, influenciados por los factores antes mencionados, están afectando el hábitat del huemul. Finalmente se destacó la importancia de identificar áreas prioritarias para la conservación del huemul.

LAND USE CHANGE AND HABITAT REDUCTION FOR THE HUEMUL
(HIPPOCAMELUS BISULCUS) IN THE ÑUBLE RIVER SUB-BASIN,
NEVADOS DE CHILLÁN - LAGUNA DEL LAJA BIOLOGICAL CORRIDOR
BIOSPHERE RESERVE

Keywords: Huemul, biosphere reserve, land use, habitat.

SUMMARY

The changes in land use in the Ñuble River sub-basin between 1997 and 2023 and their impact on the habitat of the huemul, an icon of Chilean fauna, were analyzed. A combination of satellite image analysis, CONAF coverage, and huemul sighting grids was used to characterize the species' habitat and quantify changes in land use. Additionally, topographic variables were considered to identify potential areas where the huemul could inhabit. The species showed a marked preference for areas of native forest and scrubland, as well as a relationship with altitude, slope, and solar exposure. Significant changes in land use were detected, such as the expansion of the Andean steppe and the decrease in snow cover. Climate change, fires, transhumance, and parceling were identified as driving factors behind these changes. It was concluded that changes in land use, influenced by the aforementioned factors, are affecting the huemul habitat. Finally, the importance of identifying priority areas for huemul conservation was emphasized.

1. INTRODUCCIÓN

La conservación de la biodiversidad y la protección de los hábitats naturales constituyen temas de gran relevancia a escala global en la actualidad. Estos asuntos han adquirido una importancia fundamental debido a la necesidad de proteger y mantener la diversidad de especies y ecosistemas en nuestro planeta (Núñez *et al.*, 2003).

La biodiversidad abarca la multiplicidad de formas de vida en su totalidad, englobando tanto flora y fauna, como microorganismos, así como los complejos ecosistemas que sirven de hábitat para estas formas de vida. La preservación de la diversidad biológica implica salvaguardar y administrar de manera adecuada estos componentes, con el propósito de asegurar su subsistencia a largo plazo (Enel, 2023). Al mismo tiempo, la protección de los entornos naturales es esencial para la conservación de la diversidad biológica. Estos entornos proveen el contexto indispensable para que las distintas especies habiten, se reproduzcan y prosperen. La alteración o destrucción de los hábitats naturales puede desencadenar consecuencias adversas para las especies que dependen de ellos (López & Bucetto, 2019). Dentro de este marco, se crearon las Reservas de Biosfera siendo reconocidas por el Programa Hombre y la Biosfera (MAB) de la UNESCO como espacios protegidos compuestos por ecosistemas terrestres, marinos y costeros singulares. Sin embargo, estas no son áreas protegidas en el sentido tradicional del término, sino que tienen como objetivo esencial el conciliar la

conservación de la diversidad biológica, la búsqueda de un desarrollo económico y social y el mantenimiento de los valores culturales asociados (UNESCO, 1996). Además, constituyen regiones de apoyo a la ciencia y al servicio de la sostenibilidad, es decir, son áreas especialmente designadas con el fin de evaluar enfoques multidisciplinarios para comprender y gestionar los cambios e interacciones de los sistemas sociales y ecológicos, incluidas la prevención de conflictos y la gestión de la biodiversidad, enfatizando también, el rol activo del ser humano como componente integral del medio donde vive y desarrolla sus actividades económicas (González, 2020).

En la actualidad, las Reservas de Biosfera son propuestas como modelos de la convivencia e integración armónica de la actividad humana y la naturaleza. Chile posee hoy 10 Reservas de Biosfera que constituyen sitios de interés biológico mundial (Moreira-Muñoz & Troncoso, 2014), entre ellas se encuentra la Reserva de Biosfera Corredor Biológico Nevados de Chillán - Laguna del Laja, designada como tal el 29 de junio del año 2011, utilizando los límites administrativos y geográficos definidos en los Decretos Supremos N° 295 de 1974 y N° 391 de 1978 del Ministerio de Agricultura (MINAGRI) de Chile como se puede observar en la Figura 1. Comprende una superficie de 565.807 hectáreas, distribuida entre 8 comunas cordilleranas, Pinto, San Fabián de Alico, Coihueco, el Carmen, Pemuco y Yungay en la región de Ñuble, mientras que en la región del Biobío incluye Antuco y Tucapel. Esta Reserva de Biosfera representa un 26.5% de la superficie total de la región de Ñuble y un 6% de la

región del Biobío (Plan de Gestión, 2019). En este territorio se destaca la confluencia de dos ecosistemas en peligro a escala mundial, siendo la transición vegetacional entre el bosque esclerófilo de la zona central y el bosque templado del sur. Además, se ha señalado en varios reportes (López et al. 2000, 2005) la relevancia del área de Nevados de Chillán para la conservación, debido a la presencia de al menos siete tipos de comunidades vegetales que estarían representadas en ella, según la clasificación de Gajardo (1994) (San Martín, 2014).

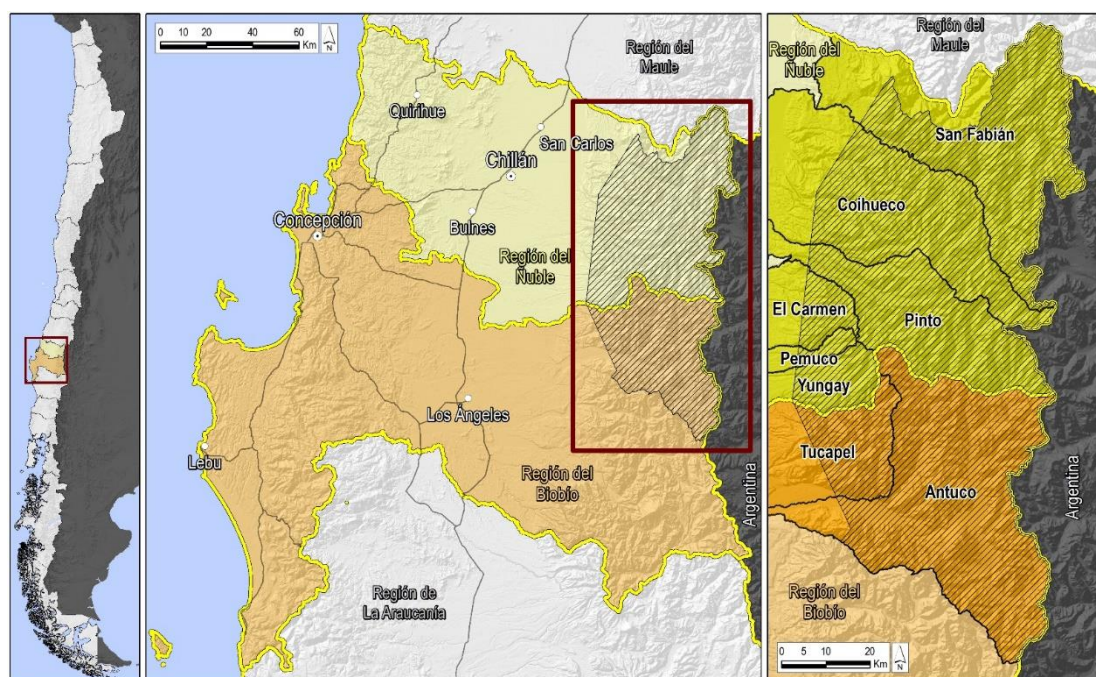


Figura 1. Ubicación geográfica Reserva de Biosfera Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Laja. Fuente: Plan de Gestión Reserva de Biosfera, 2019.

Esta Reserva de Biosfera alberga tres Áreas Silvestres Protegidas del Estado de Chile (SNASPE) como se ilustra en la Figura 2, las cuales son de norte a sur, Santuario de la Naturaleza y Reserva Nacional “Los Huemules de Niblinto”, declarado como tal por el Ministerio de Educación y administrado por el Comité Nacional Pro Defensa de la Fauna y Flora, Reserva Nacional Ñuble y Parque Nacional Laguna del Laja, ambas administradas por la Corporación Nacional Forestal (CONAF) (CONAF, 2023).

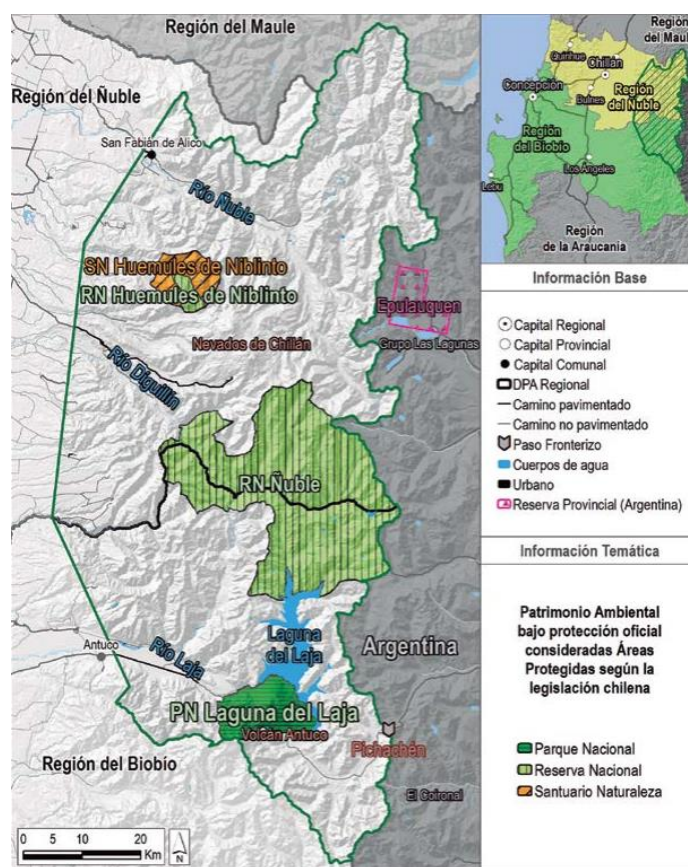


Figura 2. Áreas Silvestres Protegidas del Estado de Chile dentro de la Reserva de Biosfera Corredor Biológico Nevados de Chillán - Laguna del Laja. Fuente: Plan de Gestión Reserva de Biosfera, 2019.

La subcuenca del río Ñuble, ubicada en la región del mismo nombre, se encuentra dentro de los límites de esta Reserva de Biosfera, siendo de gran relevancia desde el punto de vista socioeconómico ya que sustenta actividades como la agricultura y la ganadería, los cuales son pilares económicos de la región. Al mismo tiempo, se destaca por albergar una biodiversidad excepcional, incluyendo especies endémicas y, siendo un hábitat crucial para el huemul (San Martín, 2014). El huemul es un ciervo mediano, endémico de Chile y Argentina, actualmente está catalogado *En peligro de extinción* (EN) según la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión por la Conservación de la Naturaleza (UICN). En Chile, el huemul se encuentra protegido legalmente por la Ley N° 19.473 de 1996, que prohíbe su caza, tenencia, posesión, captura, transporte y comercialización. Adicionalmente, desde el año 1979 está incluido en el Apéndice I de la Convención sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas de la Fauna y Flora Silvestres (CITES), y en el Apéndice I de la Convención sobre la Conservación de Especies Migratorias de la Fauna Silvestre (CMS) desde 1997. Por último, el huemul fue declarado Monumento Natural por el Ministerio de Agricultura de Chile el año 2006 (López *et al.*, 2011).

Se estima que en el presente existen menos de dos mil individuos a nivel nacional, lo que es, eventualmente menos de 1% de la población histórica (Hinojosa, *et al.*, 2018). Los factores que han provocado esta disminución de la población son la caza ilegal, ataques de perros domésticos, el sobre

pastoreo, la transmisión de enfermedades por ganado doméstico y la pérdida de hábitat por causas antrópicas (Povilitis, 2002). Dentro de este último, el cambio en el uso del suelo se ha convertido en una de las principales amenazas para la conservación del huemul, debido a la reducción del hábitat disponible para la especie. La región centro-sur del país ha sido identificada como una de las zonas más afectadas por la actividad humana, debido principalmente al crecimiento de la agricultura, la explotación forestal y el desarrollo urbano, actividades económicas ampliamente desarrolladas en la región, que han generado efectos negativos en los ecosistemas y en la biodiversidad, transformando el territorio, resultando en la pérdida de importantes áreas de hábitat disponibles para el huemul, la fragmentación o aislamiento de poblaciones, y creación de barreras geográficas significativas para el tránsito y la colonización de hábitats potenciales para la especie (López *et al.*, 1998; Alaniz, 2014). La disminución de hábitat debido a la acción humana puede tener graves efectos negativos para la supervivencia del huemul, ya que hay un número significativo de pequeñas poblaciones fragmentadas y aisladas con pocas o nulas posibilidades de intercambio genético con otras poblaciones. Las consecuencias son múltiples: mayor probabilidad de consanguinidad y de otros problemas genéticos y demográficos, mayor vulnerabilidad ante enfermedades y depredadores al verse reducida su capacidad para formar grupos sociales y establecer conexiones entre las poblaciones (López *et al.*, 1998).

1.1. Antecedentes históricos de la especie

La primera descripción científica del huemul fue realizada por Juan Ignacio Molina el año 1782, siendo detallado como un animal de anatomía semejante a un burro, con pezuña hendida, capaz de trepar y saltar entre los peñascos, dada esta descripción recibió el nombre científico de "*Equus bisulcus*" (Molina, 1788). Por años esta descripción generó discrepancia, recibiendo cerca de 30 nombres distintos en vista a la ambigüedad de su imagen, dando como resultado el nombre genérico, "*Hippocamelus bisulcus*" que su significado en latín es caballo - camello con casco bifurcado. Agregando a lo anterior, el pueblo mapuche fue quien le daría su nombre común "huemul", que significa "seguir a otro" en mapudungún, haciendo alusión al modo en que esta especie se mueve y escapa (Aldridge *et al.*, 2005).

