



UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
INGENIERÍA EN CONSERVACIÓN DE RECURSOS NATURALES

**EVALUACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DEL TRADE-OFF ENTRE LOS
SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE REGULACIÓN DEL CLIMA LOCAL Y
PROVISIÓN DE PLANTAS TERRESTRES CULTIVADAS CON FINES
NUTRICIONALES EN LA REGIÓN DE ÑUBLE**

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de
Concepción para otorgar al título profesional Ingeniera en Conservación de
Recursos Naturales

POR: Tamara Belén Zambrano León

Profesor Guía: Cristian Echeverría Leal

Abril, 2024

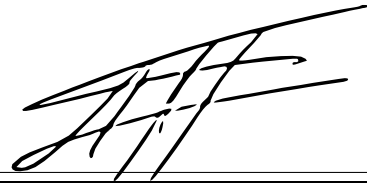
Concepción, Chile

© 2024, Tamara Belén Zambrano León

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento

EVALUACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DEL TRADE-OFF ENTRE LOS
SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE REGULACIÓN DEL CLIMA LOCAL Y
PROVISIÓN DE PLANTAS TERRESTRES CULTIVADAS CON FINES
NUTRICIONALES EN LA REGIÓN DE ÑUBLE

Profesor Guía



Cristian Echeverria Leal

Profesor Titular

Ingeniero Forestal, Ph.D.

Profesor Co-Guía



Rodrigo Fuentes Robles

Colaborador Académico

Ingeniero Forestal, M.Cs.

DEDICATORIA

A mi padre:

por ser mi pilar, mi apoyo incondicional y mi ejemplo de perseverancia.

AGRADECIMIENTOS

A todos quienes fueron parte de este largo y complejo camino.

A cada uno de mis amigos y amigas por ser mi apoyo y mi distención en los momentos difíciles. En especial agradezco a mi *sister from another mister*, Milla, mi roomie, por tantos lindos años de compañía, contención, infinitas risas y tazas de té, por ayudarme a ver el sol en los días más grises y siempre creer en mí incluso cuando yo no podría hacerlo. A mi comadre Lola, Jennifer, por todas esas horas de hacernos “espejo” en la biblioteca, donde nunca nos faltó el copuqueo, las risas y el agüita. A mis amigas: Carla y Catalina, que en estos casi 20 años de amistad, me han brindado su apoyo en todo momento y han estado presentes pese a la distancia. A mi tía Silvia, por ser mi figura materna y a la Nicole, por ser la hermana que no tuve y la vida me regaló. A mi madrina Claudia por ser mi referente de mujer profesional y a la Nina por apoyarme incondicionalmente, por enviarme todas las semanas “unos pesitos” y siempre tenerme presente en sus oraciones. A mis amigos y compañeros de *Conserva* por las extensas jornadas de estudio, llenas de risas, apoyo y compañerismo, por compartir desinteresadamente sus conocimientos y por su calidez.

A mis profesores guías Cristian Echeverría y Rodrigo Fuentes, por su gran aporte en mi formación académica, por apoyarme y motivarme a continuar, por no dejar que me perdiera en el camino y encaminarme siempre que lo necesité. En especial agradezco al profesor Rodrigo Fuentes por acompañar mi salida a

terreno, por su infinita guía y paciencia, por compartirme sus conocimientos y su playlist de viaje.

Al proyecto FONDECYT 1231230 por el financiamiento de mi estudio.

Y por sobre todo, agradezco a mi papá, mi apoyo incondicional y fundamental, mi fan número 1, mi mejor amigo. Por estar siempre en la primera fila de mis logros y mis fracasos. Por ser un padre presente y mi gran soporte.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. METODOLOGÍA	7
2.1. Descripción del área de estudio	7
2.2. Flujo metodológico.....	10
2.2.1 Actualización de mapas de coberturas de suelo.....	11
2.2.2 Análisis de cambio de uso y/o coberturas de suelo	13
2.2.3 Cuantificación de la oferta potencial de SSEE.....	14
2.2.4 Análisis de cambio en la magnitud de la provisión de SSEE	15
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	17
3.1 Análisis de superficies y cambio de coberturas	17
3.1.1 Cambios netos de las coberturas y/o usos de suelo.....	25
3.1.2 Contribuciones a los cambios netos de las coberturas y usos del suelo	26
3.2 Cambios en la provisión de servicios ecosistémicos a escala de paisaje.....	30
3.3. Evaluación espacio-temporal del <i>trade-off</i> entre los SSEE	36
3.4 Implicancias a distintas escalas	40
IV. CONCLUSIONES	43
V. FINANCIAMIENTO	44
VI. GLOSARIO.....	45
VII. BIBLIOGRAFÍA	47
ANEXOS	53

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1. Usos y coberturas del suelo de la Región de Ñuble al año 2017.....	9
Figura 2. Puntos de entrenamiento levantados en terrenos para la actualización cartográfica en la Región de Ñuble.....	12
Figura 3. Coberturas y usos de suelo de la Región de Ñuble para los años 1986 y 2023.....	17
Figura 4. Cambios de uso y/o coberturas de suelo agrícola, bosque nativo, y plantaciones de monocultivos para la Región de Ñuble entre los años 1986 y 2023.....	18
Figura 5. Distribución porcentual de las coberturas y usos del suelo en el área de estudio para los años 1986 y 2023.....	19
Figura 6. Cambios de superficie para plantas terrestres cultivadas con fines nutricionales entre 1986 y 2023.....	21
Figura 7. Cambios en la superficie de la cobertura de plantaciones de <i>Pinus radiata</i> y <i>Eucalyptus globulus</i> entre los años 1986 y 2023.....	22
Figura 8. Cambios de superficie para bosque nativo adulto, secundario y achaparrado entre 1986 y 2023.....	23
Figura 9. Cambio neto porcentual de las coberturas y/o usos del suelo en el área de estudio entre 1986 y 2023.....	25
Figura 10. Trayectorias de reemplazo de coberturas y usos del suelo entre 1986 y 2023.....	28
Figura 12. Oferta del servicio ecosistémico de regulación del clima local, mediante el indicador de almacenamiento de carbono, para la Región de Ñuble en los años 1986 y 2023.....	30
Figura 13. Cambio en la magnitud de provisión del servicio ecosistémico de regulación del clima local para la Región de Ñuble entre los años 1986 y 2023.....	31
Figura 14. Oferta del servicio ecosistémico de provisión de plantas terrestres cultivadas con fines nutricionales, para la Región de Ñuble en los años 1986 y 2023.....	33

Figura 15. Cambio en la magnitud de la provisión del servicio ecosistémico plantas terrestres cultivadas con fines nutricionales, para la Región de Ñuble entre los años 1986 y 2023.....34

Figura 16. Cambio en la capacidad de provisión de los servicio ecosistémicos de plantas terrestres cultivadas con fines nutricionales y regulación del clima local entre los años 1986 y 2023.....35

RESUMEN

Los *trade-offs* entre servicios ecosistémicos derivan de la toma de decisiones por parte de los seres humanos y pueden alterar la magnitud de provisión y el tipo de servicio que se provee, a distintas escalas. En la Región de Ñuble se observó una tendencia de cambio de uso de suelo agrícola a forestal entre los años 1986 y 2023. Como consecuencia, se registró una disminución en el servicio de provisión de plantas terrestres cultivadas con fines nutricionales y un aumento en la regulación del clima local, a través del almacenamiento de carbono. Este *trade-off* tiene distintas implicancias a escala regional, pero no existen estudios relacionados a su magnitud ni su ubicación espacial. Este trabajo tiene como objetivo proporcionar información sobre el patrón espacio-temporal de este *trade-off*. Para esto, se evaluó la oferta potencial de ambos servicios para los años 1986 y 2023. Esta información fue espacializada, para posteriormente evaluar el patrón de cambio. Se concluyó que la expansión de áreas forestales puede contribuir a reducir los efectos del cambio climático, pero también puede restringir el espacio destinado a la agricultura, que es fundamental para satisfacer las demandas alimentarias de la población y garantizar su bienestar. Se destaca la importancia de analizar y cuantificar los *trade-offs* entre servicios ecosistémicos, para proponer estrategias de gestión de los recursos naturales y el uso del suelo.

ABSTRACT

Trade-offs between ecosystem services arise from human decision-making and can alter the magnitude and type of service provided at different scales. In the Ñuble Region, a trend of land use change from agriculture to forestry was observed between 1986 and 2023. As a consequence, there was a decrease in the provision of cultivated terrestrial plants for nutritional purposes and an increase in local climate regulation through carbon storage. This trade-off has different implications at the regional scale, but there are no studies related to its magnitude and spatial location. This work aims to provide information on the spatial-temporal pattern of this trade-off. For this purpose, the potential supply of both services was evaluated for the years 1986 and 2023. This information was spatialized to assess the pattern of change. It was concluded that the expansion of forest areas can contribute to mitigate the effects of climate change, but it can also restrict the space available for agriculture, which is crucial for meeting the population's food demands and guaranteeing their well-being.

The importance of analyzing and quantifying trade-offs between ecosystem services is emphasized to propose strategies for natural resource management and land use.

I. INTRODUCCIÓN

El cambio ambiental global es uno de los principales impulsores de cambio que el mundo enfrenta actualmente (IPBES, 2019). Representa un cambio a gran escala, dentro del cual se encuentra el cambio climático, cambio de uso y cobertura de suelo, pérdida de biodiversidad, procesos de desertificación, degradación, entre otros (Cabrera, 2019). Estos cambios derivan del aumento desmedido de la población humana y como ésta ha modificado la superficie terrestre mediante diversas actividades, en gran magnitud y a una velocidad que no tiene precedentes (Vitousek et al., 1997; Cardinale et al., 2012)

El cambio de uso y cobertura de suelo (CUCS) es uno de los principales impulsores del cambio ambiental global (IPBES, 2019). En las últimas décadas, ha habido una expansión significativa de tierras de cultivo, pastizales, plantaciones y áreas urbanas (Foley et al. 2005). Se estima que, a nivel mundial, las actividades agrícolas y la producción de madera han resultado en una pérdida neta de entre 7 y 11 millones de km² de bosques en los últimos 300 años (Ramankutty & Foley, 1999; Foley et al. 2005). La demanda de recursos es tanta que la actividad humana se apropia de aproximadamente entre un tercio y la mitad de la producción mundial de los ecosistemas. (Vitousek et al., 1986). Lo anterior está provocando una degradación en las condiciones ecológicas y a su vez, representa una gran amenaza para los beneficios que la naturaleza otorga

para satisfacer las necesidades básicas de los seres humanos (IPBES, 2019). Estos beneficios se conocen como servicios ecosistémicos (SSEE) y son reconocidos como un vínculo fundamental que conecta la sociedad y la naturaleza (Wu, 2013).

Los SS.EE son ampliamente reconocidos a nivel global por organismos intergubernamentales, como el Convenio de Diversidad Biológica en su Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020 (Díaz et al., 2015) y la Plataforma Intergubernamental para la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos (IPBES). Los servicios ecosistémicos se clasifican en servicios de aprovisionamiento, regulación y culturales (CICES, 2024) e influyen directamente en el bienestar humano (Fu et al., 2015; MEA, 2005).