1.2. Descripción

El huemul es descrito como un mamífero de la familia de los cérvidos, de tamaño mediano, extremidades relativamente cortas y de cuerpo robusto (Aldridge, 1989). Un macho adulto presenta una longitud promedio de 1.63 m y una altura a la cruz (lomo) entre los 0.90 a 1.00 m, mientras que una hembra adulta es de contextura más refinada y estilizada, alcanzando una longitud promedio de 1.50 m, con una altura a la cruz de 0.80 m. El peso tanto de hembras como de machos va de los 60 a 90 kg, y su cola mide entre 13 y 15 cm. (Drouilly, 1983; Montecinos, 1995; Iriarte 2008).

Como se observa en la Figura 3, machos y hembras exhiben diferencias visibles, lo que se denomina dimorfismo sexual, siendo los machos más grandes y fuertes que las hembras, con cuello más grueso y cara más ancha. Además, por sobre el hocico, ojos y región frontal de la cara del macho se extiende una zona café oscura con forma de "Y", similar a una máscara, que varía en intensidad durante las distintas épocas del año. Otra característica distintiva de los machos es la presencia de cornamenta, donde entre los 6 y 10 meses de edad comienzan a desarrollar su primer par de astas, las cuales son simples y alcanzan hasta 15 cm de longitud. A partir de la segunda temporada de crecimiento se distingue una cornamenta bifurcada de hasta 30 cm de largo. Cabe destacar que la cornamenta es estacional, se desprende en julio e inmediatamente comienza el desarrollo de las nuevas, este especial ciclo dura entre 120 y 140 días, se controla hormonalmente y genera una gran demanda de calcio, nutrientes y minerales (Drouilly, 1983; Muñoz & Yáñez, 2009).



Figura 3. Dimorfismo sexual en huemules. A la izquierda macho y a la derecha hembra. Fuente: Aldridge et al., 2005.

Su pelaje es denso, compuesto por pelos gruesos y frágiles, relativamente largos que le aportan gran aislación térmica (Texera, 1974). Muda el pelaje dos veces al año, por lo que, tanto la longitud del pelo como el color experimentan cierta variación estacional, siendo en temporada primavera - verano corto, de tonalidad café oscura, mientras que en otoño - invierno es más largo y claro, acompañado de un color gris con tonalidades amarillo dorado. En los huemules adultos de los Nevados de Chillán, el característico color café se acompaña de un marcado tono rojizo. La zona anal e inguinal presenta pelaje blanco, de manera similar, el interior de las orejas es blanco grisáceo (Drouilly, 1983; Muñoz & Yáñez, 2009).

1.3. Hábitat

Su hábitat principal está marcado por ambientes de bosque templado dominados por lenga (*Nothofagus pumilio*) y terrenos escarpados de montaña (Gill *et al.*, 2008; Pérez, 2010), combinados con sectores rocosos y de fuertes pendientes. Esto se debe a la presencia de una mayor diversidad de especies vegetales para alimentarse y a un menor riesgo de predación en estas áreas (Saucedo, 2016).

El huemul de Nevados de Chillán, prefiere sitios que se caracterizan por presentar pendientes entre 30 y 40 grados, exposición solar norte y, que alcanzan al menos 1750 metros de elevación (Povilitis, 2002). Dentro de esta zona de distribución, las condiciones invernales son severas, por lo él huemul realiza migraciones estacionales, utilizando zonas en elevaciones más altas durante primavera - verano y más bajas en invierno, situándose en áreas boscosas bajo el límite de la nieve (Gill *et al.*, 2008).

1.4. Alimentación

El huemul es un animal herbívoro rumiante, lo que significa que primero mastica y traga una importante cantidad de alimento, para luego, en calma, regurgitarlo y remasticarlo. Su alimentación es bastante diversificada como se ilustra en la Figura 4, ya que recurre tanto a vegetación herbácea como al ramoneo de arbustos y árboles (Aldridge & Montecinos, 1998). Dentro de las hierbas se puede mencionar la orquídea (*Chloraea viridiflora*), la anémona (*Anemone multifida*) y la paramela (*Adesmia emarginata*),

especie más comúnmente consumida en el área de Chillán. Del mismo modo, entre los arbustos y árboles encontramos leña dura (*Maytenus magellanica*), maitén (*Maytenus disticha*), notro (*Embothrium coccineum*) y lenga (*Nothofagus pumilio*) (Aldridge *et al.*, 2005).

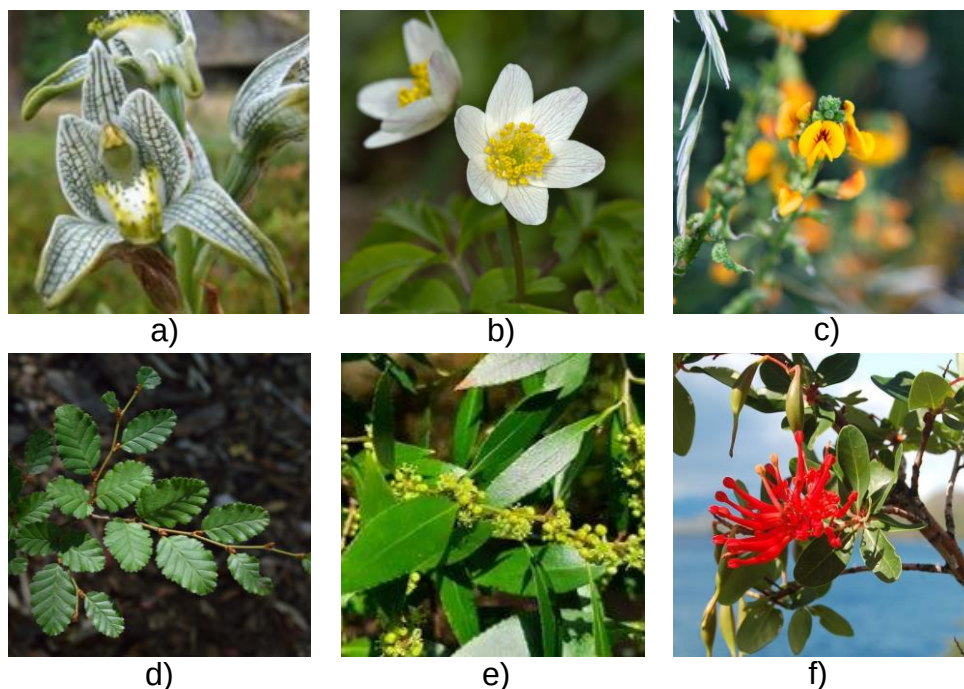


Figura 4. Vegetación parte de la dieta del huemul. a) Orquídea, b) Anémona, c) Paramela, d) Lenga, e) Maitén, f) Notro.

1.5. Reproducción

El período de brama, se extiende de marzo a mayo, sin embargo, los machos comienzan a exhibir ciertos comportamientos desde febrero, como sacudir arbustos con sus cornamentas o intentar acercarse a las hembras

para el apareamiento. Las disputas entre machos son raras y, cuando ocurren, son breves.

Las hembras se preñan una vez al año, el periodo de gestación es de seis a siete meses, y las crías suelen nacer principalmente entre noviembre y diciembre, limitándose generalmente a una cría por hembra. El destete ocurre después del cuarto mes de edad, aunque no se conoce con precisión el periodo exacto de lactancia, no obstante, se sabe que, desde el segundo mes los cervatillos comienzan a consumir vegetales. El crecimiento es rápido, y al año, una cría macho alcanza el tamaño de una hembra adulta (Aldridge & Montecinos, 1998; Muñoz & Yáñez, 2009).

1.6. Etología

La organización social del huemul consiste en grupos pequeños de dos o tres individuos, aunque también pueden encontrarse huemules solitarios. Durante el invierno, los grupos pueden ser más grandes, pero su estructura básica sigue siendo la pareja adulta, que está acompañada por su cervatillo temporalmente. Si el cervatillo es hembra, permanecerá con su madre por más de un año. Por el contrario, los machos jóvenes son expulsados por sus madres o por otros machos adultos y deben dispersarse a nuevas áreas para colonizar. Esta dispersión es importante para la especie, ya que los machos jóvenes tienen la tarea de intercambiar genes entre grupos de huemules potencialmente aislados (Aldridge *et al.*, 2005).

La táctica defensiva de la especie varía según el tipo de amenaza que enfrenta. Frente a la presencia humana, adopta una postura inmóvil, encarando directamente al observador, manteniendo esta posición el tiempo necesario a menos que se reduzca la distancia tolerada. En caso de sentirse presionado, genera saliva y, como último recurso, se aleja velozmente hasta alcanzar una distancia segura. Los huemules destacan como nadadores excepcionales, utilizando el agua como estrategia defensiva ante depredadores al sumergirse y dejando solo el hocico en la superficie para respirar (Muñoz & Yáñez, 2009).

1.7. Distribución

Originalmente en Chile, la población de huemul se distribuía a lo largo de gran parte del país, desde el río Cachapoal (34° S, Región de O'Higgins) hasta el Estrecho de Magallanes (56° S, Región de Magallanes) (López *et al.*, 1998). En el presente hay solo dos poblaciones, que se encuentran separadas por una distancia de aproximadamente 500 km, ilustrada en la Figura 5. La población norte está ubicada en Nevados de Chillán, entre las latitudes 36°S y 37°S, mientras que la población sur se distribuye en la Patagonia Austral, entre las latitudes 41°S y 54°S (Castillo *et al.*, 2013). Según estimaciones realizadas, se cree que en Chile y Argentina hay entre 1048 y 1500 huemules en total (Black-Decima *et al.*, 2016). En el caso de la población de Nevados de Chillán, se ha estimado que había alrededor de 40 individuos en 2002 distribuidos en 11 sitios diferentes. Esta cifra

representa una disminución significativa en comparación con el año 1997, cuando se registraron 60 huemules en 12 sitios. De modo que, en los últimos 20 años, ha habido una disminución de aproximadamente el 58% en la población de huemules en esta zona (Povilitis, 2002; Castillo *et al.*, 2013).

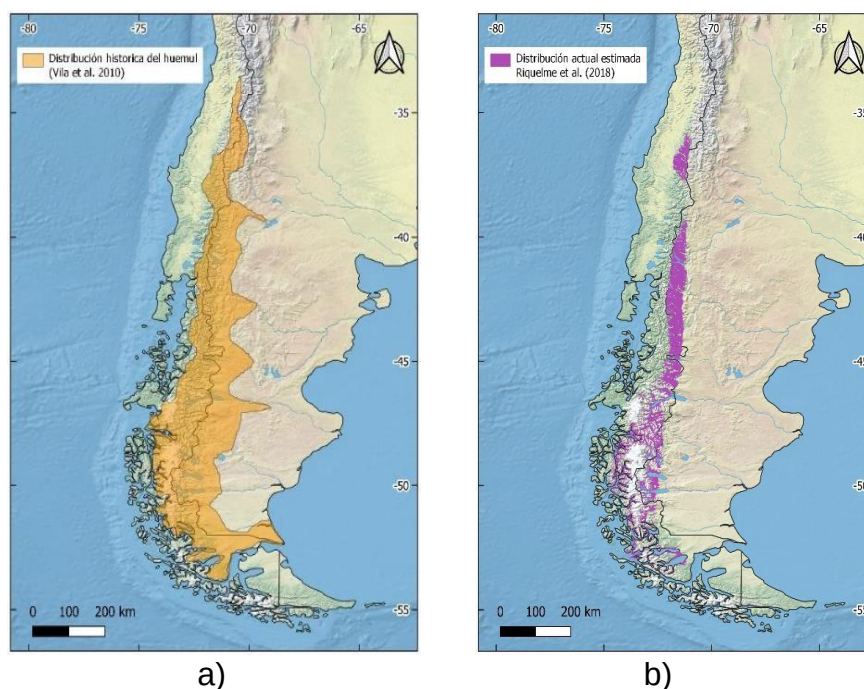


Figura 5. a) Distribución histórica del huemul, b) Distribución actual del huemul.

Fuente: Henríquez, 2023.

1.8. Amenazas

La preservación del huemul enfrenta desafíos significativos debido a diversas amenazas que ponen en peligro su existencia y hábitat en la Reserva de Biosfera Corredor Biológico Nevados de Chillán - Laguna del Laja. Esta

especie se ve sometida a una serie de presiones ambientales que comprometen su supervivencia a largo plazo. En este contexto, es esencial comprender las amenazas que acechan al huemul, desde la fragmentación de su hábitat hasta los impactos derivados de factores como el cambio climático y la actividad humana. A continuación, se describen 10 amenazas para el huemul según el Plan RECOGE huemul 2020.

1.8.1. Proyectos de infraestructura y urbanización: La amenaza a la que se enfrenta el huemul abarca obras que provocan la reducción del hábitat o actúan como obstáculos para su desplazamiento, ya sea de manera temporal o permanente. Aunque hay registros de proyectos en la cordillera de Ñuble en las décadas de los 60 y 70 relacionados con embalses y túneles para el desvío de aguas, los efectos en el huemul son desconocidos debido a la falta del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) en ese tiempo. Sin embargo, se tiene evidencia de la desaparición de grupos de huemules en los años 90 debido a la construcción del Gasoducto y Oleoducto en la Reserva Nacional Ñuble, así como en las cercanías de los ríos Chillán y Diguillín debido al desarrollo inmobiliario, turístico y ganadero asociado a las Termas de Chillán. En la última década, diversos proyectos públicos y privados, como embalses, centrales de paso, exploraciones geotérmicas, líneas de transmisión eléctrica, mejoramientos de caminos y subdivisiones

prediales con proyectos inmobiliarios han surgido en áreas con hábitat o presencia de huemul.