Dentro de los SSEE de regulación, la regulación del clima local es de gran importancia debido a su papel crucial en la mitigación del cambio climático y el calentamiento global (Benjamín & Masera, 2001). Las prácticas de uso de la tierra han influido en la modificación del ciclo global del carbono y del clima mundial. Desde 1850, aproximadamente el 35% de las emisiones antropogénicas de CO² provienen directamente del uso de la tierra (Foley et al. 2005). Son los ecosistemas boscosos y humedales los que actúan como sumideros de carbono, capturando y almacenando grandes cantidades de dióxido de carbono (CO₂) a través de la fotosíntesis, lo que ayuda a reducir la concentración de CO² en la

atmósfera y, por lo tanto, contribuye a la estabilización del clima (Benjamín & Masera, 2001).

Por otra parte, el servicio ecosistémico de provisión de alimentos es de vital importancia para satisfacer las necesidades nutricionales de la humanidad (Foley et al., 2005). Dentro de este SSEE se encuentran las plantas terrestres cultivadas con fines nutricionales, materiales o energía. Los ecosistemas naturales y agrícolas proporcionan una variedad de alimentos como frutas, verduras, granos, además de la crianza de animales para la obtención de carne y otros productos alimenticios (CICES, 2024). Este servicio tiene también un impacto significativo en la economía, pues la agricultura es una actividad económica fundamental que proporciona empleo e ingresos a muchas comunidades (Foley et al., 2005).

El paisaje es el nivel de análisis más adecuado para observar, entender y resolver las interacciones entre los seres humanos y la naturaleza (Wu, 2013). Es el escenario donde se entrelazan y se ven reflejadas nuestras acciones y su impacto en el entorno natural. La actividad humana provoca cambios en la configuración espacial del paisaje con el propósito de favorecer la disponibilidad de servicios ecosistémicos que son altamente demandados (Foley et al., 2005). El manejo sustentable de los recursos es fundamental para asegurar la disponibilidad continua de estos servicios en paisajes cambiantes. Esto implica considerar los impactos de nuestras actividades en los ecosistemas y tomar

medidas para conservarlos y restaurarlos de manera que sigan brindando servicios esenciales para nuestro bienestar y no comprometer el de las generaciones futuras (Frazier et al., 2019).

En la mayoría de los casos de CUCS ocurre una ganancia y pérdida en relación a dos o más SSEE, lo que se conoce como compensación o *trade-off* en el que, por un lado, se tiene un aumento de la provisión de un servicio, en desmedro de otro (Holling & Meffe, 1996; Bai et al., 2019). El *trade-off* de SSEE está directamente relacionado con el cambio de uso y cobertura de suelo (Metzger et al., 2006). Se evalúan a escala espacio-temporal, considerando la pérdida del servicio en un período de tiempo y el lugar geográfico en el que ese servicio dejó de ser provisto (Rodriguez et al., 2006).

La evaluación de la magnitud de un *trade-off* entre SSEE implica analizar los posibles intercambios o compensaciones que pueden surgir al priorizar un servicio sobre otro en la gestión de los ecosistemas. Estos *trade-offs* pueden manifestarse en diferentes niveles, como a escala urbana, marina, costera o global, y pueden involucrar aspectos económicos, sociales y ambientales (Vilchis, 2019). Explorarlos y comprenderlos es fundamental para tomar decisiones informadas y equilibradas que promuevan un manejo sostenible de los ecosistemas y paisajes, para maximizar los beneficios para la sociedad (Quinteros, 2020).

La dinámica de CUCS en el centro-sur de Chile está marcada por la deforestación (Aguayo et al., 2009). Esto se debe al inicio de la conversión de terrenos para la agricultura y aumento de las plantaciones forestales, incentivadas por un subsidio estatal (Heilmayr et al., 2020; CONAF et al., 1999).

En particular, la Región de Ñuble ha experimentado un notorio CUCS registrado entre los años 1986 y 2017 donde el área cubierta por plantación forestal pasó de un 8% a un 28,7%, mientras que la cobertura agrícola disminuyó su área pasando de un 36.4 a un 25,5% (Quinteros, 2022). Esto tiene distintas implicancias a escala regional en términos de carbono almacenado y de producción de alimentos cultivados, pero actualmente no existen estudios que muestren la magnitud y el patrón espacial de este *trade-off*. Contar con esos estudios, podría significar un gran aporte a la planificación territorial de la Región y a la toma de decisiones. La Estrategia Regional de Desarrollo (ERD) de la Región de Ñuble, actualizada hasta el período 2020–2028, incluye dentro de sus ejes de desarrollo territorial y ambiental promover el desarrollo territorial de Ñuble, de manera integrada y equitativa y fortalecer la sustentabilidad ambiental de la Región (Estrategia Regional de Desarrollo 2020-2028, Gobierno Regional de Ñuble).

Actualmente, las universidades regionales, junto con el Fondo de Innovación para la Competitividad (FIC) del Gobierno Regional de Ñuble, están llevando a cabo

el proceso de actualización hacia el horizonte 2030, incluyendo la participación directa de la ciudadanía a través de talleres, encuestas y eventos (Actualización Estrategia Regional de Desarrollo Ñuble 2030, GORE Ñuble).

El objetivo de este trabajo es evaluar el patrón espacio-temporal del *trade-off* entre los SSEE de provisión de alimentos cultivados con fines nutricionales y regulación del clima local en la Región de Ñuble entre los años 1986 y 2023. En particular, se busca mapear estos dos SSEE, en los años 1986 y 2023 en la Región de Ñuble para luego analizar el patrón espacio-temporal del *trade-off* entre ambos SSEE.

II. METODOLOGÍA

2.1. Descripción del área de estudio

El área de estudio correspondió a la Región de Ñuble, que cuenta con una superficie de 13.178,5 km², reúne un total de 21 comunas y posee 480.609 habitantes. El 19 de agosto de 2017 fue promulgada la Ley N° 21.033, que crea la Región de Ñuble y las Provincias de Diguillín, Punilla e Itata, territorios administrativos que entraron en pleno funcionamiento el 6 de septiembre de 2018 y que solían formar parte de la parte norte de la Región del Biobío (SUBDERE, 2014). Cuenta con dos Áreas Silvestres Protegidas del Estado: Reserva Nacional Huemules del Niblinto y Reserva Nacional Ñuble (Programas regionales, CONAF) y además forma parte de Reserva de la Biósfera Corredor Biológico Nevados de Chillán-Laguna del Laja, lo que determina su importancia ecológica.

Al observar el territorio de oeste a este, se distinguen cuatro unidades macromorfológicas: la planicie litoral, la Cordillera de la Costa, la depresión intermedia y la imponente Cordillera de los Andes. Esta variedad geográfica le otorga una gran biodiversidad (Vega, 2022). La Cordillera de los Andes se extiende con altitudes moderadas, con una altura promedio alrededor de los 2.000 metros sobre el nivel del mar. Destacan en esta región las principales cimas, entre las cuales se encuentra el complejo volcánico Nevados de Chillán,

destacando los picos del Volcán Nevado, con una altitud de 3.212 metros sobre el nivel del mar, y el Volcán Chillán, con 3.172 metros sobre el nivel del mar. Esta cordillera juega un papel crucial en la captación de precipitaciones nivales, las cuales son una importante fuente de agua para los sistemas de drenaje locales, especialmente durante la temporada de deshielos en primavera (Biblioteca del Congreso Nacional SIIT, 2005).

En cuanto al clima, la Región de Ñuble experimenta una variedad de microclimas debido a su diversidad geomorfológica y su extensión latitudinal. En las zonas de montaña, el clima es predominantemente frío de montaña, con temperaturas que pueden descender bajo cero y la presencia de nieve en invierno (Orrego et al., 2020). En los valles interiores y la costa, el clima tiende a ser mediterráneo, con veranos cálidos y secos e inviernos suaves y húmedos con precipitaciones que fluctúan entre 800 mm y 1.500 mm anuales y un período seco de cuatro meses (Villarroel et al., 2023). En la costa, la influencia marítima suaviza las temperaturas y aumenta la humedad relativa.

A pesar de estas características que determinan su importancia ecológica, la región se ha visto afectada por diversos procesos de transformación del paisaje, como la forestación, sustitución y urbanización, procesos dominantes entre 1986 y 2011 (Heilmayr et al., 2016, Echeverría et al., 2019) que han modificado en el tiempo la superficie de las coberturas presentes, dentro de las cuales predominan

las plantaciones forestales, cultivos agrícolas, matorral, praderas y fragmentos de bosque nativo (Figura 1).

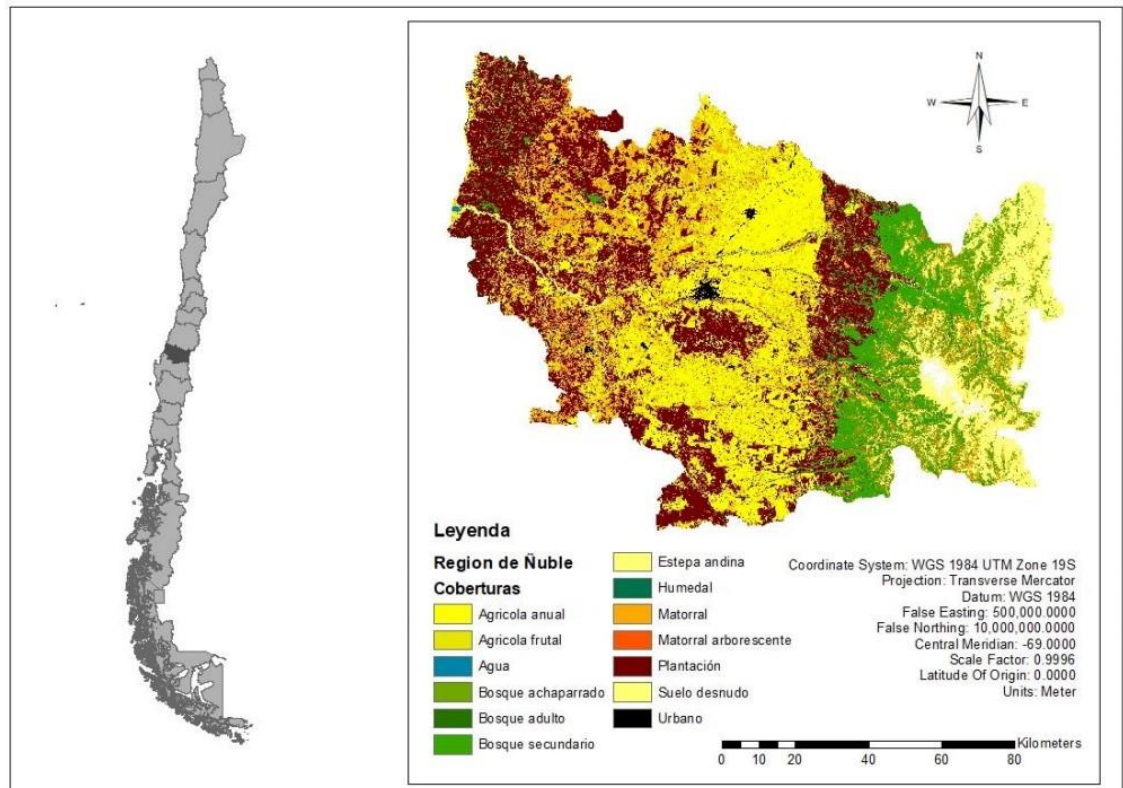


Figura 1. Usos y coberturas del suelo de la Región de Ñuble al año 2017 (Quinteros, 2022)

La actividad forestal es una de las principales actividades económicas de la región, seguida por la producción de cereales y plantas forrajeras (MINAGRI, 2019). Corresponde, además, a una de las regiones con mayor actividad forestal en Chile (INFOR, 2022, Mardones & Gallardo, 2012). Al año 2022, contaba con 277.556 hectáreas de plantaciones forestales (INFOR, 2022), siendo las

especies predominantes *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*, que impulsan la economía local y nacional con la producción y exportación de productos madereros.

En el sector agrícola, el trigo es uno de los principales cultivos, junto con una variada producción de frutas y hortalizas. Sus fértiles valles y un clima mediterráneo favorable han permitido un alto desarrollo agrícola (Valderrama et al., 2019). Según estadísticas del Censo Agropecuario y Forestal de 2007, así como datos proporcionados por CIREN y SAG, aproximadamente el 9,6% del área total del país está destinada a cultivos en esta región (MINAGRI, 2013). Durante noviembre de 2022, en la Región de Ñuble se alcanzó una producción de molienda de trigo que ascendió a 8.896 toneladas en total, lo que representó el 5,8% de la producción total a nivel nacional. (INE, 2022)

2.2. Flujo metodológico

Durante dos días se realizaron campañas de terreno para la actualización cartográfica en la Región de Ñuble, recorriendo gran parte del área de estudio. Durante el recorrido, se marcaron puntos de actualización de distintos tipos de coberturas y/o usos de suelo, los cuales fueron registrados en la aplicación Gaia GPS (© 2024 *Outside Interactive, Inc. and Trailbehind Inc*). Para el caso de las coberturas arbóreas como bosque nativo y plantaciones forestales se distinguió

su estructura y especie dominante. Por otra parte, para los cultivos agrícolas, además de indicar la especie cultivada, se hizo la distinción si el cultivo era de tipo anual o frutal. Esto con la finalidad de actualizar el mapa de uso y/o coberturas de suelo, para posteriormente analizar los cambios que ocurrieron en la región entre los años 1986 y 2023 e identificar los procesos de cambio dominantes.

2.2.1 Actualización de mapas de coberturas de suelo

Se marcaron un total de 551 puntos de actualización (Figura 2), que fueron posteriormente exportados a *Google Earth* para ser revisados. Se dibujaron polígonos que delimitaran la cobertura del punto marcado y luego fueron exportados a ArcGis 10.8 para actualizar los mapas de coberturas y ecosistemas al 2023.

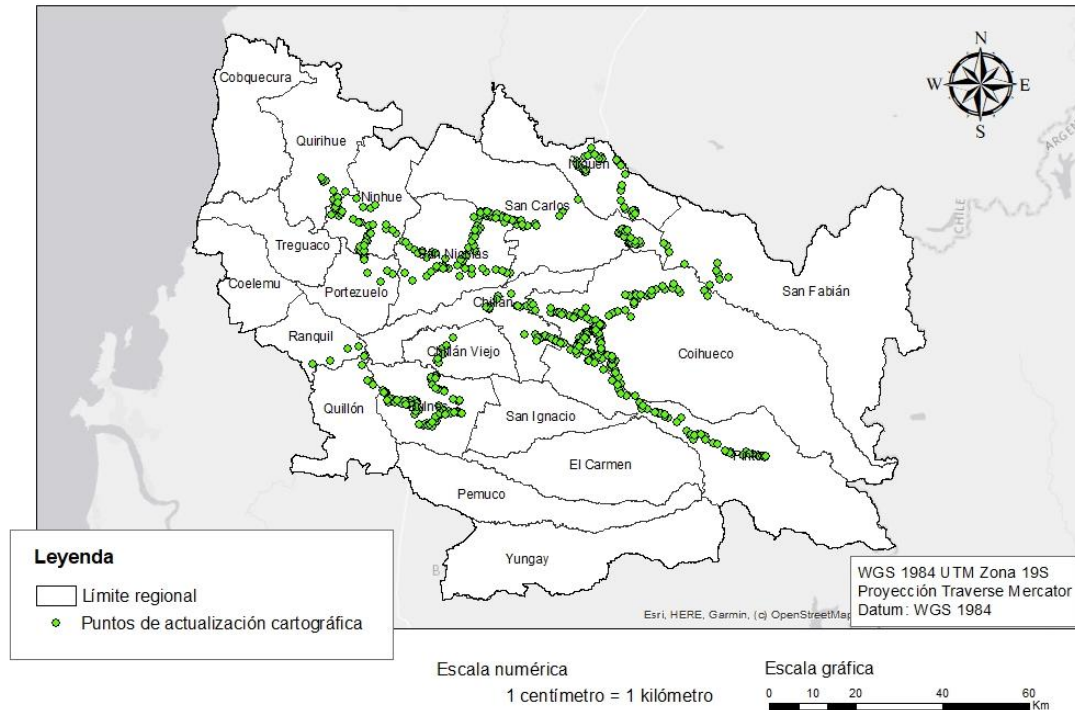


Figura 2. Puntos de entrenamiento levantados en terrenos para la actualización cartográfica en la Región de Ñuble.

Se utilizó de base la imagen clasificada 2023 de la Región de Ñuble, proporcionada por el Laboratorio de Ecología de Paisaje, a la que posteriormente se le agregó el Catastro Frutícola ODEPA 2017 y los polígonos de cultivos frutales de los puntos obtenidos en terreno. Esto para poder distinguir familias de cultivo y asociarlas a su valor de provisión de SSEE. Para las plantaciones forestales y bosque nativo, se utilizó el Catastro Vegetacional de la Región de Nuble 2015 para identificar estructura y composición.

En el caso de las plantaciones forestales, se distinguió plantaciones forestales, adultas y jóvenes, de *Eucalyptus globulus*, *Pinus radiata* y bosques de exóticas asilvestradas de *Acacia melanoxylon*-y otras especies.

Por otra parte, para bosque nativo, se distinguió bosque adulto, bosque secundario y achaparrado. Se utilizaron las formaciones vegetacionales de Gajardo (1994) que identifica diferentes tipos de formaciones vegetales predominantes en distintas regiones del país. En el área de estudio, se distinguieron bosque esclerófilo, caducifolio y espinoso, para bosque primario y secundario.

De la misma manera, se reclasificó el mapa de uso y/o coberturas del año 1986, esta vez utilizando el Catastro Vegetacional de 1999, para poder hacer el análisis de cambio de coberturas entre los dos años.

2.2.2 Análisis de cambio de uso y/o coberturas de suelo

Para entender la evolución espacio-temporal de los usos y/o coberturas del suelo del área de estudio se realizó un análisis de cambios entre el escenario 1986 con el escenario observado en 2023. Para esto se utilizó la herramienta *Land Change Modeler* del software IDRISI Selva.

Como datos de entrada se utilizaron los mapas de coberturas de la Región de Ñuble de los años 1986 y 2023, ambos con una resolución espacial de 30 m. Cada mapa cuenta con 29 clases de uso de suelo, que fueron reclasificadas para simplificar mejorar su entendimiento, en 6 clases agrupadas por uso de suelo mediante ArcGIS 10.8 y que se encuentran detalladas en el Anexo IV.

2.2.3 Cuantificación de la oferta potencial de SSEE

Se cuantificó la oferta potencial de dos SS.EE: provisión de plantas terrestres cultivadas con fines nutricionales y regulación del clima local, a través del indicador de almacenamiento de carbono. Por una parte se observó su variación, en un horizonte temporal de 37 años (1986-2023) y espacialmente en toda la extensión de nuestra área de estudio.

La cuantificación de la oferta potencial de los SS.EE de regulación del clima local y provisión de plantas terrestres cultivadas, se realizó mediante una matriz con indicadores biofísicos y valores proporcionados por el Laboratorio de Ecología de Paisaje en el marco del Proyecto Fondecyt “Evaluación integrada de los impactos del cambio climático y del uso del suelo en múltiples servicios ecosistémicos en el centro-sur de Chile” (1231230). Esta matriz contiene la capacidad de provisión de cada SSEE por clase de cobertura de suelo del paisaje y se encuentra detallada en el Anexo V. Esos valores fueron asignados a cada una de las

coberturas y/o usos de suelo de la región, para 1986 y actualizadas al 2023 para cuantificar el cambio en la magnitud de la oferta potencial de los SSEE entre los 2 años. Se utilizó la misma matriz para los dos escenarios a comparar, asumiendo que la capacidad de provisión de SSEE no cambia en el tiempo (Quinteros, 2022).

Para calcular la capacidad total del paisaje de proveer los dos SSEE para ambos escenarios, se utilizó la misma matriz de evaluación normalizada, cuyos valores fueron multiplicados por la superficie en ha de cada una de las coberturas y/o usos de suelo de la región, para 1986 y 2023. Luego se realizó una suma ponderada que se dividió en la superficie total de la comuna para ambos años.

2.2.4 Análisis de cambio en la magnitud de la provisión de SSEE

Se espacializó la oferta potencial de ambos SSEE en los dos escenarios de interés. Para entender cómo cambia la magnitud de provisión de SSEE a lo largo del tiempo, se examinaron tanto los aumentos como las reducciones en la provisión desde el año 1986 hasta el 2023. Esto se hizo mediante un análisis a nivel de píxel, en el que se realizó una resta de magnitud de oferta potencial al mapa de 2023 con el de 1986, para los mapas de almacenamiento de carbono y provisión de alimentos. Como resultado, se obtuvieron dos mapas, uno para cada servicio, con valores de píxel positivos y negativos que fueron reclasificados en 5 clases, donde “alto incremento” y “bajo incremento” son los valores positivos y

corresponden a lugares donde la provisión del SSEE tuvo un aumento en el horizonte temporal de estudio, mientras que los valores negativos, corresponden a disminuciones en la magnitud de la provisión en relación al escenario inicial de 1986 y se reclasificaron como “baja disminución” y “alta disminución” Por otra parte, las zonas donde el resultado de la resta fue 0 se reclasificaron como “cambio nulo”.

A partir de este análisis comparativo, se evaluó el *trade-off* entre los dos SSEE y sus implicancias a escala de paisaje.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis de superficies y cambio de coberturas

Al observar los mapas de 1986 y 2023 (Figura 3), se distinguen dos principales cambios respecto a la superficie de las coberturas y/o usos de suelo. Por una parte, las plantaciones forestales aumentaron tanto en la zona costera de la región como en la depresión intermedia y la zona precordillerana (Figura 4). Mientras que la cobertura agrícola disminuyó su extensión en las zonas cercanas a la costa, pero aumentó en la zona centro-sur de la región (Figura 4).