1.8.2. Vulnerabilidad al cambio climático: Esta amenaza se relaciona con las predicciones para los próximos 30 y 50 años, que anticipan un aumento de la temperatura y una disminución de las precipitaciones. Estos cambios climáticos ejercerán un impacto significativo en la vegetación que constituye el hábitat actual del huemul en la región. Se proyecta que las condiciones más favorables para esta población en el futuro estarán ubicadas en la Región de La Araucanía, al sur del paralelo 39° de latitud sur.

1.8.3. Prácticas ganaderas no sustentables: Esta amenaza se centra en la influencia negativa de ganado doméstico, principalmente vacuno y caprino, en el hábitat del huemul durante su estancia estival en la cordillera. Esto provoca el desplazamiento del huemul hacia hábitats de menor calidad. Además, la presencia de animales domésticos como bovinos, caprinos y ovinos actúa como fuente de transmisión de enfermedades parasitarias, virales y bacterianas hacia las poblaciones de huemul, con algunos parásitos o enfermedades que involucran a perros y/o ciervos exóticos.

1.8.4. Presencia de perros: Esta amenaza se refiere a la persecución, daño y depredación que los perros causan a los huemules. En la Reserva de Biosfera, la desaparición de huemules en diversas áreas se atribuye a la presencia de perros asociados a

asentamientos humanos. Asimismo, los perros que acompañan a los arrieros de ganado representan otra amenaza, ya que vagan libremente por áreas cordilleranas, a menudo en gran número y en condiciones alimentarias o sanitarias deficientes.

1.8.5. Actividades recreativas: Esta amenaza está vinculada al desplazamiento del huemul de áreas que experimentan una afluencia masiva y frecuente de personas, especialmente durante la temporada estival. El turismo asociado a entornos naturales aumenta cada año, pero el problema radica en la falta de control efectivo sobre esta actividad. En general, estas áreas carecen de zonas designadas para acampar, lo que resulta en una gestión inadecuada de residuos, dando lugar a la acumulación de basura y la tala de árboles para fogatas, aumentando el riesgo de incendios. Además, la presencia humana, con su ruido y la compañía de perros, provoca que el huemul se aleje de estas áreas, que están en constante aumento en la cordillera de la región.

1.8.6. Incendios: Esta amenaza se refiere a los posibles impactos directos o indirectos de los incendios forestales en el hábitat del huemul. Aunque animales altamente móviles como el huemul rara vez sufren daños directos por el fuego, suelen desplazarse hacia áreas que pueden no ser ideales para la especie, generando efectos negativos en los meses siguientes al incendio,

especialmente durante el invierno. El bosque cordillerano habitado por el huemul es altamente inflamable tanto en la copa de los árboles como bajo el dosel. Esta amenaza es más frecuente durante el verano, cuando las altas temperaturas, la baja humedad relativa y el estrés hídrico predisponen a la vegetación como material combustible, facilitando la propagación de los incendios.

1.8.7. Prácticas forestales inadecuadas: La amenaza proveniente de la práctica forestal impacta al huemul, ya que aún persisten intervenciones en el bosque nativo sin planes de manejo adecuados y cortas ilegales de áreas variables. Estas acciones provocan la degradación general del hábitat, aumentan el riesgo de incendios y contribuyen al aislamiento de fragmentos de bosque nativo de calidad. En conjunto, estos efectos afectan negativamente a procesos ecológicos esenciales, como la movilidad y la dispersión de los animales.

1.8.8. Presencia de ungulados exóticos: La amenaza derivada de los ciervos exóticos, especialmente el ciervo rojo (*Cervus elaphus*), una especie de gran tamaño y comportamiento gregario con tendencia a la agresión entre machos, resulta en el desplazamiento del huemul en las áreas que ambos comparten. Se señala que el ciervo rojo no solo compite por el espacio con el huemul, sino que también puede transmitir enfermedades como tuberculosis, brucelosis y trichinela, aunque la información específica sobre

estos casos es limitada. Aunque actualmente la presencia de ciervo rojo en la Reserva de Biosfera está restringida a dos puntos, su condición de especie silvestre plantea un riesgo potencial de expandirse hacia hábitats cordilleranos adicionales.

1.8.9. Caza ilegal: En el pasado, la caza del huemul tuvo un impacto significativo en toda su área de distribución, especialmente cuando esta práctica no era ilegal. En la Región del Biobío, existen informes que indican que la caza del huemul fue uno de los factores determinantes que redujo drásticamente la población hasta la década de 1980. Aunque se tienen registros más recientes de esta amenaza en 1992, su potencial importancia persiste si la caza llegara a convertirse nuevamente en una actividad común.

1.8.10. Desastres naturales: Esta amenaza se vincula con eventos naturales impredecibles y de gran magnitud, como las erupciones volcánicas, considerando la presencia de varios volcanes importantes en la cordillera de las regiones de Ñuble y Biobío. Otra amenaza potencial podría derivarse de eventos inusuales, como extensas sequías o inviernos particularmente difíciles. Estos eventos ambientales extremos son especialmente significativos para especies silvestres con poblaciones reducidas.

1.9. Cambio de uso de suelo

El suelo se puede conceptualizar como la capa superficial de la tierra, caracterizada por la interacción dinámica y compleja de diversos elementos, incluyendo minerales, materia orgánica, agua, aire y organismos vivos. Dicho lo anterior, el suelo se presenta como un sistema integrado que influye en varios aspectos, como el clima superficial, la hidrología, y que alberga poblaciones de plantas y animales, junto con reflejar los resultados físicos de las actividades humanas pasadas y presentes (Verheye, 2009; Weil & Brady, 2017).

El cambio de uso de suelo ha generado significativa preocupación entre científicos e investigadores en las últimas décadas, dado que este fenómeno influye en el cambio climático, reduce la diversidad biótica, degrada el suelo y reduce la capacidad de los sistemas biológicos para satisfacer las necesidades humanas. Estas alteraciones son consecuencia de la interacción inadecuada entre la actividad humana y su entorno ambiental (Lambin *et al.*, 2003; Turner *et al.*, 2007; Altamirano & Lara, 2010).

Las modificaciones habituales en el uso del suelo comprenden la tala de bosques, la expansión agrícola, la urbanización y las inundaciones. Estas transformaciones en el uso del suelo son el principal impulsor de las alteraciones en la biodiversidad. La conversión de bosques en praderas, por ejemplo, conlleva a que especies de plantas y animales que habitan esta área corran el riesgo de desaparecer localmente, ya que el nuevo tipo de cubierta

que no respalda a algunas de las especies anteriores. La alteración en la biodiversidad también puede ser indirecta, a través de la modificación del hábitat. Las alteraciones en el uso del suelo afectan prácticamente a todos los hábitats. La fragmentación puede disminuir la diversidad de especies al alterar procesos naturales como la dispersión de semillas o al introducir nuevos procesos como la competencia con especies exóticas. La fragmentación del paisaje puede resultar en la reducción de hábitats y en la disminución o eliminación de algunas especies animales o vegetales (Dale, 1997; Sala *et al.*, 2000; Lambin *et al.*, 2003; Echeverría *et al.*, 2008).

En Chile, se ha iniciado una transformación significativa en el uso de los bosques templados para satisfacer la creciente demanda global de productos de madera y papel, así como para la creación de áreas destinadas a la agricultura y praderas (Echeverría *et al.*, 2008; Altamirano & Lara, 2010). Estos bosques templados chilenos, destacados por su biodiversidad única y niveles significativos de endemismo, son considerados una de las áreas más cruciales para la vida silvestre a nivel mundial. La Iniciativa Global 200 de WWF y el Banco Mundial han identificado a esta región como una de las ecorregiones más amenazadas del mundo (Altamirano & Lara, 2010).

La evolución de la política forestal chilena, marcada por el Decreto Ley 701 promulgado el año 1974 como parte de las reformas neoliberales, ha desempeñado un papel crucial. Este cambio político se suma a las ventajas comparativas que ofrece Chile para la silvicultura de plantaciones,

aprovechando un entorno favorable para el crecimiento de especies como el pino radiata (*Pinus radiata*) y los eucaliptos (*Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens*), así como un acceso propicio a los mercados y tierras con bajos costos de tala. A pesar de ser considerado un éxito económico, el modelo de conversión a plantaciones plantea una de las mayores amenazas para los ecosistemas de bosques nativos, especialmente los bosques templados lluviosos en las regiones centro-sur y sur del país. Esta transformación suscita preocupaciones en relación con la pérdida de biodiversidad y la vulnerabilidad de áreas ecológicamente significativas (Nahuelhual *et al.*, 2012).

1.10. Área de estudio

El área de estudio se ubica en la subcuenca del río Ñuble que se encuentra dentro de los límites de la Reserva de Biosfera Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Laja, Ñuble. Como se expone en la Figura 6, la delimitación del área consideró las subsubcuencas del río Ñuble contenidas en el límite antes mencionado en lo que corresponde a la Reserva de la Biosfera en la región de Ñuble. Esta área presenta una superficie de 228.235 ha, ubicándose aproximadamente entre los 36°21' S – 71°43' O y 36°58' S – 71°00' O.

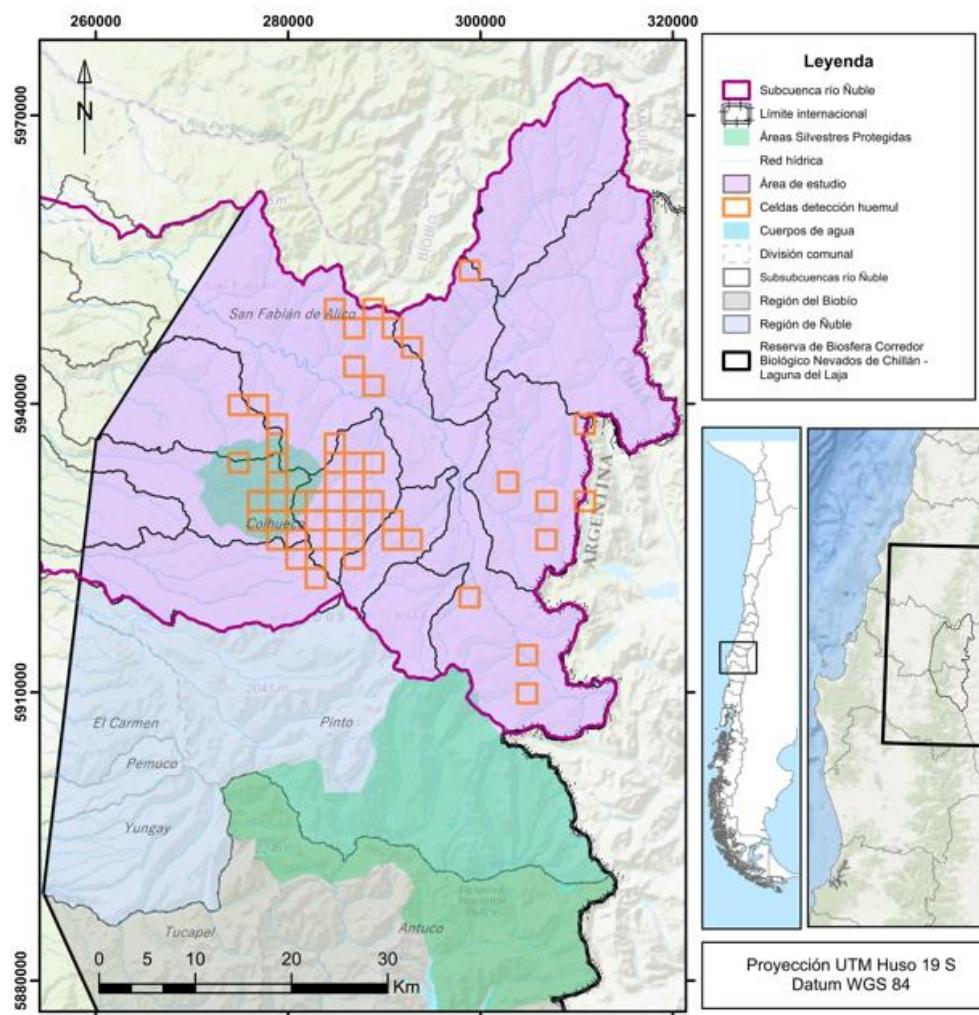


Figura 6. Área de estudio. Elaboración propia.

Esta subcuenca se sitúa en una zona de transición climática, caracterizada por la conjunción de los climas mediterráneo por el norte y templado lluvioso que son típicos del sur de Chile, este clima se caracteriza por presentar veranos secos con temperaturas entre 20° y 30° C, mientras que el invierno se presenta frío y lluvioso. En el sector cordillerano, a altitudes que superan los 1.500 metros, se manifiesta un clima frío de altura caracterizado por considerables niveles de precipitación, que pueden alcanzar incluso más de 2.000 mm

anuales. Las bajas temperaturas que predominan en esta área propician la presencia de nieves permanentes en las elevaciones más altas de la cordillera (Figueroa & Corales, 2007; Pfanzelt *et al.*, 2008; BCN, 2023).