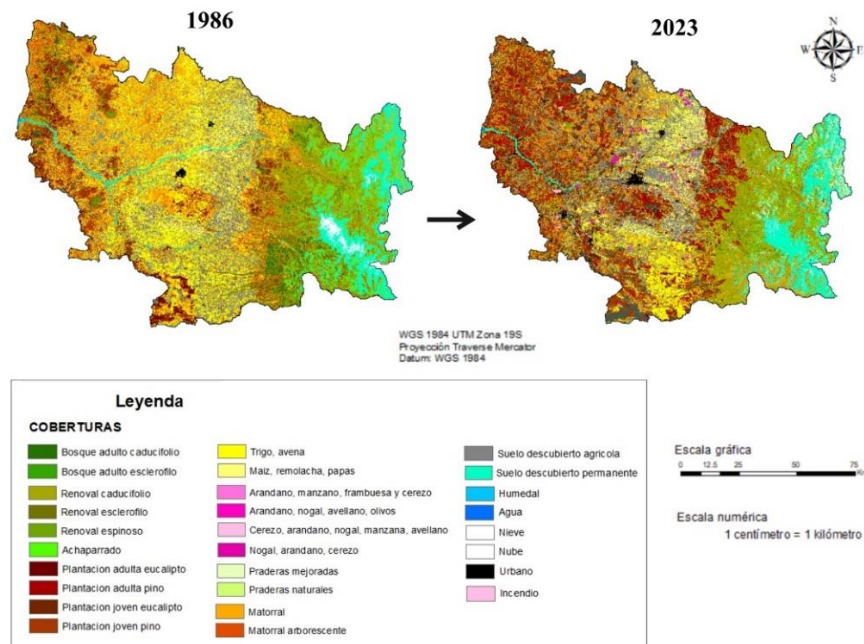


Figura 3. Coberturas y usos de suelo de la Región de Ñuble para los años 1986 y 2023.

El bosque nativo también experimentó cambios en su superficie, especialmente en la zona costera que pasó de ser una matriz continua a fragmentos relictuales de bosque insertos en una matriz dominada por plantaciones exóticas (Figura 4). Se registró una pérdida de casi 60.000 ha totales de bosque nativo, adulto, secundario y achaparrado y una ganancia de 150.000 ha aproximadamente de plantaciones de monocultivos, adultas y jóvenes, en el período de estudio (Figura 4, Anexo 1). Lo anterior se corrobora con lo expuesto por Echeverría et al. 2019 en su estudio, quienes afirman que la forestación con especies exóticas, en sustitución de matorrales, cultivos y praderas representó la forma predominante de cambio de uso y cobertura del suelo en la Cordillera de la Costa, a una tasa de 49 mil ha año⁻¹ entre 1986 y 2011.

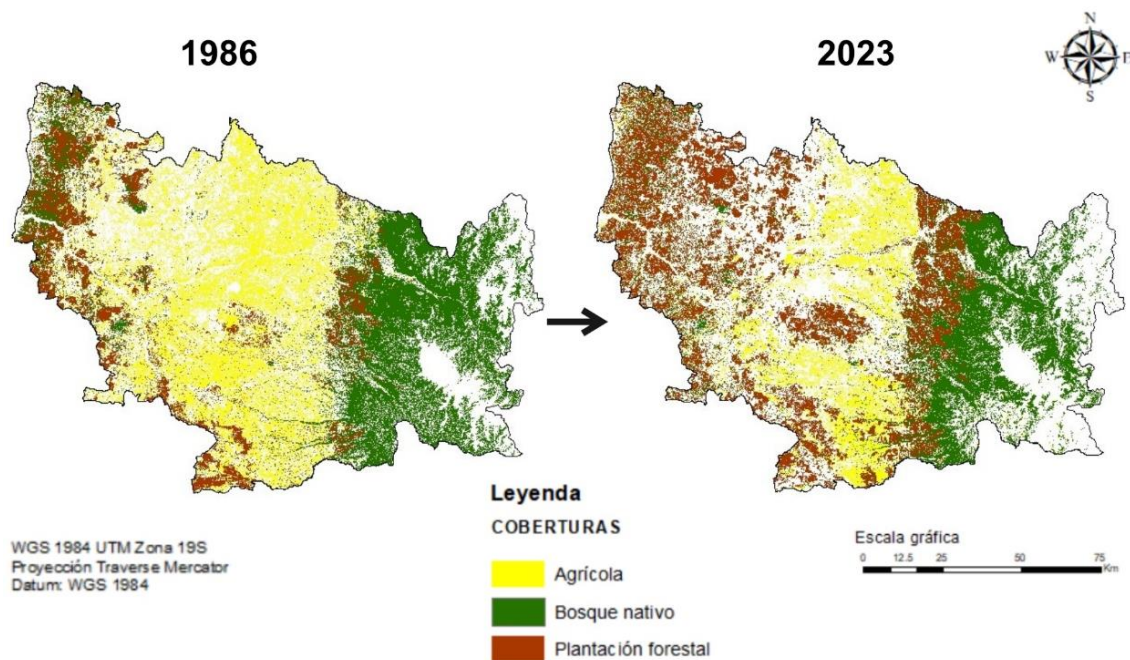


Figura 4. Cambios de uso y/o coberturas de suelo agrícola, bosque nativo, y plantaciones de monocultivos para la Región de Ñuble entre los años 1986 y 2023

La cobertura que representaba la matriz en 1986, fue la agrícola, con un 23,3% de la superficie total de la región, donde se agrupan cultivos anuales y frutales (Figura 5, Anexo II) . La siguiente cobertura predominante en ese año fueron los matorrales con un 21,9% (Figura 5). En el escenario 2023, la cobertura dominante fueron las plantaciones forestales, que incluye plantaciones jóvenes y adultas con un 21,47% del total (Figura 5, Anexo II).

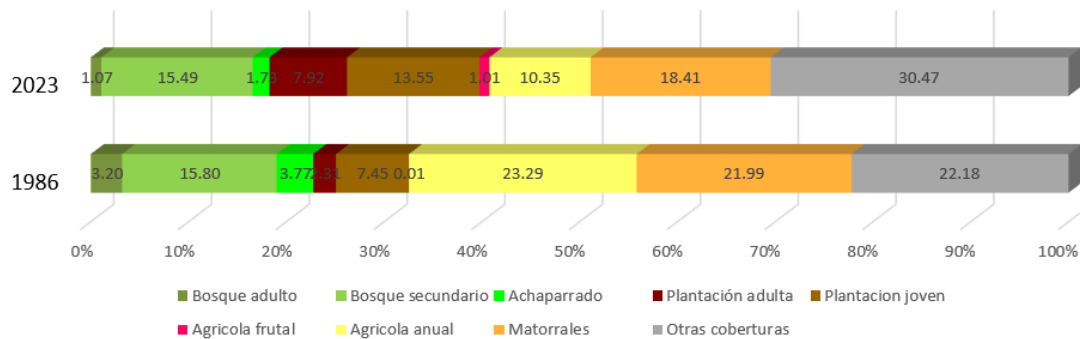


Figura 5. Distribución porcentual de las coberturas y usos del suelo en el área de estudio para los años 1986 y 2023.

Para la cobertura agrícola, se distinguieron dos familias de cultivos agrícolas anuales y cuatro familias de cultivos frutales presentes en la región, que se encuentran detalladas en el Anexo I. Al observar el mapa de cultivos agrícolas anuales y permanentes (Figura 6) se observó que, para el año 1986, estaban distribuidos por toda la región, principalmente en la Cordillera de la Costa, depresión intermedia y precordillera andina. Los cultivos agrícolas anuales con plantaciones de trigo y avena, representaban un 19,9% de la superficie total de la región, lo que correspondían a 260.000 ha aproximadamente (Anexo I). La familia de cultivos anuales compuesta por maíz, remolacha y papas, representaba una superficie menor, con sólo un 3,39% lo que corresponden a 44.000 ha aproximadamente. Por otra parte, las cuatro familias de cultivos agrícolas frutales o permanentes presentes en el área de estudio sólo comprendían un 0,01% de la superficie total de la región (Figura 5),

aproximadamente 100 ha. Dominaban los cultivos de arándanos, nogales, avellanos y olivos y se encontraban principalmente en las comunas de San Carlos y San Fabián (Figura 6).

En el escenario actual, se observó que los cultivos agrícolas se encuentran principalmente ubicados en el valle central. La familia de cultivos anuales compuesta por trigo y avena sigue siendo la cobertura dominante, pero se concentra en la sur de la región, en las comunas de Bulnes, San Ignacio, El Carmen, Pemuco y Yungay (Figura 6). Esta familia de cultivos, corresponden a un 7,67% de la superficie total de la región y experimentó un cambio neto de -12,23%, lo que representa una pérdida de 160.000 ha aproximadamente (Anexo I) . La familia de cultivos anuales compuesta por maíz, remolacha y papas, también experimentó un cambio neto negativo (-0,71%) pero en menor cantidad y actualmente se concentra en las comunas de Ñiquén y San Carlos (Figura 6). La familia de cultivos frutales experimentaron un cambio neto positivo (1,01%) (Figura 9) y se establecieron en reemplazo de los cultivos anuales, ubicados principalmente en las comunas del valle central de la región (Figura 6) y donde predominan los cultivos de arándano, nogal, avellano, olivos con aproximadamente 10.000 ha (Anexo I).

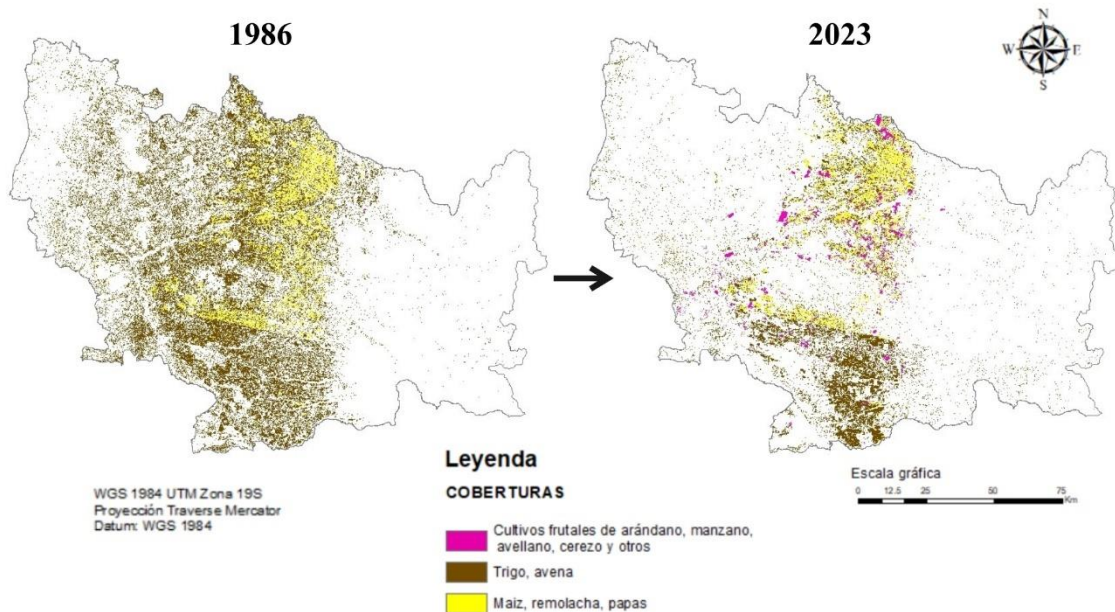


Figura 6. Cambios de superficie para plantas terrestres cultivadas con fines nutricionales entre 1986 y 2023

En contraste a lo anterior, las plantaciones exóticas registraron un aumento de su superficie (Figura 7), expandiéndose en toda la región y convirtiéndose en la cobertura dominante al 2023 con un 21,47%, lo que corresponde a 280.000 ha aproximadamente (Anexo II).

Para el año 1986, las plantaciones de *Pinus radiata* tenían una superficie de 125.000 ha aproximadamente, lo que correspondía a un 9,56% del total de la región. De esta superficie, un 2,29% eran a plantaciones adultas y 7,28% plantaciones jóvenes. En la actualidad, estas plantaciones corresponden un

15,08% de la región, lo que equivalen a 197.000 ha aproximadamente: 6,5% plantaciones adultas y 8,58% plantaciones jóvenes (Anexo II).

Por otra parte, se observaron plantaciones de *Eucalyptus globulus*, que para el año 1986 solo representaban un 0,19% de la superficie del área de estudio, equivalente a 2.500 ha aproximadamente, pero en la actualidad corresponden al 6,38% con 62.000 ha, de las cuales 1,41% son plantaciones adultas y 4,96% plantaciones jóvenes.

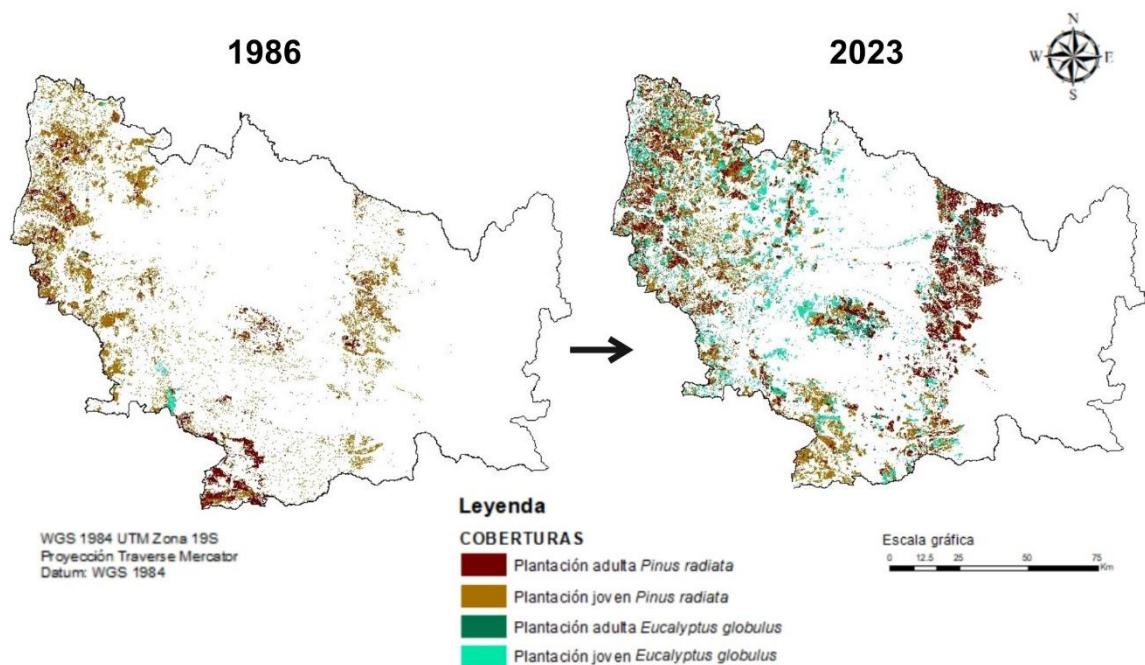


Figura 7. Cambios en la superficie de la cobertura de plantaciones de *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus* entre los años 1986 y 2023.

Para la cobertura de bosque nativo también se observó una pérdida de superficie a lo largo del periodo de estudio (Figura 8). El bosque nativo adulto, cuya superficie total en 1986 correspondió al 3,2% de la región, solo abarcó un 1,07% en el 2023. Esta disminución se vio en mayor magnitud en la cobertura de bosque adulto caducifolio, que sufrió una pérdida de aproximadamente 27.000 ha y se limitó sólo a la parte andina de la región (Figura 8).

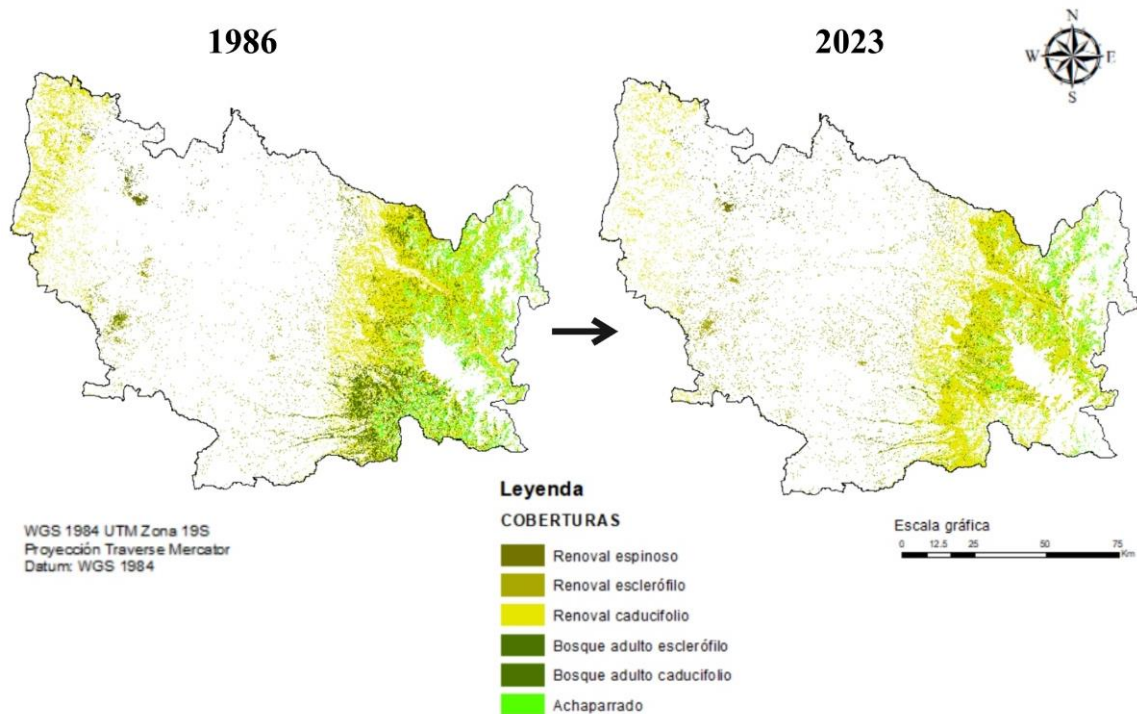


Figura 8. Cambios de superficie para bosque nativo adulto, secundario y achaparrado entre 1986 y 2023.

3.1.1 Cambios netos de las coberturas y/o usos de suelo

La cobertura que más experimentó cambios en su superficie, desde el año 1986 al 2023 fue la agrícola, con un cambio neto negativo de -11,93% (Figura 9), que correspondió aproximadamente a una reducción de 156.000 ha (Anexo II). Dentro de esta cobertura, se observó un aumento de 13.000 ha de cultivos agrícolas frutales (1,01%) y una pérdida de 169.000 ha de cultivos agrícolas anuales (-12,94%) (Figura 9).

Por otra parte, las plantaciones forestales exhibieron un cambio neto positivo de 11,7%, correspondientes a 153.000 ha (Anexo II). Las superficies de plantaciones jóvenes y adultas registraron un aumento de un 6,1% y 5,61% respectivamente, entre 1986 y 2023 (Figura 9).

En relación a las coberturas boscosas, el bosque nativo adulto registró una pérdida neta de -2,12%, lo que correspondió a 28.000 ha aproximadamente. Para el bosque secundario, la disminución de la superficie registró un cambio neto negativo de -0,32%, siendo también el bosque caducifolio el que experimentó mayor pérdida en superficie (15.000 ha aproximadamente). El bosque achaparrado pasó de tener un 3,77% a sólo 1,73%, con una pérdida neta de -2,05% que correspondieron aproximadamente a 27.000 ha (Anexo I, Figura 9).

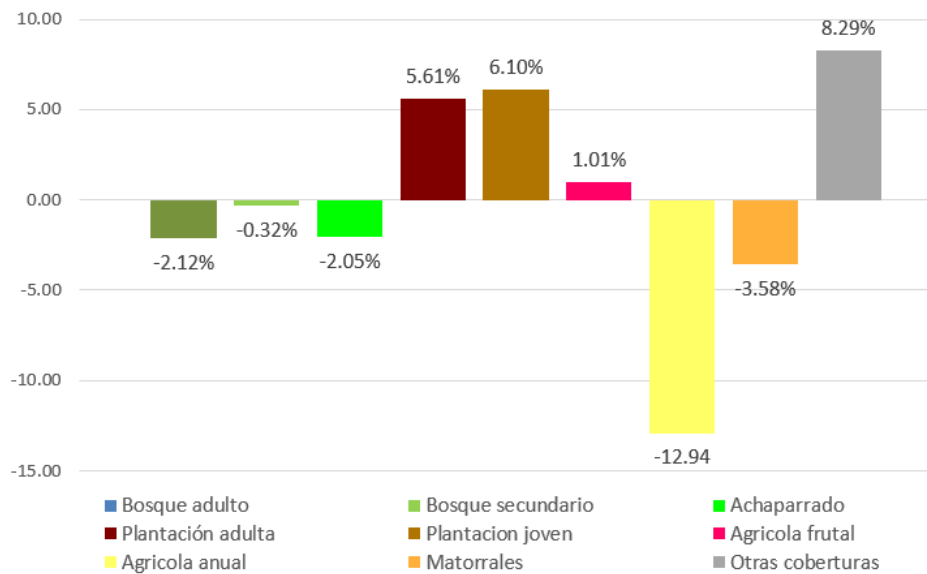


Figura 9. Cambio neto porcentual de las coberturas y/o usos del suelo en el área de estudio entre 1986 y 2023.

3.1.2 Contribuciones a los cambios netos de las coberturas y usos del suelo

La mayor parte de la superficie agrícola registrada en el 2023 correspondió a persistencia de este tipo de cobertura (Figura 10). Sin embargo, se observó una importante contribución por parte de la cobertura agrícola al establecimiento de nuevas plantaciones forestales (97.000 ha aproximadamente). Estos resultados son consistentes con lo estimado por Aguayo et al. (2009) quienes sostienen que la pérdida de la cobertura agrícola en la zona centro sur de Chile a fines del siglo XX fue producto principalmente de la forestación de estos terrenos. Además, los mismos autores reportaron que, se observó un aumento considerable en la superficie de plantaciones forestales, mientras que los terrenos agrícolas

disminuyen y dan paso a áreas cubiertas por matorrales. Esta transición se vio influenciada por políticas estatales que fomentan la forestación y el desarrollo forestal en la región, generando un impacto notable en el paisaje local (Aguayo et al., 2009).

Por otra parte, se registró una transición de 91.000 ha de cobertura agrícola hacia matorrales y 17.000 ha a bosque nativo (Figura 10, Anexo III). Esta transición se explica por el abandono de la agricultura y el inicio de un proceso de regeneración natural tal como sostienen Díaz et al., (2011). El análisis espaciotemporal de su estudio mostró que el 35,1% de las tierras agrícolas en 1985 cambiaron a matorral y bosque secundario en 2007 en el sur de Chile. Estos autores sostienen que el abandono de tierras se ha convertido en una de las tendencias más importantes en el cambio de uso y cobertura del suelo, lo cual se reafirma por el presente estudio.