La zona de estudio es topográficamente montañosa, con altitudes que varían entre 900 y 2.400 metros. La Cordillera de los Andes en esta área es de baja altura, con una media de alrededor de 2.000 m.s.n.m. Destaca el Volcán Chillán con 3.172 m.s.n.m. como principal elevación. La región precordillerana contribuye a un relieve con apariencia de lomajes relativamente bajos, densamente cubiertos de vegetación. El origen de esta topografía se vincula principalmente con secuencias geológicas denominadas volcanosedimentarias, datadas entre el Oligoceno y el Mioceno, aproximadamente hace 22 millones de años (Figueroa & Corales, 2007; BCN, 2023).

La subcuenca del río Ñuble se sitúa en una zona de transición vegetacional donde convergen ecosistemas de la ecorregión del bosque esclerófilo de la zona central y del bosque templado austral. En este entorno, se pueden apreciar especies como espino (*Acacia caven*), boldo (*Peumus boldus*), maitén (*Maytenus boaria*), peumo (*Cryptocarya alba*) y quillay (*Quillaja saponaria*), que forman parte de la vegetación esclerófila tradicional del centro del país. En altitudes más elevadas, se encuentran especies como roble (*Nothofagus obliqua*), ciprés (*Austrocedrus chilensis*), raulí (*Nothofagus alpina*), lenga

(*Nothofagus pumilio*) y mañío (*Podocarpus nubigenus*) (Figueroa & Corales, 2007; BCN, 2023).

El área de estudio abarca las comunas de Coihueco y San Fabián de Alico, donde las actividades económicas principales incluyen la ganadería, la agricultura, los cultivos forestales, así como el turismo orientado a la naturaleza y el turismo rural. Este territorio también está siendo objeto de atención para el desarrollo de proyectos relacionados con la generación de energía, sistemas de riego y mejoras viales. Estas iniciativas, si bien pueden contribuir al progreso económico, también generan tensiones en la gestión sustentable de la zona (CONAF, 2015).

La Reserva de la Biosfera Corredor Biológico Nevados de Chillán - Laguna del Laja es un área de gran importancia para la conservación de la biodiversidad en la región. Sin embargo, el cambio de uso de suelo y la reducción del hábitat han generado preocupación en relación con la supervivencia de diversas especies. Por lo que esta investigación tiene como objetivo analizar el impacto del cambio de uso de suelo en el hábitat del huemul, utilizando una metodología basada en revisión bibliográfica y mapa de distribución.

2. HIPÓTESIS

El cambio de uso de suelo en la subcuenca del Río Ñuble ha reducido el hábitat del huemul.

3. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- ¿Cuál es o son las relaciones entre los cambios de uso del suelo (actividades económicas asociadas) y el hábitat del huemul en la subcuenca del río Ñuble?
- ¿Cuáles son los factores forzantes de dichos cambios, en las últimas dos décadas?

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Analizar los cambios de uso de suelo en la subcuenca del río Ñuble entre los años 1997 - 2023 y su relación con el hábitat del huemul.

4.2. Objetivos específicos

- Caracterizar el hábitat del huemul en la subcuenca del río Ñuble a partir de la grilla de avistamientos de la especie.
- Identificar, a partir de la grilla de avistamiento, hábitat potencial de la especie en la subcuenca del río Ñuble.
- Cualificar y cuantificar los cambios de hábitats (usos y actividades económicas) entre los años 1997 y 2023, a partir de interpretación de imágenes satelitales, coberturas de CONAF y grillas de avistamiento de la especie.

5. METODOLOGÍA

5.1. Enfoque de la investigación

El enfoque de esta investigación es cuantitativo, este enfoque "se caracteriza por la recolección y el análisis de datos numéricos, utilizando métodos estadísticos y matemáticos, con el objetivo de medir variables, establecer relaciones, identificar patrones y generalizar resultados a partir de una muestra a una población más amplia" (Kumar, 2014). Esta investigación es de este enfoque porque se plantea entender el impacto que ha tenido el cambio de uso de suelo en la subcuenca del río Ñuble dentro de los límites de la Reserva de Biosfera sobre los huemules a través de avistamientos registrados en diferentes zonas, utilizando datos numéricos como cantidad de registros, superficie asociada al uso de suelo, elevación y pendiente, permitiendo su comparación entre sí.

5.2. Revisión bibliográfica

Inicialmente, se realizó de manera exhaustiva y rigurosa una búsqueda de información bibliográfica disponible sobre el huemul, abarcando fuentes como revistas científicas, libros especializados y los buscadores de bases de datos académicos ScienceDirect, Springer Link, Scielo, Web of Science y Google Scholar, reuniendo así artículos científicos y técnicos acerca del hábitat de la especie en el sector de Nevados de Chillán. Asimismo, se procedió al análisis de artículos, informes técnicos y estudios no publicados relacionados con el huemul. Esta valiosa información fue facilitada por CONAF, permitiendo así

complementar la revisión bibliográfica con datos cruciales sobre el hábitat y comportamiento del huemul.

5.3. División temporal del estudio

Para llevar a cabo el estudio sobre los cambios de uso de suelo en la subcuenca del río Ñuble en los últimos 26 años, es decir, desde el año 1997 hasta el 2023, se ha dividido este periodo en tres intervalos temporales distintos. Estas divisiones permiten analizar y comprender de manera más detallada la evolución del paisaje y su influencia en el hábitat del huemul. El primer periodo abarca desde 1997 hasta 2005, seguido por el segundo periodo que comprende desde el año 2006 hasta el 2015, y finalmente el tercer periodo se extiende desde el 2016 hasta el 2023.

5.4. Fuentes de información

La conservación del huemul, ha sido un esfuerzo colectivo donde diversas ONG's, universidades, entidades privadas y servicios públicos se han comprometido activamente. En este contexto, cabe destacar que la Universidad de Concepción y CONAF han desempeñado un papel fundamental al proporcionar información espacial no publicada sobre los avistamientos del huemul en el área de estudio (puntos georreferenciados y grilla), información necesaria para identificar y caracterizar que tipos de hábitats prefiere la especie, además de la facilitación de las curvas de nivel correspondientes a la zona de estudio.

Desde la página web de CONAF (www.sit.conaf.cl) fue descargada la información respecto al catastro vegetacional y uso de suelo en Chile, correspondiente a los años 1997 y 2015 de forma gratuita, siendo este último el registro más reciente disponible para la región de Ñuble.

La actualización del uso del suelo al año 2023 se llevó a cabo mediante la utilización de imágenes satelitales descargadas de Google Earth Engine (GEE). Específicamente, se hizo uso de datos provenientes del satélite Sentinel-2 – BOA, cuyo procesamiento entrega las imágenes con corrección atmosférica de reflectancia de superficie. Para construir el mosaico representativo y completo del área de estudio, se procesaron un total de 29 imágenes capturadas durante el mes de enero del año 2023.

5.5. Actualización uso de suelo

Por medio del software ArcGIS 10.5 fue procesado el mosaico obtenido por las imágenes satelitales, se inició la clasificación mediante el procedimiento de clasificación supervisada y la aplicación del método de máxima verosimilitud para construir la firma espectral (Chuvienco, 2002). Para este propósito, se empleó la combinación de bandas 8A, 11, 4 (infrarrojo cercano, onda corta infrarroja y rojo, respectivamente) con una resolución de 20 m, con el fin de producir una representación visual que facilitara la identificación de las distintas coberturas, para complementar esta información se hizo uso imágenes de alta resolución disponibles en Google Earth. Como resultado de este proceso, se logró categorizar las imágenes en 9 tipos de coberturas de

suelo, las cuales se enumeran a continuación: (1) bosque nativo, (2) monocultivo forestal, (3) uso agropecuario, (4) matorral, (5) estepa andina, (6) sin vegetación, (7) nieve, (8) cuerpos de agua, (9) urbano. Para realizar una comparación adecuada, el uso de suelo de las capas de “*Catastros Recursos Vegetacionales y Usos de la Tierra de Chile*” tanto del año 1997 como del año 2015, fueron homologadas a las categorías obtenidas a partir de la imagen satelital.

5.6. Objetivo 1. Caracterización del hábitat del huemul

El análisis de la grilla de avistamiento consistió en el estudio de cuatro variables mencionadas a continuación: (1) uso de suelo, (2) altitud, (3) pendiente, (4) exposición solar, las cuales fueron analizadas en los tres periodos establecidos, encontrando patrones que permitieran caracterizar el hábitat del huemul en la zona. Es importante señalar que, si bien el análisis comprende desde el año 1997 al año 2023, los registros de avistamientos en el área de estudio se limitaron hasta el año 2020, sumando un total de 182 observaciones de huemules.

5.7. Objetivo 2. Identificación de hábitat potencial de la especie

Para la identificación de sectores con similitudes a la grilla de avistamientos, se hizo uso del software ArcGIS 10.5, en el cual se tomaron en consideración las mismas variables del objetivo anterior. A estas se les asignó una

ponderación en relación a su relevancia para la presencia del huemul, dichas ponderaciones se detallan a continuación:

- Uso de suelo (50%): Dado que el huemul prefiere ciertas coberturas de suelo, esta variable tiene una ponderación alta en el análisis, ya que proporciona información crucial sobre la disponibilidad y calidad del hábitat.
- Altitud (30%): La altitud es un factor importante en la distribución del huemul. Por lo tanto, esta variable recibe una ponderación media, ayudando a identificar áreas potenciales de hábitat.
- Pendiente (15%): La pendiente del terreno puede afectar la accesibilidad y calidad del hábitat para el huemul, aunque su influencia puede ser menos directa que la del uso de suelo y la altitud.
- Exposición solar (5%): La exposición solar puede afectar las condiciones microclimáticas y la disponibilidad de recursos en el hábitat del huemul. Sin embargo, su influencia puede ser menos directa que otras variables.

Cada una de las subcategorías de las variables fue reclasificada como se detalla en las Tabla 1, Tabla 2, Tabla 3 y Tabla 4, según donde sería más factible que se encontrara la especie, recibiendo el valor “1” donde la probabilidad fuera baja, “2” media y “3” alta. Finalmente, se procedió a integrar estas variables mediante la herramienta “*Calculadora Raster*”.

Tabla 1. Valores de reclasificación para uso de suelo.

Uso de suelo	Probabilidad
Bosque nativo	3
Monocultivo forestal	1
Uso agropecuario	1
Matorral	3
Estepa andina	2
Sin vegetación	2
Nieve	2
Cuerpos de agua	2
Urbano	1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Valores de reclasificación para elevación.

Elevación (m.s.n.m.)	Probabilidad
400 - 800	1
800 - 1500	3
1500 - 1700	2
1700 - 3200	3

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Valores de reclasificación para pendiente.

Pendiente (°)	Probabilidad
0 - 20	2
20 - 30	3
30 - 40	3
40 - 50	1
50 - 60	1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Valores de reclasificación para exposición solar.

Exposición solar	Probabilidad
Norte	3
Noreste	3
Este	1
Sudeste	1
Sur	2
Sudoeste	2
Oeste	3
Noroeste	3

Fuente: Elaboración propia

5.8. Objetivo 3. Cualificar y cuantificar los cambios de hábitats.

La matriz de Markov o también llamada matriz de transición es una herramienta fundamental para comprender la dinámica del cambio de uso de suelo en un área específica a lo largo del tiempo. En este caso, se utilizó para contrastar la información de dos años distintos, 1997 y 2023. Esta matriz consiste en una tabla simétrica de doble entrada donde se presentan las coberturas del suelo en los ejes horizontal y vertical. Cada celda de la matriz representa la superficie de las áreas que experimentaron cambios entre los años seleccionados. Es importante destacar que las celdas ubicadas en la diagonal principal de la matriz indican la superficie de aquellas áreas que no experimentaron cambios durante el período analizado (Aguayo et al., 2009).

La tasa de cambio para cada uso de suelo fue calculada mediante la siguiente fórmula [1] (Aguayo et al., 2009):

$$P = \frac{100}{t_2 - t_1} \ln \frac{S_2}{S_1} \quad [1]$$

Dónde:

P = Porcentaje de cambio por año.

t_1 = Tiempo 1.

t_2 = Tiempo 2.

S_1 = Superficie en el tiempo 1.

S_2 = Superficie en el tiempo 2.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Caracterización del hábitat del huemul

La caracterización del hábitat del huemul en la subcuenca del río Ñuble, basada en la grilla de avistamientos de la especie, ha proporcionado valiosa información sobre las preferencias ambientales de esta especie en el área de estudio. Los resultados clave son los siguientes:

Cobertura de suelo: En los tres periodos estudiados, se evidencia una marcada predisposición de los huemules hacia áreas caracterizadas por la presencia de bosque nativo, muchas de las cuales son colindante con zonas sin vegetación y/o zonas de matorral, registrándose la mayoría de los avistamientos en estas áreas o muy próximas a ellas como se observa en la figura 7. Por otro lado, los avistamientos que fueron registrados como echaderos, se sitúan en sectores sin vegetación cercanos a bosque nativo y a cursos de agua. La preferencia por bosque nativo coincide con las descripciones bibliográficas del hábitat de la especie, las cuales señalan la presencia de bosques templados dominados por especies como la lenga (*Nothofagus pumilio*), roble (*Nothofagus obliqua*), raulí (*Nothofagus alpina*) y coigüe (*Nothofagus dombeyi*), así como la predilección por zonas con presencia de vegetación arbustiva representada por el crucero (*Colletia spinosa*), la chupalla (*Eryngium paniculatum*), el pichi (*Fabiana imbricata*), la puya (*Puya sp.*) y el romerillo (*Baccharis sp.*), arbustos asociados con el

matorral esclerófilo de Chile central (Droully, 1983; Gill et al., 2008; Pérez, 2010).