Otra contribución observada, fue el reemplazo de 90.000 ha de la cobertura de matorrales (incluye matorral y matorral arborescente), a plantaciones de monocultivos entre 1986 y 2023, a través del proceso de forestación. Lo anterior podría ser atribuido al Decreto Ley N° 701, que estuvo vigente hasta diciembre de 2012, y que jugó un papel significativo en incentivar las actividades forestales en Chile (Heilmayr et al., 2016). Esta ley otorgaba bonificaciones y beneficios tributarios para promover la forestación y las actividades de manejo forestal en

tierras aptas para la silvicultura, con el objetivo de impulsar la industria forestal y combatir la erosión del suelo (CONAF, s/f). Con el tiempo, surgieron preocupaciones sobre el impacto de esta ley en los bosques nativos y acusaciones de tala ilegal. En diciembre del año 2012, el sistema de incentivos establecido en el Artículo 12 del Decreto Ley N° 701 expiró. Como resultado, cualquier forestación o actividades elegibles realizadas después del 1 de enero de 2013 ya no eran elegibles para estos incentivos según la normativa vigente (CONAF, s/f). Un ejemplo de esto, es la expansión forestal y desterritorialización rural en Curanilahue en el período 1960-2018, expuesto por Paredes, (2019) en su estudio. Este señala que la llegada de las industrias forestales, luego de la implementación del DL 701, provocó importantes transformaciones en la comuna, siendo Forestal Arauco quien surgió como la principal entidad que adquirió la mayoría de las tierras, abarcando el 78,8% de las áreas boscosas y el 63,1% del territorio comunal no urbano que antes pertenecía a varios terratenientes, instituciones y agricultores autónomos.

Otra de las clases de coberturas que exhibió una contribución al aumento de la cobertura de plantación forestal, fue el bosque nativo (Figura 10). Aproximadamente 43.000 ha de bosque nativo, adulto y secundario fueron sustituidos por plantaciones forestales con fines comerciales (Anexo II). Se calcula que el porcentaje de sustitución en el área de estudio fue de aproximadamente 3,28% y se concentró en las zonas costeras y la precordillera

Andina (Figura 4). Estos resultados coinciden con estudios anteriores que afirman que la pérdida del bosque nativo se debe, principalmente, a la expansión de las plantaciones forestales hacia los cordones montañosos andinos y costeros (Aguayo et al., 2009). Por otra parte Echeverría et al. 2019, sostienen que la pérdida, fragmentación y degradación de bosques nativos ha transformado drásticamente la Cordillera de la Costa de Chile, lo cual quedó en evidencia con los resultados del presente estudio (Figura 4). Aguayo et al., 2009 también mencionan que las áreas de bosque nativo remanente en la zona centro sur de Chile, se encuentran actualmente ubicadas en sectores de difícil acceso, fuertes pendiente, altitudes por sobre los 800 m, o al interior de áreas silvestres protegidas.

Además de su expansión, las plantaciones forestales registraron un alto valor de persistencia en el horizonte temporal de este estudio (Figura 10), con un 6,91% lo que corresponde a 90.500 ha aproximadamente, y lo que la lleva a ser una de las coberturas dominantes en la región en la actualidad. Esta transición en el paisaje, en la que las plantaciones forestales cada vez abarcan más territorio, ha sido un rasgo distintivo en las transformaciones de las áreas del centro-sur de Chile (Echeverría et al., 2006; Heilmayr et al., 2016). Este proceso ha sido atribuido a políticas públicas vinculadas al aprovechamiento del capital natural, demostrando la capacidad que los instrumentos legales tienen para alterar la apariencia de los paisajes (Quinteros, 2020; Heilmayr et al. 2016).

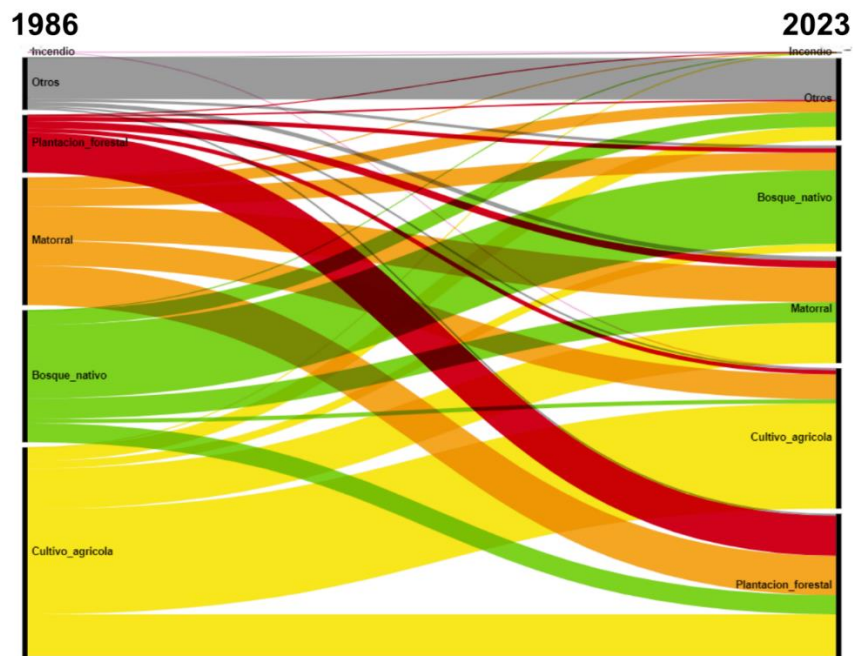


Figura 10. Trayectorias de reemplazo de coberturas y usos del suelo entre 1986 y 2023 .

3.2 Cambios en la provisión de servicios ecosistémicos a escala de paisaje

El reemplazo de la cobertura agrícola por plantaciones exóticas registrado en el horizonte temporal del estudio, tuvo repercusiones positivas en la provisión del SSEE de regulación del clima local (Figura 11).

En el año 1986, las zonas con altos valores de provisión de este servicio se concentraron en el seco costero en las comunas de Cobquecura, Treguaco y Coelemu, y la precordillera andina incluyendo las comunas de Coihueco, San

Fabian, Pinto y el sureste de El Carmen (Figura 11). En la actualidad, el valor de provisión de las zonas cercanas a la Costa presentó una disminución, específicamente en las zonas de transición de bosque nativo a plantación forestal. Sin embargo, aparecieron nuevas zonas de alto valor de provisión que se extendieron por el secano interior, incorporando las comunas de Quirihue, Ninhue, Portezuelo, San Carlos y San Nicolas. Por otra parte, en la depresión intermedia, las comunas de Chillán, Chillán Viejo y San Ignacio también registraron zonas de alta provisión que, para el año 1986 no existían, mientras que en la precordillera las zonas de alto valor de provisión fueron expandiéndose junto con el crecimiento forestal hacia la depresión intermedia (Figura 11).

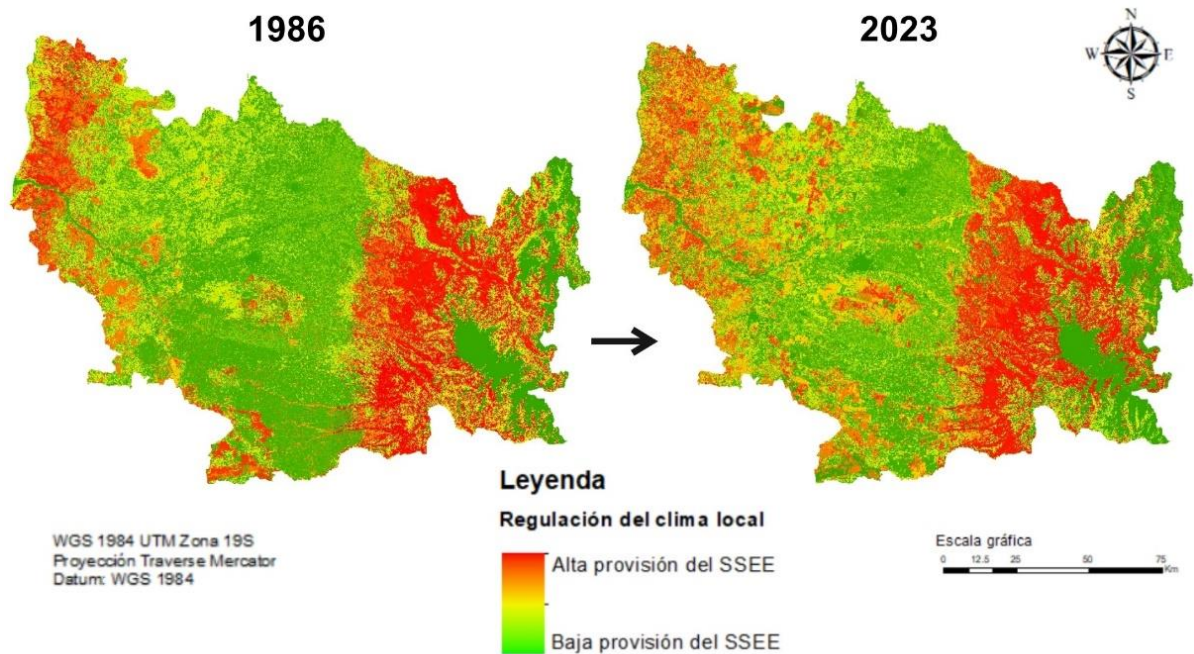


Figura 11. Oferta del servicio ecosistémico de regulación del clima local, mediante el indicador de almacenamiento de carbono, para la Región de Ñuble en los años 1986 y 2023

Este incremento en la magnitud de la provisión del SSEE explica por el gran aumento de superficie forestal en el periodo estudiado y se concentra en las zonas donde la expansión forestal tuvo una transición desde coberturas agrícolas y matorrales (Figura 12). Las zonas de alto incremento corresponden a un 9,32% del área de estudio y se concentran en la zona preandina, secoano costero e interior (Figura 12). Las zonas de bajo incremento correspondieron a un 29,41% y se encuentran en casi todo el resto del paisaje, excepto la precordillera Andina (Figura 12). En relación a las pérdidas, se observó que un 25,05% del paisaje

experimentó una baja disminución de la provisión del servicio, mientras que un 6,96% corresponde a una alta disminución y se concentra en las comunas de Cobquecura, Treguaco y Coelemu, en la Cordillera de la Costa y en las comunas de San Fabian, Coihueco y Pinto, por la Zona Altoandina (Figura 12). Las zonas que experimentaron un cambio nulo, se encuentran distribuidas en toda el área de estudio y correspondieron a zonas de persistencia de coberturas y/o usos de suelo en la trayectoria observada (Figura 12).

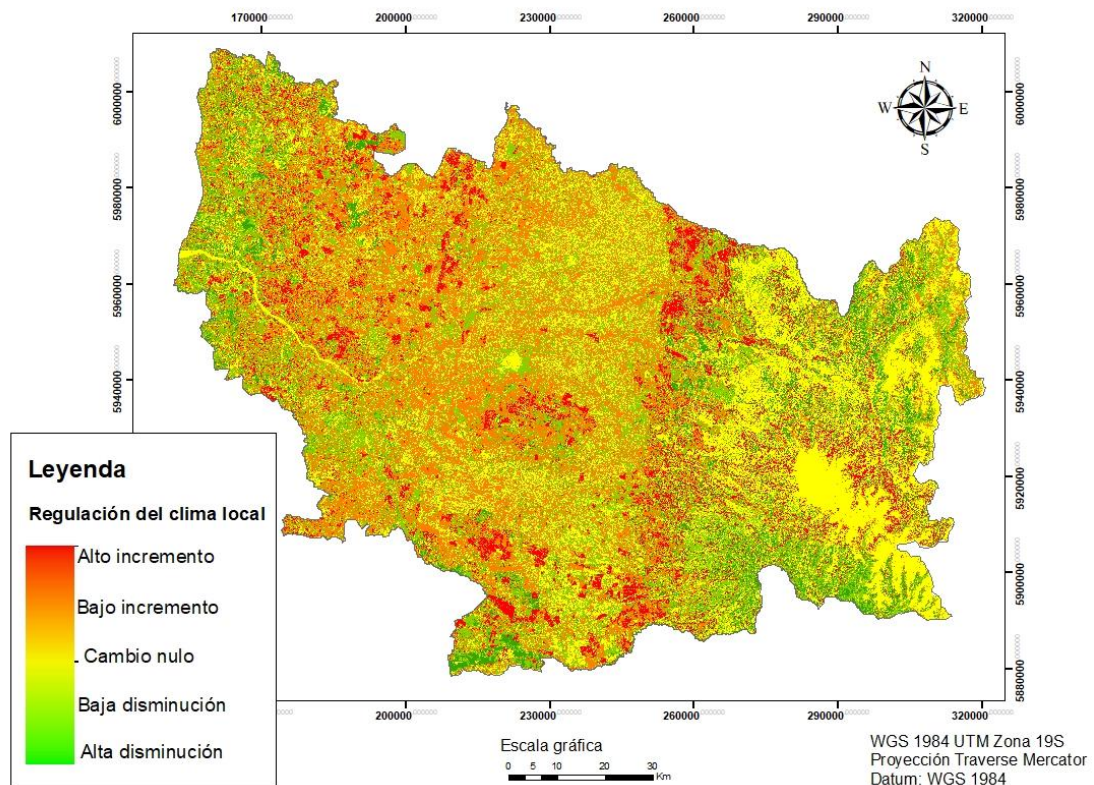


Figura 12. Cambio en la magnitud de provisión del servicio ecosistémico de regulación del clima local para la Región de Ñuble entre los años 1986 y 2023.

No obstante, el incremento en la capacidad para proveer estos servicios de regulación, ligados a la actividad forestal, está acompañado con la pérdida en magnitud para proveer servicios de aprovisionamiento, en este caso, se registró una disminución en la provisión de plantas terrestres cultivadas con fines nutricionales (Figura 13).

Para el año 1986, las zonas de alta provisión del SSEE se concentraron en el valle central y estaban asociadas a cultivos principalmente anuales de trigo y avena en las comunas de Bulnes, San Ignacio, San Carlos y Ñiquén (Figura 13). Por otra parte, las zonas de mediana y baja provisión se encontraban en todo el resto del paisaje, exceptuando la precordillera y zona andina donde la provisión del servicio tenía valores cercanos a 0 (Figura 13). En el 2023, no se registraron mayores cambios en la distribución espacial de la provisión del SSEE pero si una disminución en su magnitud. Las comunas de Quirihue, Ninhue, Treguaco y Portezuelo exhibieron mayores pérdidas de cobertura agrícola y a su vez, las que disminuyeron su valor de provisión en el secano interior (Figura 6 y 13).

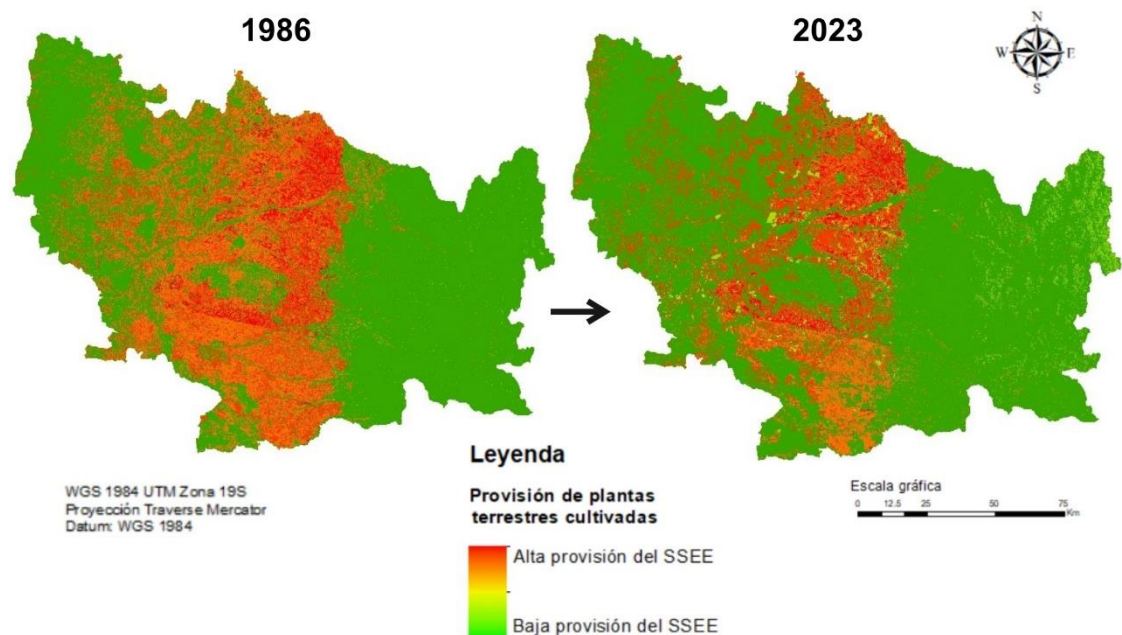


Figura 13. Oferta del servicio ecosistémico de provisión de plantas terrestres cultivadas con fines nutricionales, para la Región de Ñuble en los años 1986 y 2023.

Esta pérdida en la provisión de plantas terrestres cultivadas, está principalmente asociada con la pérdida de superficies destinadas a cultivos. Un 17,67% correspondió a zonas de alta disminución, principalmente en el secano interior y valle central y se explica por la conversión de terrenos agrícolas a plantaciones de monocultivos (Figura 14) . Solo se registró un 5,86% de superficie con alto incremento de la provisión del SSEE y corresponden a zonas de transición desde matorral a cultivos, mayoritariamente anuales por el proceso de habilitación. Las zonas de cambio nulo corresponden al 63,72% y distribuidas en toda la extensión del área de estudio (Figura 14).

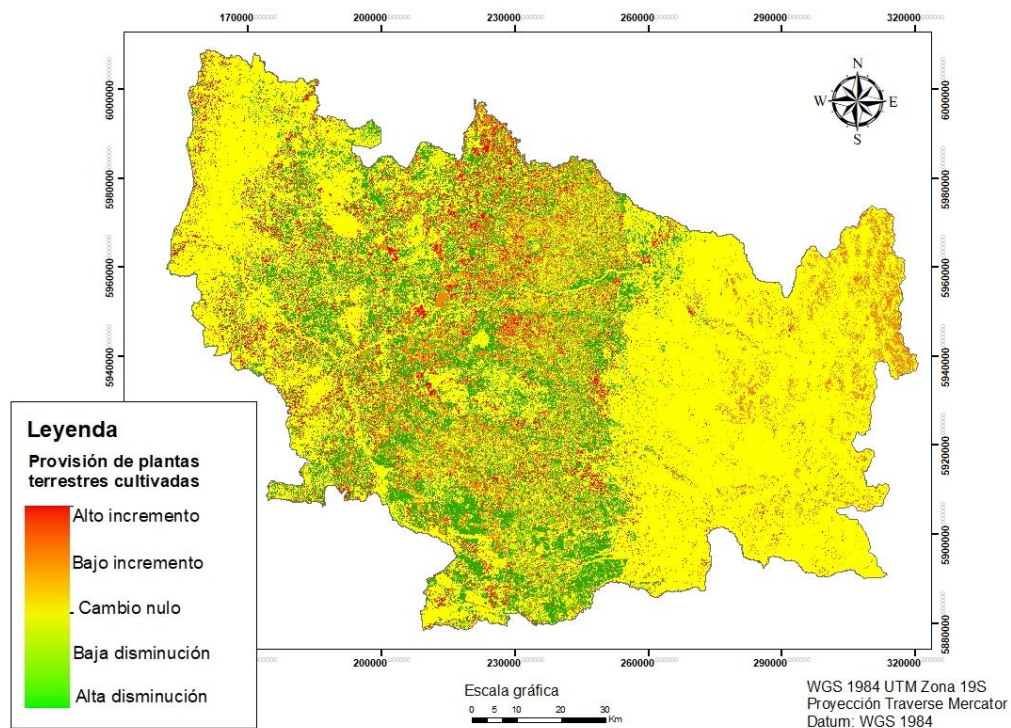


Figura 14. Cambio en la magnitud de la provisión del SSEE plantas terrestres cultivadas con fines nutricionales, para la Región de Ñuble entre los años 1986 y 2023.

3.3. Evaluación espacio-temporal del *trade-off* entre los SSEE

Los cambios de uso y cobertura de suelo que presentó la Región de Ñuble entre los años 1986 y 2023, generaron un *trade-off* entre la oferta potencial de los dos SSEE estudiados (Figura 15).

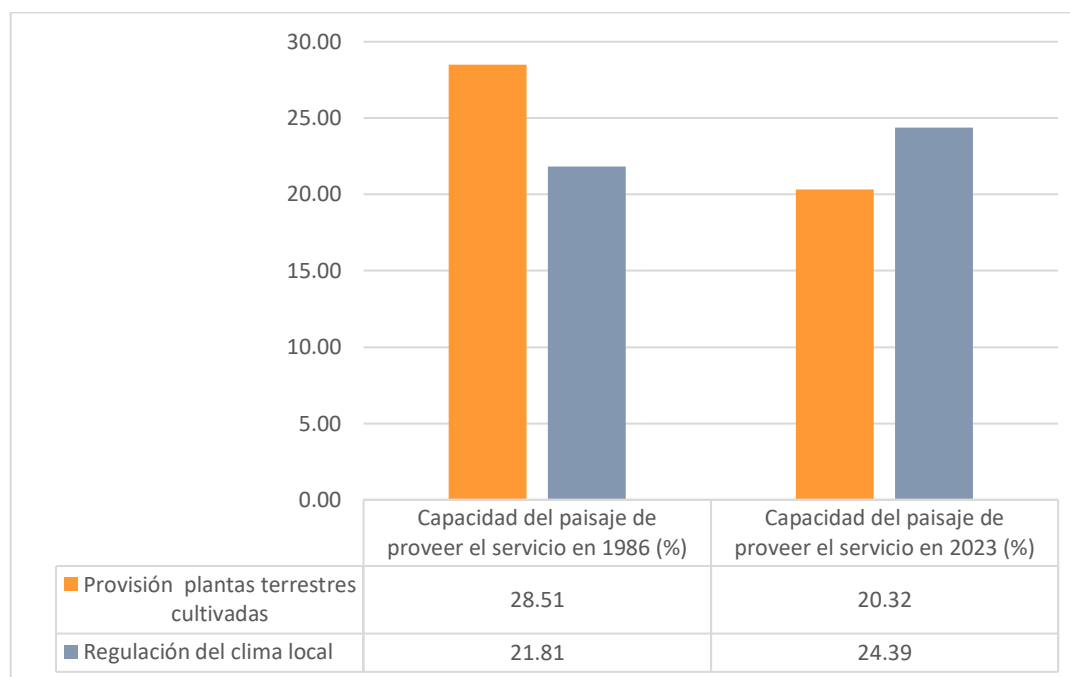


Figura 15. Cambio en la capacidad de provisión de los servicio ecosistémicos de plantas terrestres cultivadas con fines nutricionales y regulación del clima local entre los años 1986 y 2023.