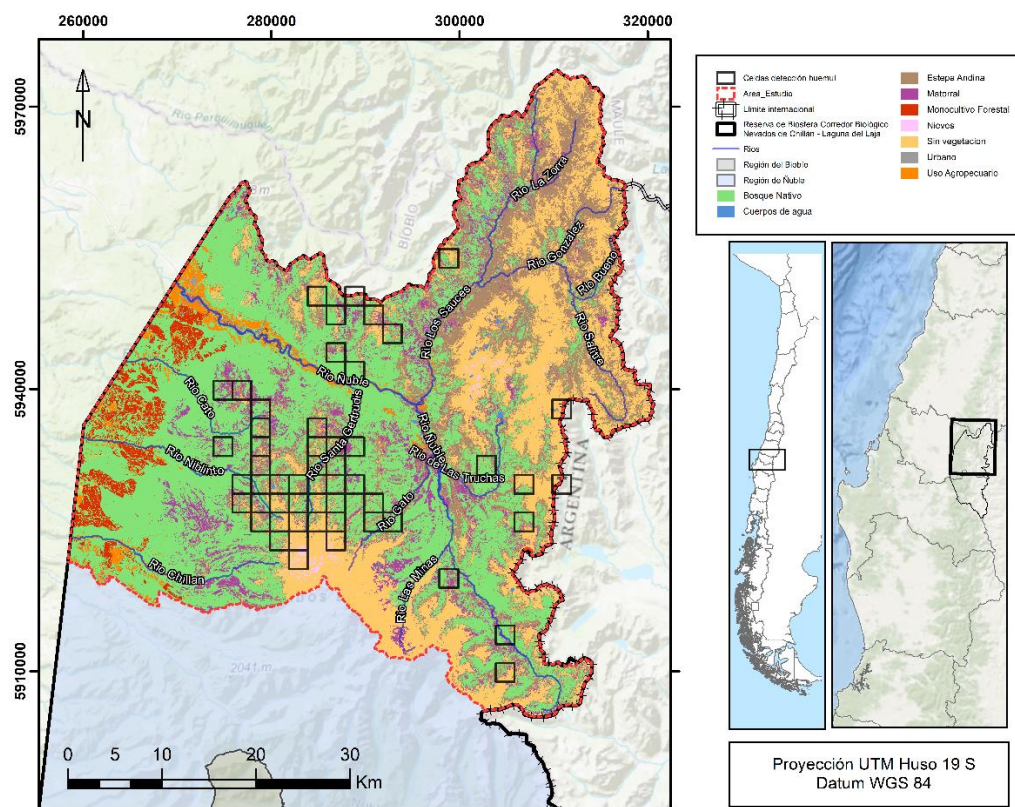


Figura 7. Usos de suelo en el área de estudio con grilla de avistamientos.
Fuente: Elaboración propia.

Elevación: Como se expone en la Tabla 5, en el primer periodo (1997 - 2005), se observa una distribución mayoritaria entre los 1700 y 3200 m.s.n.m. En el segundo periodo (2006 - 2015), se evidencia una mayor presencia del huemul en el rango de altitudes entre los 1700 y 3200 m.s.n.m., sin embargo, también se registra una cantidad considerable de avistamientos en altitudes más bajas,

entre los 400 y 1500 m.s.n.m., como se ilustra en la figura 8. Finalmente, en el tercer periodo (2016 - 2023), se observa una distribución similar a la del segundo periodo, con mayor cantidad de avistamientos en altitudes más bajas. Estos resultados son consistentes con la literatura consultada, según Povillitis 2002, la especie prefiere áreas que alcancen al menos 1750 metros de elevación. Sin embargo, durante el invierno, el huemul tiende a buscar zonas boscosas situadas por debajo del límite de la nieve, alrededor de los 1500 m.s.n.m. en el área de la subcuenca del río Ñuble. En contraste, en verano, la especie se traslada a altitudes más elevadas, coincidiendo con el límite superior de los bosques y el límite inferior de las praderas andinas (Droully, 1983).

La variación estacional en la altitud del hábitat del huemul puede estar relacionada con la disponibilidad de recursos y las condiciones climáticas. Si bien los registros no registran fecha, se podría deducir que, durante los meses más fríos, el huemul migra hacia altitudes más bajas para buscar refugio en áreas boscosas protegidas de las severidades del clima. En primavera - verano, las condiciones climáticas son más favorables en altitudes más altas, lo que coincide con la presencia del huemul en elevaciones superiores.

Tabla 5. Elevaciones donde hubo registro de avistamiento de huemules en los tres periodos estudiado.

Periodo	Elevación (m.s.n.m.)		
	400 - 1500	1500 - 1700	1700 – 3200
1997 - 2005	2	5	10
2006 - 2015	30	24	48
2016 - 2023	31	4	28
Total	63	33	86

Fuente: Elaboración propia.

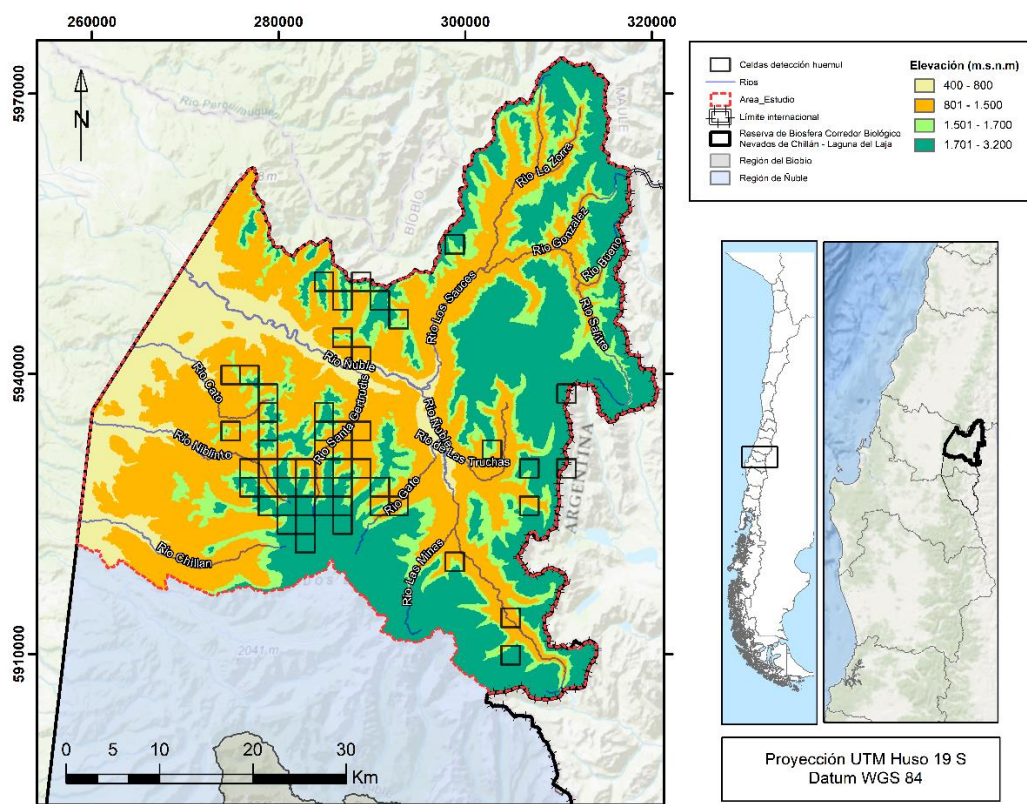


Figura 8. Elevaciones en el área de estudio con grilla de avistamientos. Fuente: Elaboración propia.

Pendiente: Los resultados del análisis de la grilla de avistamientos muestran una clara asociación entre la presencia del huemul y las pendientes del terreno. La mayoría de los registros de avistamientos se concentran en zonas con pendientes significativas, especialmente en el rango de 20° a 40° grados, como se detalla en la Tabla 6. Esto sugiere una preferencia del huemul por áreas con topografía abrupta.

Los hallazgos del análisis de pendiente coinciden con las descripciones realizadas por Povillitis en 2002 y Acosta en 2004, quienes indican que el huemul prefiere sitios que presenten pendientes entre 30 y 40 grados como se observa en la figura 9. Estas áreas comprenden laderas con la presencia de abundantes afloramientos rocosos y suelos de escaso desarrollo. La adaptación del huemul a terrenos escarpados puede estar relacionada con la disponibilidad de recursos y la protección contra depredadores. Las pendientes pronunciadas ofrecen refugio y áreas de camuflaje para la especie, lo que podría explicar su preferencia por este tipo de hábitats.

Tabla 6. Cantidad de registro de avistamiento de huemules según rango de pendiente en los tres periodos estudiado.

Periodo	Pendiente (°)				
	0 - 20	20 - 30	30 - 40	40 - 50	50 - 60
1997 - 2005	1	6	10	0	0
2006 - 2015	30	32	32	6	2
2016 - 2023	14	40	9	0	0

Fuente: Elaboración propia.

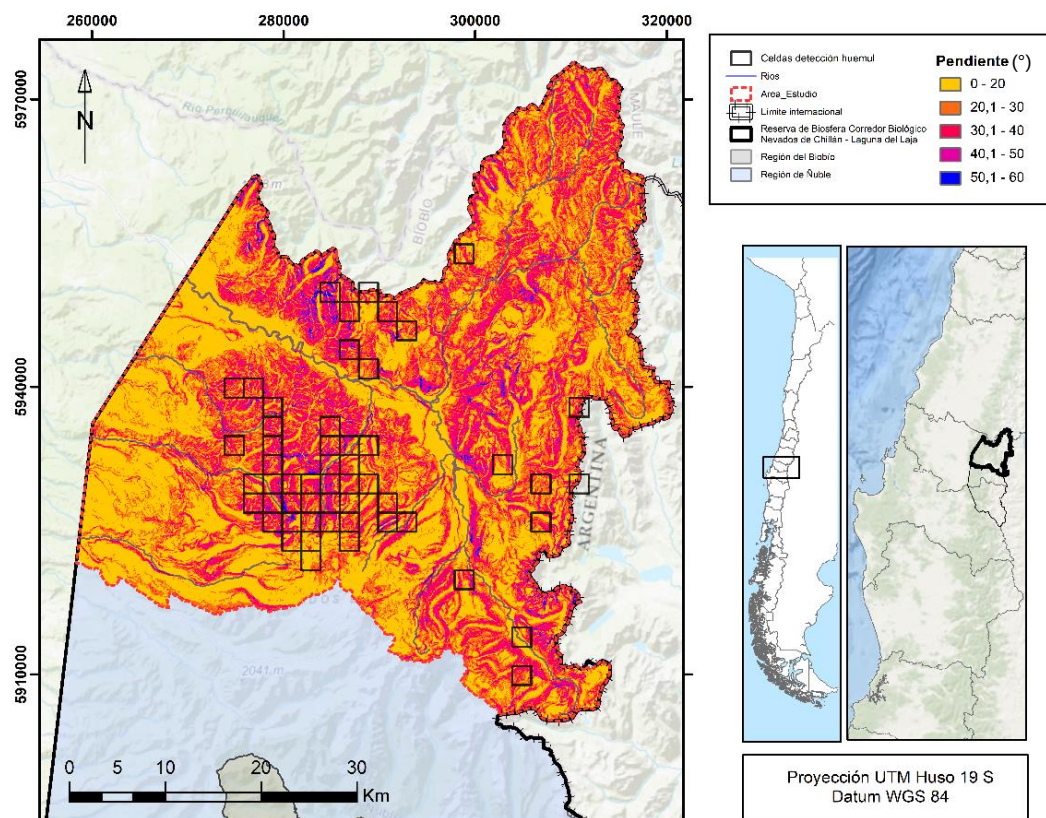


Figura 9. Pendientes en el área de estudio con grilla de avistamientos. Fuente: Elaboración propia.

Exposición solar: De acuerdo a los puntos y grilla de avistamientos, se observa una tendencia en cuanto a la preferencia de exposición solar por parte del huemul como se ilustra en la figura 10. La mayoría de los registros de avistamientos se encuentran en áreas donde la exposición solar es principalmente norte, noroeste, noreste u oeste, como se detalla en la Tabla 7. De acuerdo a Povillitis 2002, el huemul prefiere sitios que presenten exposición solar norte. La selección de áreas con exposición solar norte por parte del huemul puede estar relacionada con la búsqueda de condiciones óptimas para la alimentación, el refugio y otras actividades vitales. La

exposición solar influye en la disponibilidad de recursos y en la estructura del hábitat, lo que puede afectar la distribución y la abundancia de la especie en el paisaje.

Tabla 7. Cantidad de registros de avistamiento de huemules según la exposición solar.

Periodo	Exposición solar							
	Norte	Noreste	Este	Sudeste	Sur	Sudoeste	Oeste	Noroeste
1997 - 2005	3	2	1	2	2	2	2	3
2006 - 2015	22	14	7	6	11	10	9	18
2016 - 2023	8	5	2	2	2	4	23	14

Fuente: Elaboración propia.

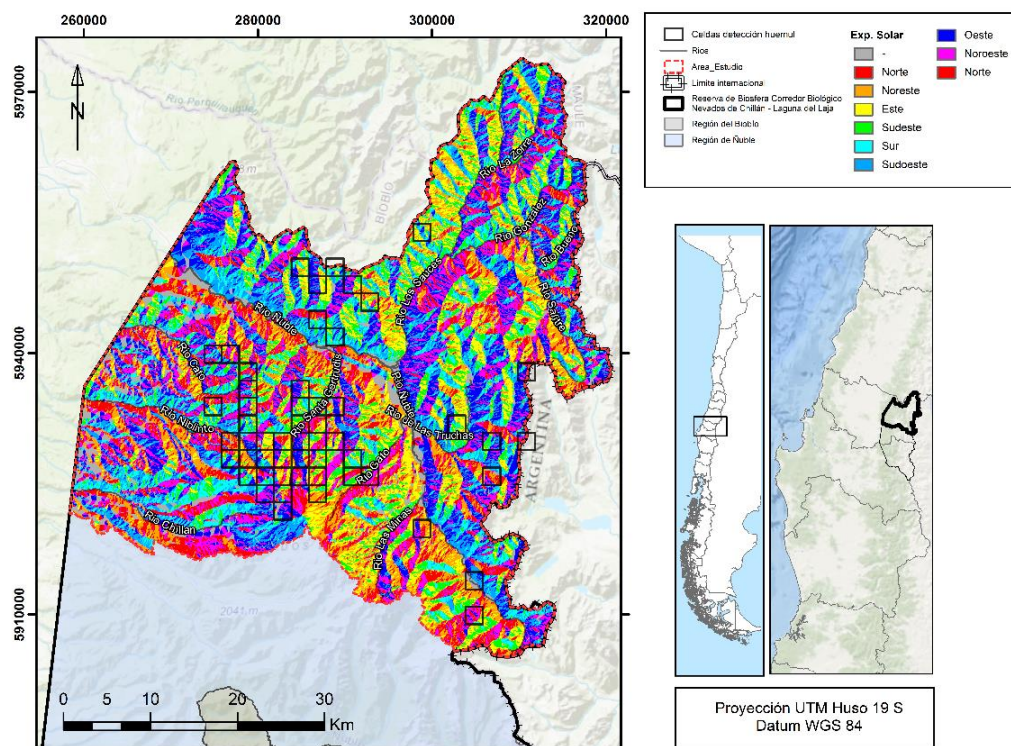


Figura 10. Exposición solar en el área de estudio con grilla de avistamientos.

Fuente: Elaboración propia.

En base a los resultados obtenidos de estas 4 variables, el hábitat del huemul se puede caracterizar con una marcada preferencia por áreas cubiertas de bosque nativo, con registros también en zonas adyacentes a matorrales y cursos de agua. En cuanto a la elevación, el huemul se mueve en zonas entre los 900 y los 2400 m.s.n.m., deduciendo que pueden preferir áreas bajo el límite de la nieve (1500 m.) en invierno, y áreas más elevadas durante la temporada de primavera – verano. Asimismo, la especie tiende a habitar terrenos escarpados con una preferencia por pendientes entre 20° y 40° grados. Además, muestra una mayor presencia en áreas con exposición solar norte, noroeste, noreste u oeste. Si bien estos resultados coinciden en gran parte con lo descrito en la literatura, se encontraron limitaciones que pudieron haber afectado estos resultados obtenidos, como la falta de información respecto a la fecha de cada registro de avistamiento, lo cual podría haber aportado información crucial acerca de las migraciones estacionales que realiza la especie según la literatura. Por otro lado, en los últimos dos periodos los registros corresponden principalmente a información proporcionada por cámaras trampa, las cuales están ubicadas en su mayoría en la Reserva Nacional Huemules de Niblinto o a su alrededor, lo que podría significar que esta es la zona más estudiada o la zona donde más habita la especie.

6.2. Identificación de hábitat potencial para la especie

En base a la información extraída de la grilla de avistamientos, respecto a las características ambientales preferidas por el huemul, se logró identificar un total de 110.400 ha. dentro de la subcuenca del río Ñuble que deberían contar con los requerimientos de la especie, como lo es la presencia de bosque nativo, matorral, cursos de agua y la topografía adecuada. Por ende, podrían ser áreas potenciales de hábitat para el huemul. En la figura 11 se pueden observar estos sectores demarcados por una grilla donde cada celda representa un área de 400 ha.

Estos resultados proporcionan información valiosa para la conservación y manejo del hábitat del huemul dentro de la subcuenca del río Ñuble, permitiendo identificar áreas prioritarias para la implementación de medidas de protección y restauración, así como para la planificación de actividades de monitoreo y seguimiento de la población de huemules en la región.

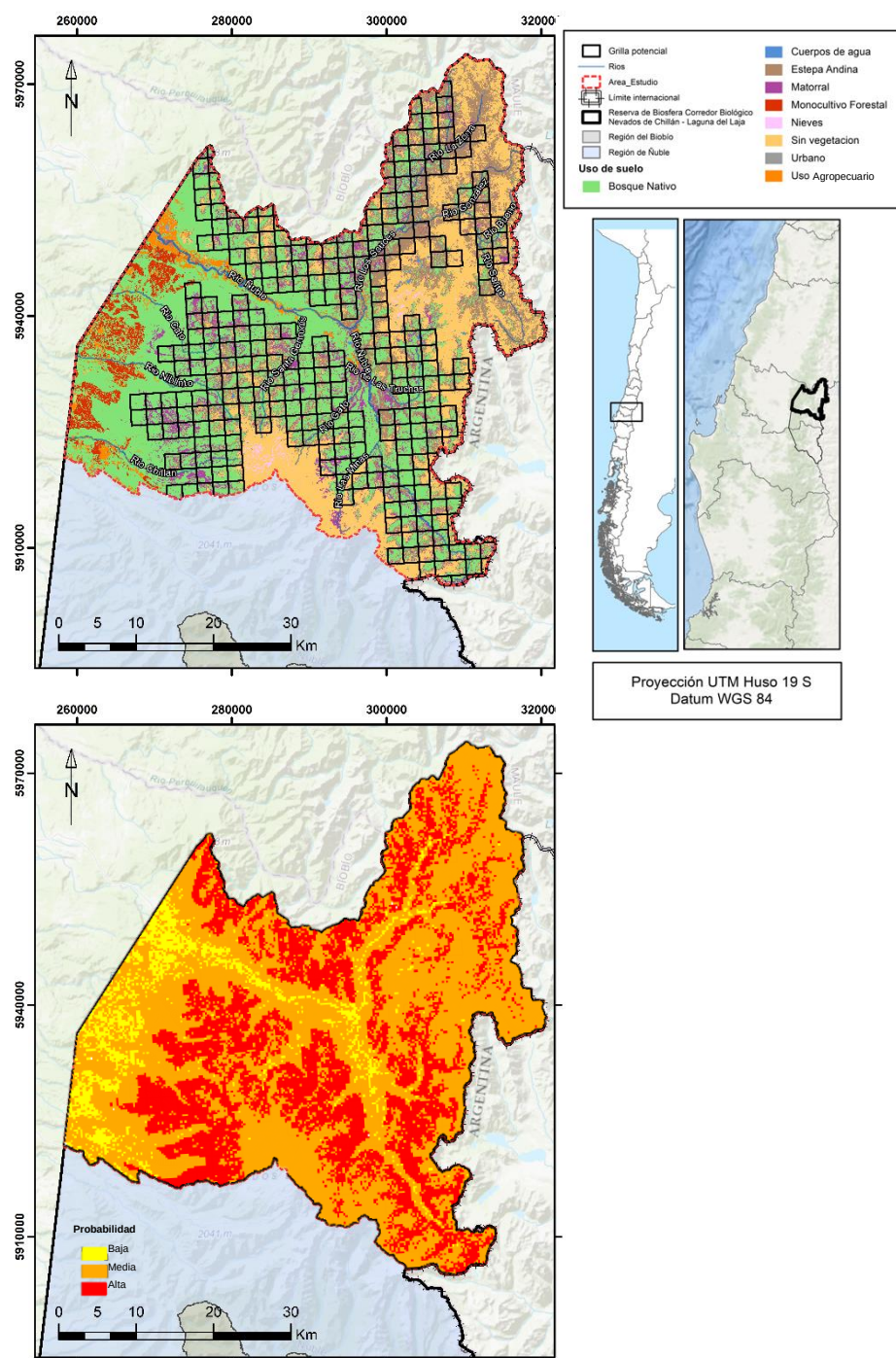


Figura 11. Grilla de potencial hábitat para el huemul en el área de estudio.
Fuente: Elaboración propia.

6.3. Cualificación y cuantificación de los cambios de hábitats

El análisis de los cambios de uso de suelo a lo largo de tiempo en la subcuenca del río Ñuble, para los periodos 1997 – 2015; 2015 – 2023 y 1997 – 2023 se visualizan a continuación en la figura 12.

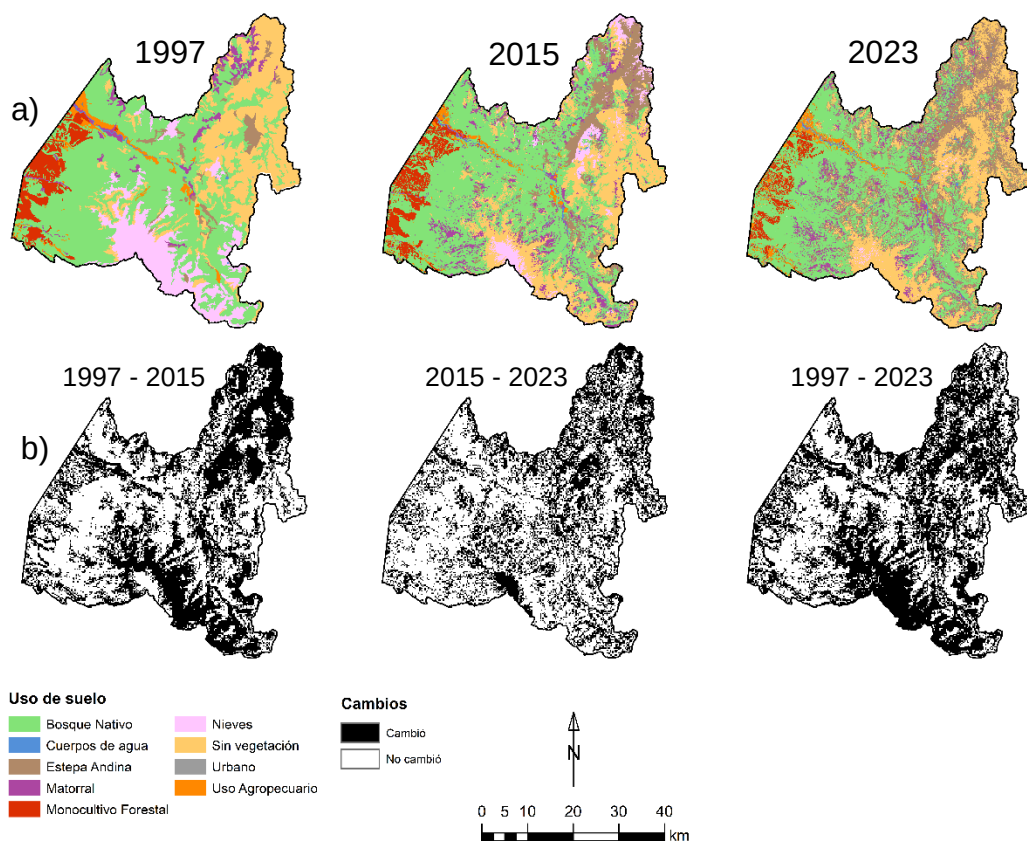


Figura 12. a) Coberturas de suelo para los años 1997, 2015 y 2023. b) Cambios en los usos de suelo para los periodos 1997 – 2015, 2015 – 2023 y 1997 – 2023. Fuente: Elaboración propia.

Primer periodo (1997 - 2015): Se puede evidenciar un notorio cambio en el sector norte cordillerano del área de estudio, pasando de ser una zona principalmente sin vegetación en el año 1997 a una zona cubierta de estepa andina para el año 2015.

También se puede observar una drástica disminución en el uso de suelo “nieve”, lo que se puede asociar al cambio climático. Según Bahamondez 2021, en Chile central, esta variación en las condiciones climáticas tiene como consecuencias la disminución de la capa de nieve, la pérdida de hielos y el retroceso de glaciares. Se ha determinado que en esta zona las temperaturas han aumentado en un rango de 0.06 y 0.35°C entre los años 1961 y 2006 (Caro, 2014).

Segundo periodo (2015 - 2023): El principal cambio que se puede observar, al igual que en el periodo anterior, es en las nieves, disminuyendo nuevamente de 2015 a 2023, lo que se puede relacionar a la tendencia en el alza de las temperaturas. Otro factor que pudo influir en esta diferencia, es la fecha en la que fueron tomadas las imágenes satelitales en las que se basó la actualización del uso de suelo, pudiendo ser de distintas temporadas. Se sabe que la actualización al año 2023 se basó en imágenes tomadas durante el mes de enero, pero para el año 2015 no se cuenta con dicho dato.

Periodo general (1997 - 2023): Los cambios en este periodo fueron evaluados más en detalle mediante la matriz de Markov correspondiente a la Tabla 8, donde en las columnas se muestran los usos de suelo, mientras que las filas

especifican la superficie y el tipo de suelo al que cambió en base a la superficie existente en el año 1997. Los valores de la diagonal corresponden a la superficie que no sufrió cambios en el periodo. Dando como resultado que aproximadamente el 50% del área de estudio experimentó cambios en la cobertura del suelo durante este periodo.

Tabla 8. Matriz de Markov del cambio y uso de suelo en la subcuenca del río Ñuble, período 1997 - 2023 (ha).

		Año 1997									
		Bosque nativo	Monocultivo forestal	Uso agropecuario	Matorral	Estepa andina	Sin vegetación	Nieve	Cuerpos de agua	Urbano	Total 2023
Año 2023	Bosque nativo	80048	5747	2384	2454	1270	6302	0	306	22	98533
	Monocultivo forestal	1989	4178	214	408	0	0	0	18	0	6807
	Uso agropecuario	1417	1258	1622	254	6	30	0	93	12	4692
	Matorral	9643	916	166	2349	459	3604	0	54	0	17191
	Estepa andina	13078	260	513	1319	1940	7040	0	12	0	24162
	Sin vegetación	6825	72	106	594	2066	34886	6646	51	6	51252
	Nieve	0	0	0	0	0	17	809	18	0	844
	Cuerpos de agua	625	101	141	182	96	286	116	142	0	1689
	Urbano	6	6	37	6	0	0	0	0	6	61
	Total 1997	113631	12538	5183	7566	5837	52165	7571	694	46	205231

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 9, se detalla la pérdida, ganancia y tasa de cambio por cada uso de suelo, donde nos indica que “Estepa Andina”, “Bosque Nativo”, “Matorral”, “Nieve” y “Monocultivo Forestal” fueron las coberturas que sufrieron mayores cambios.

Estepa andina

La estepa andina registró el valor más alto de ganancias para el periodo. El 58.9% del aumento neto ocurrió sobre bosque nativo, el 31.7% ocupando áreas sin vegetación y 5.9% reemplazando el matorral. De acuerdo a los datos recopilados, se observó un incremento anual del 5.5% en estepa andina.

Bosque nativo

Durante el período comprendido entre 1997 y 2023, el bosque nativo registró la mayor pérdida neta, con una disminución de 15098 hectáreas, lo que representa aproximadamente el 13.3% del bosque que existía en 1997. Este proceso de pérdida implicó un reemplazo anual del bosque nativo a una tasa del 0.5%. El 38.9% de las pérdidas correspondió a la transformación en estepa andina; un 28.7% se convirtió en matorral; y un 20.3% se tradujo en zonas sin vegetación.

Matorral

De acuerdo a los datos obtenidos, el matorral presentó un incremento anual del 3.2% en los últimos 26 años. El 65% del incremento neto ocurrió en zonas

de bosque nativo, el 24.3% poblando áreas sin vegetación y un 6.1% en sectores de plantaciones forestales.

Nieve

Durante el período de análisis esta cobertura registró una ganancia del 0.46% y una pérdida del 89.3% respecto a la superficie ocupada el año 1997. Esta dinámica generó una tasa de cambio negativa del 8.4% anual con una pérdida neta de 88.9%. El 98% de la pérdida de cobertura nival se tradujo en zonas sin vegetación, mientras el 2% restante, a cuerpos de agua.

Monocultivo forestal

El monocultivo forestal redujo su superficie un 66.7% respecto al año 1997. El 68.7% de la pérdida neta fue producto del reemplazo por bosque nativo, el 15% de la habilitación de terrenos agrícolas y el 11% por la transición a matorral. Esta notoria disminución puede estar relacionada al cese de las bonificaciones a las plantaciones forestales del Decreto de Ley N°701 (DL 701 de 1974) desde el año 2015, o bien, puede ser atribuido a que en la fecha que fue tomada la imagen satelital la plantación había sido cosechada recientemente.

Tabla 9. Pérdida, ganancia y tasa de cambio durante el periodo 1997 – 2023 según coberturas de suelo.

Uso del suelo	1997 (ha)	(%)	2023 (ha)	(%)	Tasa (%)	Ganancia (ha)	Pérdida (ha)	Cambio neto (ha)
Bosque nativo	113631	49,78	98533	43,17	-0.5	18485	33583	-15098
Monocultivo forestal	12538	2,27	6807	2,06	-2.3	2629	8360	-5731
Uso agropecuario	5183	5,49	4692	2,98	-0.4	3070	3561	-491
Matorral	7566	2,56	17191	20,66	3.2	14842	5217	9625
Estepa andina	5837	3,32	24162	7,53	5.5	22222	3897	18325
Sin vegetación	52165	22,86	51252	22,46	-0.1	16366	17279	-913
Nieve	7571	0,02	844	0,03	-8.4	35	6762	-6727
Cuerpos de agua	694	0,30	1689	0,74	3.4	1547	552	995
Urbano	46	12,88	61	0,37	1.1	55	40	15

Fuente: Elaboración propia.

Cambio climático

El cambio climático emerge como un factor primordial al abordar el cambio de uso de suelo en el área de estudio. Como lo demuestran las observaciones realizadas y las evidencias recopiladas de la matriz de Markov, se percibe una marcada disminución en la cobertura nival desde 1997 hasta 2023. Esta disminución es coherente con los hallazgos documentados por Rivera, 2023, quien señala una tendencia decreciente en las precipitaciones y un incremento en las temperaturas en la subcuenca del río Ñuble durante las últimas tres décadas. Este cambio en los patrones climáticos se manifiesta a través de un aumento gradual tanto en las temperaturas mínimas como máximas, así como una reducción en las precipitaciones, corroborando además el retroceso de glaciares previamente mapeados por la Dirección General de Aguas (DGA) en la región. Además, los estudios de Cordero 2019 respaldan esta observación al indicar una disminución significativa en la cobertura nival a un ritmo aproximado del 15% por década en latitudes medias (34°- 40°S) durante el período comprendido entre 1986 y 2018. En este contexto, el cambio climático se establece como un factor forzante que contribuye de manera sustancial a la transformación del uso del suelo en la subcuenca del río Ñuble.

Parcelaciones

La subdivisión predial se expone como un factor forzante en el cambio de uso de suelo en la subcuenca del río Ñuble. La actividad de parcelación ha sido notoria en la cordillera de Ñuble como se observa en la figura 14. Esta acción

humana conlleva la parcelación de grandes extensiones de terreno en sitios más pequeños con diferentes usos (habitacional, agrícola, ganadero, etc.), lo que puede tener consecuencias significativas en el paisaje y la ecología regional. La fragmentación resultante del hábitat natural puede afectar la conectividad entre los ecosistemas y crear barreras artificiales, dificultando el tránsito del huemul.

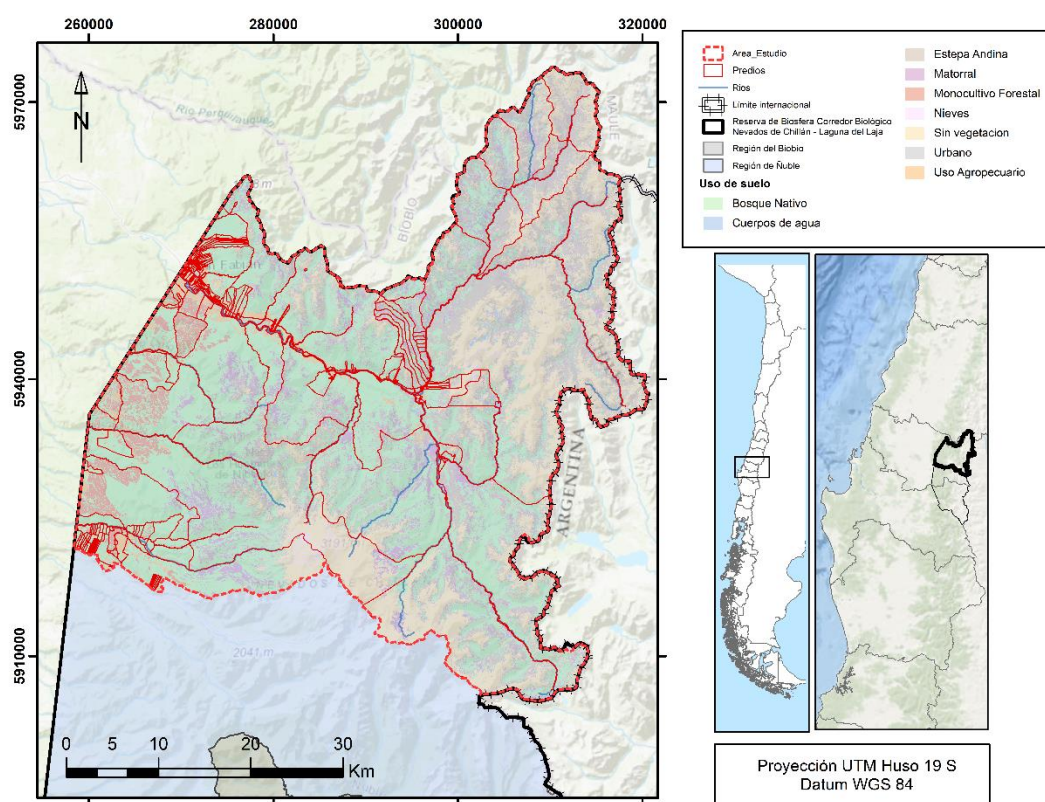


Figura 14. Parcelaciones al año 2016 en el área de estudio. Fuente: Elaboración propia.

Veranadas

Las veranadas de ganadería extensiva, especialmente la cría de ovinos y caprinos, representan un factor forzante significativo en el cambio de uso de suelo dentro de la subcuenca del río Ñuble, en la figura 15 se puede observar el área designada para dicha actividad en la zona de estudio. Este sistema tradicional de pastoreo estacional, practicado durante siglos por comunidades locales, ejerce una presión considerable sobre los ecosistemas naturales de esta área, con consecuencias la cobertura vegetal y la biodiversidad. Esta ganadería extensiva involucra la rotación de los rebaños a lo largo del año, con un énfasis particular en la ocupación estacional de alta montaña durante los meses de verano. Esta práctica conlleva una intensa presión sobre la vegetación alpina, especialmente en áreas de pastizales, donde el pisoteo y el sobrepastoreo pueden causar la degradación del suelo, la pérdida de cobertura vegetal y la erosión. Además, la presencia de ganado en áreas donde se ha registrado o puede ser potencial hábitat para el huemul, puede alterar los procesos ecológicos naturales, así como la distribución y la abundancia de la especie (Huiliñir, 2010; Álvarez, 2021).

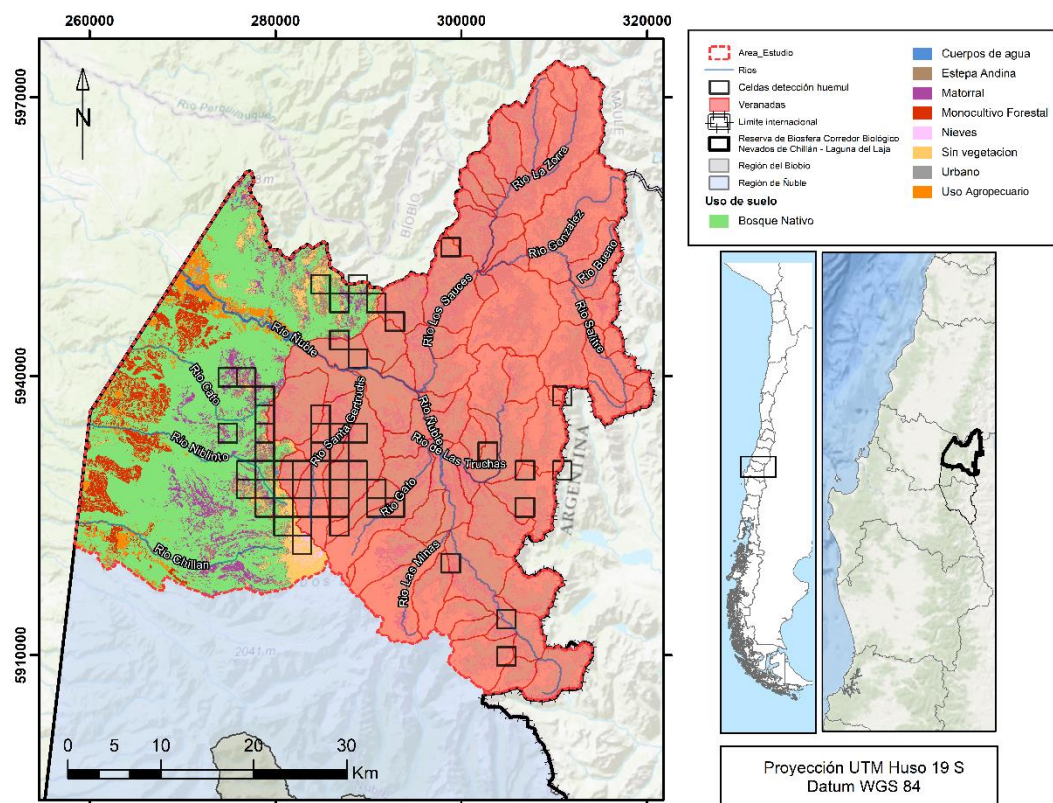


Figura 15. Veranadas en el área de estudio. Fuente: Elaboración propia.

7. CONCLUSIONES

En el presente estudio se analizaron los cambios de uso de suelo en la subcuenca del río Ñuble entre los años 1997 - 2023 y su relación con el hábitat del huemul.

En primer lugar, la caracterización del hábitat del huemul reveló su fuerte preferencia por áreas cubiertas de bosque nativo, especialmente aquellas ubicadas en zonas de transición entre bosques y matorrales. La distribución altitudinal también fue notable, con registros tanto en altitudes bajas como altas, lo que puede ser atribuido a una migración estacional, resaltando la importancia de conservar hábitats con características específicas para garantizar la supervivencia de la especie.

Además, la identificación de áreas potenciales de hábitat para el huemul permitió delimitar aproximadamente 110.400 hectáreas dentro de la subcuenca del río Ñuble que presentan condiciones ambientales adecuadas para su presencia. Estas potenciales áreas son fundamentales para la implementación de medidas de conservación, monitoreo y restauración destinadas a proteger y ampliar los hábitats disponibles para la especie.

En cuanto a los cambios de uso de suelo, se observaron transformaciones significativas durante el período de estudio, destacando la pérdida de bosque nativo, la expansión de la estepa andina y la disminución de la cobertura nival. Estos cambios, impulsados por factores como la subdivisión predial, los

incendios forestales y las veranadas, representan amenazas importantes para el huemul, pudiendo reducir la disponibilidad de hábitats adecuados para especie, afectando su distribución y abundancia en la zona. En cuanto a la disminución de la cobertura nival, probablemente asociada al cambio climático, puede afectar la disponibilidad de agua y forraje para la especie, especialmente durante los meses más secos del año.

Finalmente, si bien la información base de este estudio nos aportó importantes datos, se pueden mencionar algunas limitaciones para poder llevar a cabo un análisis más profundo, como lo es el registro de datos solo hasta 2020 y la ausencia de fecha en la que fue registrado el avistamiento. En base a lo anterior, sería recomendable el aumento y actualización del monitoreo en la zona, así como el registro de fechas, con esta información se podría realizar un estudio más detallado y actualizado de la distribución y preferencias del huemul en la subcuenca del río Ñuble, con el fin de proteger potenciales hábitats para la especie.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aldridge, D. (1989). Proyecto conservación del huemul (*Hippocamelus bisulcus*) en Chile. *Medio Ambiente*, 9(1), 109-116.
- Aldridge, D., Montecinos, L. (1998). Avances en la conservación del huemul (*Hippocamelus bisulcus*) en Chile. En V. Valverde (Ed.), *La conservación de la fauna nativa de Chile. Logros y perspectivas*. (pp. 133-147). Conaf.
- Aldridge, D., López, R., Saucedo, C., y Vila, A. (2005). *Los Últimos Senderos del Huemul*. Enersis.
- Alaniz, A. (2014). *Análisis de los cambios en la cobertura de los ecosistemas de la zona central de Chile (Regiones V, RM, VI) asociados a dinámicas de uso de suelo*. Memoria de título. Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- Altamirano, A., y Lara, A. (2010). Deforestación en ecosistemas templados de la precordillera andina del centro-sur de Chile. *Bosque (Valdivia)*, 31(1). <https://doi.org/10.4067/s0717-92002010000100007>
- Alvarez, M. (2021). Paradiplomacia e integración transfronteriza: las veranadas en los Altos Valles de Calingasta*. *Si Somos Americanos*, 21(2), 70-93. <https://dx.doi.org/10.4067/S0719-09482021000200070>

- Bahamondez, C. (2021). *Cambio climático y su efecto sobre los cuerpos de agua de Chile central: variación interanual superficial de los lagos andinos (32°S-36°S) entre 1984 y 2020*. Tesis de pregrado. Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- BCN. (2023). *Clima y Vegetación Región de Ñuble [en línea]*. Sistema Integrado de Información Territorial, Chile. 04 de octubre 2023.
Recuperado de <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region16/clima.htm>
- Black-Decima, P.A., Corti, P., Díaz, N., Fernandez, R., Geist, V., Gill, R., Gizejewski, Z., Jiménez, J., Pastore, H., Saucedo, C. & Wittmer, H. (2016). *Hippocamelus bisulcus*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2016:
e.T10054A22158895. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-1.RLTS.T10054A22158895.en>. Consulta: 02 octubre 2023.
- Caro, D. (2014). *Estudios glaciologicos en los Nevados de Chillán*. Tesis de pregrado. Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- Castillo, M., Holgado, B., y Rojas, E. (2013). *Análisis de viabilidad poblacional de huemul (Hippocamelus bisulcus) en Nevados de Chillán, región del Biobío, Chile*. Informe final. Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- Chuvieco, E. (2002). *Teledetección Ambiental: La Observación de la Tierra Desde el Espacio*. Ariel, Editorial S.A.
- CONAMA. (2009). *Especies Amenazadas de Chile: Protejámoslas y evitemos su extinción*. Grafhika. Santiago, Chile.

CONAF. (2015). *Corredor Biológico Nevados de Chillán Laguna del Laja [en línea].* Ministerio de Agricultura, Chile. 04 de octubre 2023. Recuperado de https://www.conaf.cl/wp-content/files_mf/1452194562RB_CorredorbiologicoNevadosdeChillan_Chile_2015.pdf.

CONAF. (2023). *Reservas de la Biosfera [en línea].* Ministerio de Agricultura, Chile. 29 de septiembre 2023. Recuperado de <https://www.conaf.cl/parques-nacionales/reservas-de-la-biosfera>

Cordero, R. R., Asencio, V., Feron, S., Damiani, A., Llanillo, P. J., Sepúlveda, E., Jorquera, J., Carrasco, J., & Casassa, G. (2019). Dry-Season Snow Cover Losses in the Andes (18 degrees -40 degrees S) driven by Changes in Large-Scale Climate Modes. *Sci Rep*, 9(1), 16945. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-53486-7>

Dale, V. H. (1997). The Relationship between Land-Use Change and Climate Change. *Ecological Applications*, 7(3), 753-769. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(1997\)007\[0753:Trbluc\]2.0.Co;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(1997)007[0753:Trbluc]2.0.Co;2)

Drouilly, P. (1983). *Recopilación de antecedentes biológicos y ecológicos del huemul chileno y consideraciones sobre su manejo.* Santiago, Chile: CONAF.

Echeverria, C., Coomes, D. A., Hall, M., & Newton, A. C. (2008). Spatially explicit models to analyze forest loss and fragmentation between 1976

and 2020 in southern Chile. *Ecological Modelling*, 212(3-4), 439-449.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2007.10.045>

Enel Green Power. (2019). *Biodiversidad*. [en línea]. Italia. 28 de septiembre 2023. Recuperado de <https://www.enelgreenpower.com/es/learning-hub/desarrollo-sostenible/biodiversidad>

Figueroa, R., Corales, E. (2007). Hábitat y dieta del huemul (*Hippocamelus bisulcus*) en el Corredor Biológico Nevados de Chillán-Laguna Laja: la importancia de la flora andina para la conservación de un cérvido en peligro de extinción. *Chagual*, 5(5), 21-32.

Gill, R., Saucedo Galvez, C., Aldridge, D., & Morgan, G. (2007). Ranging behaviour of huemul in relation to habitat and landscape. *Journal of Zoology*, 274(3), 254-260. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.2007.00378.x>

González Díaz, J. A. (2020). González Díaz, José Antonio: Modelos de gestión del territorio, paisaje y biodiversidad en un espacio de montaña: la Reserva de la Biosfera de Redes, Departamento de Geografía de la Universidad de Oviedo. Directores/as: Dra. Rocío Rosa García & Dr. Felipe Fernández García. Fecha de lectura: Julio 2019. *Espacio Tiempo y Forma. Serie VI, Geografía*(13).
<https://doi.org/10.5944/etfvi.13.2020.27462>

- Henríquez, M. (2023). *El efecto del acceso a los sitios de conservación en la disposición a pagar por la protección de especies en peligro de extinción mediante el uso de Preferencias Declaradas*. Tesis Magister. Universidad de Concepción. Concepción, Chile.
- Hinojosa, A., E. Ramírez, P. Rojas y R. López. (2018). *Extensión de la presencia y área de ocupación del huemul del sur (Hippocamelus bisulcus) en la zona central de Chile. Biodiversidata: Conservación, gestión y manejo de áreas silvestres protegidas*. Boletín N°7. CONAF. Concepción, Chile.
- Huiliñir, V. (2010). El rol de las veranadas en el territorio pewenche del Alto Bío-Bío. Sector Lonquimay, IX Región. *Revista Geográfica Despertando Latitudes*, 2, 17-24.
- Iriarte, A. (2008). Bosque valdiviano. En A. Iriarte (Ed.), *Mamíferos de Chile* (pp. 202-222). Lynx Edicions.
- Kumar, R. (2014). *Research Methodology: A Step-by-Step Guide for Beginners* (4 ed.). SAGE Publications Ltd.
- Nahuelhual, L., Carmona, A., Lara, A., Echeverría, C., & González, M. E. (2012). Land-cover change to forest plantations: Proximate causes and implications for the landscape in south-central Chile. *Landscape and Urban Planning*, 107(1), 12-20.
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.04.006>

- Núñez, I., González-Gaudiano, É., y Barahona, A. (2003). La biodiversidad: historia y contexto de un concepto. *Interciencia*, 28, 387-393.
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442003000700006&nrm=iso
- Lambin, E. F., Geist, H. J., & Lepers, E. (2003). Dynamics of Land-Use and Land-Cover Change in Tropical Regions. *Annual Review of Environment and Resources*, 28(1), 205-241.
<https://doi.org/10.1146/annurev.energy.28.050302.105459>
- Ley N°19.473. Sustituye texto de la Ley N°4.601, sobre caza y artículo 609 del Código Civil. Diario Oficial de la República de Chile. 27 septiembre 1996. Santiago Chile.
- López Alfonsín, M., & Sol Bucetto, M. (2019). Las especies en peligro de extinción y los mecanismos para la recuperación y conservación de la biodiversidad: un estudio sobre la viabilidad de los mecanismos y las trabas burocráticas. *Lex*, 17(23).
<https://doi.org/10.21503/lex.v17i23.1680>
- López, R., Serret, A., Faúndez, R., y Palé, G. (1998). Documento: Estado del conocimiento actual de la distribución del huemul (*Hippocamelus bisulcus*, Cervidae) en Argentina y Chile. FVSA, WWF y CODEFF. 32 pp y mapas.

- López, R. (2011). *Los huemules de Chile Central: 37 años de esfuerzo para su conservación*. Codeff, Seremi M. A. Biobío & FZS.
- Montecinos, L. (1995). *Estudio biológico y etológico del huemul sector Río Claro 1984 – 1994*. Corporación Nacional Forestal. Región de Aysén del Gral. Carlos Ibáñez del Campo, Chile.
- Molina, J. (1788). Libro Quarto: Gusanos, insectos, reptiles, peces, páxaros y cuadrúpedos de Chile. En D. Arquellada (Ed.), *Compendio de la historia geográfica, natural y civil del reyno de Chile*.
- Moreira-Muñoz, A., Troncoso, J. (2014). Representatividad biogeográfica de las Reservas de la Biosfera de Chile. En A. Moreira-Muñoz, Borsdorf, A. (Ed.), *Reservas de la Biosfera de Chile: Laboratorios para la Sustentabilidad* (pp. 24-61). Geolibros.
- Muñoz, A., Yáñez, J. (2009). Descripción de las especies de mamíferos vivientes en Chile. En A. Muñoz, Yáñez, J. (Ed.), *Mamíferos de Chile* (2 ed., pp. 52-265). CEA Ediciones.
- Pérez, M. (2010). *Estudio del parasitismo gastrointestinal en el huemul del sur (Hippocamelus bisulcus, Molina, 1782) en el centro sur y sur de Chile*. Tesis de pregrado. Universidad de Concepción. Chillán, Chile.
- Pfanzelt, S., Grau, J., & Rodríguez, R. (2008). A Vegetation Map of Nevados De Chillan Volcanic Complex, Bio-Bio Region, Chile. *Gayana. Botánica*, 65(2). <https://doi.org/10.4067/s0717-66432008000200007>

Plan de Gestión (2019). Informe plan de gestión Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán Laguna del Laja. Estudio básico "Diagnóstico Plan de Gestión Reserva de La Biósfera Nevados de Chillán"

Povilitis, A. (2002). El Estado Actual Del Huemul (*Hippocamelus Bisulcus*) En Chile Central. *Gayana (Concepción)*, 66(1), 59-68. <https://doi.org/10.4067/s0717-65382002000100008>

Rivera, J. A. (2023). *Análisis de servicios ecosistémicos en un contexto de cambio climático y seguridad hídrica en la cabecera de la cuenca hidrográfica del río Ñuble, región de Ñuble*. Tesis de pregrado, Ingeniería Civil Agrícola. Universidad de Concepción, Chillán.

Sala, O. E., Chapin, F. S., 3rd, Armesto, J. J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., Huber-Sanwald, E., Huenneke, L. F., Jackson, R. B., Kinzig, A., Leemans, R., Lodge, D. M., Mooney, H. A., Oesterheld, M., Poff, N. L., Sykes, M. T., Walker, B. H., Walker, M., & Wall, D. H. (2000). Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science*, 287(5459), 1770-1774. <https://doi.org/10.1126/science.287.5459.1770>

San Martín, P. (2014). Reserva de la Biosfera Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Laja: de la amenaza de la extinción al desarrollo sustentable. En A. Moreira-Muñoz, Borsdorf, A. (Ed.), *Reservas de la*

- Biosfera de Chile: Laboratorios para la Sustentabilidad* (pp. 146-160). Geolibros.
- Saucedo, C. (2016). Una década de conservación del huemul. Boletín Vida Silvestre N°1. Conservación Patagónica, Chile.
- Texera, W. (1974). Algunos aspectos de la biología del Huemul (*Hippocamelus bisulcus*) (Mammalia: Artiodactyla, Cervidae) en cautividad. *Ans. Inst. Pat*, 5(1-2), 155-188.
- Turner, B. L., 2nd, Lambin, E. F., & Reenberg, A. (2007). The emergence of land change science for global environmental change and sustainability. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 104(52), 20666-20671. <https://doi.org/10.1073/pnas.0704119104>
- UNESCO. (1996). Biosphere reserves: The Seville Strategy and the Statutory Framework of the World Network. UNESCO, Paris.
- Verheye, W.H. (2009). Land use, land cover and soil sciences. Eolss Publishers Co. Ltd. Oxford, UK.
- Weil, R., Brady, N. (2017). *The nature and properties of soils* (15 ed.). Pearson. New York, USA.