Por una parte, aumentó en un 2,57% la capacidad del paisaje de proveer el SSEE de regulación del clima local, a través del almacenamiento de carbono (Figura 15). Esto se explica por el aumento de la superficie de plantaciones forestales que se registró en el horizonte temporal de este estudio (Figura 4 y 7) Especialmente, el aumento de la provisión de este SSEE se concentró en las zonas donde se registró un aumento de la cobertura forestal a través de las plantaciones de *Pinus radiata* y *Eucaliptus globulus* (Figura 4 y 12). La expansión de áreas forestadas puede aumentar significativamente el almacenamiento de carbono, como lo demuestran Rojas et. Al., (2021), quienes observaron una

evolución de las absorciones de carbono, dominada por plantaciones de *Pinus radiata*, a medida que fue aumentando su superficie entre los años 1990 y 2002 en Chile. Los mismos autores registraron que las plantaciones de *Eucalyptus globulus* aumentaron en forma sostenida su participación en la absorción de carbono en el tiempo, alcanzando en 2018 una superficie de 858.315 ha y - 39.953,6 kt CO₂eq de absorciones. El aumento de la producción puede atribuirse a una variedad de factores, dentro de los que se encuentran la inclinación de los propietarios pequeños y medianos hacia estas especies en particular, la disminución de la edad de rotación en comparación con *Pinus radiata*, así como un mayor crecimiento y una utilización eficiente de la tierra en áreas donde el pino radiata muestra un crecimiento más lento (Büchner et al., 2018).

Al relacionar el contexto actual de cambio climático que se vive tanto a escala local como global, este gran incremento de la cobertura forestal en la región, puede proporcionar beneficios ambientales, ya que el almacenamiento de carbono en los ecosistemas ayuda a reducir la cantidad de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera, lo cual contribuye a disminuir el efecto invernadero (Smith et al., 2016). Los ecosistemas con capacidades altas de almacenamiento de carbono pueden mantener una mayor estabilidad climática dentro de sus áreas, lo que puede ser particularmente útil en zonas vulnerables ante amenazas (Bonan, 2008).

Sin embargo se ha reportado que la sustitución de bosques nativos por plantaciones de especies exóticas puede favorecer la introducción de especies invasoras y afectar negativamente procesos hidrológicos y a la biodiversidad (Echeverría et al. 2019).

Por otra parte, investigaciones anteriores de Little et al., 2009 y Gayoso 2001, han señalado que, en comparación a los bosques nativos, las plantaciones forestales producen una disminución en el rendimiento hídrico en las cuencas hidrográficas circundantes y contienen una menor cantidad de carbono en la biomasa aérea (Heilmayr et al., 2016). En promedio, los bosques nativos son la cobertura terrestre más rica en carbono en Chile, seguidos por los bosques plantados, los matorrales y los pastizales (Heilmayr et al., 2020). Es por esto que, la falta de protección de las áreas existentes de bosque nativo junto con la creciente expansión de plantaciones forestales podría socavar los objetivos de mejorar el secuestro de carbono y la biodiversidad (Heilmayr et al., 2020).

Por otra parte, este aumento en la capacidad del paisaje de proveer SSEE regulación suele ir acompañado de una pérdida de la provisión de otros tipos de SSEE (Rodríguez et al., 2006). Se observó que la capacidad del paisaje de proveer el SSEE de provisión de alimentos, a través de las plantas terrestre cultivadas con fines nutricionales, tuvo un cambio neto negativo de -8,18% (Figura 11). Esto está directamente relacionado con la pérdida de superficie

agrícola que se registró en el período de estudio. Se observó que las zonas que disminuyeron su magnitud de provisión, son las zonas que experimentaron disminución de la cobertura agrícola (Figura 13). Respecto a esto, Zavala y Burkey (1997) señalan que entre las repercusiones negativas de la disminución de tierras destinadas a cultivos, se encuentran la desaparición de prácticas agrícolas tradicionales y la pérdida a largo plazo de hábitats de alto valor ecológico. Adicionalmente, Khanal y Watanabe (2006) afirman que, a mayor escala, el reemplazo de los terrenos agrícolas tiene graves repercusiones en la seguridad alimentaria y los medios de subsistencia locales, especialmente en zonas que sufren pobreza y escasez de alimentos, pero este último no sería del caso del área del presente estudio.

3.4 Implicancias a distintas escalas

Según lo expuesto anteriormente, la Región de Ñuble es un muy buen ejemplo de cómo el cambio de coberturas y/o usos de suelo tienen repercusiones directas en la magnitud y el patrón espacial de los SSEE que estos proveen en un paisaje. El balance entre la producción agrícola y forestal, junto con la expansión demográfica de la región, presenta desafíos y perspectivas para el avance sostenible de Ñuble. Esta situación fomenta la investigación y la formulación de iniciativas de planificación estratégica (Rozas-Vásquez et al., 2019).

Tomar decisiones que maximicen un determinado servicio ecosistémico puede tener consecuencias negativas en otros servicios o incluso en la salud general del ecosistema (Rodríguez et al., 2006). Los resultados del presente estudio podrían aportar a las políticas/planes/programas como la Estrategia Regional de Desarrollo (ERD) de la Región de Ñuble, vigente hasta 2028, que tiene como objetivos principales fomentar el desarrollo territorial de manera integrada y equitativa, así como fortalecer la sustentabilidad ambiental de la región. Así mismo el presente estudio podría contribuir el Plan Nacional de Restauración a Escala de Paisajes 2021-2030, que tiene el objetivo de restituir la funcionalidad ecológica y la calidad de vida y bienestar de las comunidades (MINAGRI, CONAF, MMA, (2021). Por otra parte, este estudio también se relaciona con la meta 1 de planificación, del Marco Global para la Biodiversidad post 2020, la cual propone “planificar el uso de la tierra y los océanos para conservar la diversidad biológica, manteniendo la mayoría de las áreas intactas y naturales”. Por otra parte, la meta 8 relacionada con el cambio climático, que busca “reducir el impacto del cambio climático en la biodiversidad mediante enfoques basados en los ecosistemas, contribuyendo con al menos 10 gigatoneladas de equivalente de dióxido de carbono por año a la mitigación global, sin afectar negativamente la biodiversidad”.

Es importante adoptar enfoques que cuantifiquen y analicen los SSEE para proponer acciones o medidas de gestión de los recursos naturales y el uso del suelo (Burkhard, B & Maes J., 2017)

IV. CONCLUSIONES

La contribución de las tierras agrícolas a la expansión forestal, por plantaciones de monocultivos generó un *trade-off* entre los servicios ecosistémicos de regulación del clima local y provisión de plantas terrestres cultivadas con fines nutricionales en la Región de Ñuble entre los años 1986 y 2023. Esto ocurrió debido al proceso de forestación que fue el que predominó en la región en el período de tiempo del estudio.

La expansión de áreas forestales puede favorecer la mitigación del cambio climático, pero también limita el espacio disponible para la producción de alimentos, que es fundamental para satisfacer las necesidades nutricionales de las personas y asegurar el bienestar humano.

El balance dinámico entre la producción agrícola y forestal, junto con el crecimiento demográfico de la región, plantea desafíos y oportunidades para el desarrollo sustentable de Ñuble, impulsando la investigación y el desarrollo de estrategias de planificación basadas en enfoques socio-ecológico

V. FINANCIAMIENTO

Trabajo elaborado bajo el marco del proyecto Fondecyt 1231230 “INTEGRATED ASSESSMENT OF THE IMPACTS OF CLIMATE AND LAND USE CHANGE ON MULTIPLE ECOSYSTEM SERVICES IN SOUTH-CENTRAL CHILE”.

VI. GLOSARIO

Demanda: Es la cantidad de bienes o servicios que las personas desean adquirir a los precios que ofrece el mercado

Flujo de servicios ecosistémicos: Es la forma en que los beneficios proporcionados por los ecosistemas se transfieren, se utilizan y se distribuyen a lo largo del tiempo y el espacio. Es fundamental para comprender cómo los ecosistemas afectan el bienestar humano y cómo las actividades humanas influyen en la capacidad de los ecosistemas para proporcionar estos servicios.

Oferta: Es la cantidad de bienes y servicios que están disponibles para comprar en el mercado a unos precios específicos.

Provisión de plantas terrestres cultivadas con fines nutricionales: Suministro de plantas que han sido cultivadas en tierra para ser utilizadas como alimento humano. Esto incluye vegetales, frutas, cereales y otros productos vegetales que se cultivan específicamente para proporcionar nutrientes esenciales en la dieta humana, como vitaminas, minerales, carbohidratos, proteínas y grasas saludables.

Regulación del clima local: Capacidad de los ecosistemas para regular el clima a nivel local, a través de procesos como la absorción de dióxido de carbono, la

liberación de oxígeno, la regulación de la temperatura y la humedad, entre otros. Estos servicios contribuyen a mitigar los efectos del cambio climático y a mantener un clima adecuado para la vida de las especies que habitan en un determinado lugar.

Servicios ecosistémicos: Son los beneficios tangibles e intangibles que los ecosistemas proporcionan a los seres humanos y a otros organismos. Estos servicios pueden incluir el suministro de alimentos, agua y materiales, la regulación del clima y la calidad del aire y del agua, el soporte para la polinización de cultivos, la recreación y el turismo, entre otros.

Trade-off: En español “compensación”. Es una situación ganancia-pérdida que describe la decisión de elegir entre dos o más opciones que implican costos o beneficios opuestos. En este contexto, al optar por una opción, se renuncia a ciertos beneficios asociados con las otras opciones disponibles. Este término se utiliza comúnmente en economía, gestión de proyectos y toma de decisiones estratégicas para evaluar y comparar las implicaciones de diferentes alternativas.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Aguayo, M., Pauchard, A., Azocar, G., & Parra, O. (2009). Cambio del uso del suelo en el centro sur de Chile a fines del siglo XX: Entendiendo la dinámica espacial y temporal del paisaje. *Revista chilena de historia natural*, 82(3), 361-374

Bai, Y., Ochuodho, T.O., Yang, J., 2019. Impact of land use and climate change on waterrelated ecosystem services in Kentucky. USA. *Ecol. Indic.* 102, 51–64.

Benjamín, J. A., & Masera, O. (2001). Captura de Carbono ante el cambio climático. *Madera y Bosques*, 7(1), 3-12.

Burkhard, Benjamin & Maes, Joachim. (2017). Mapping Ecosystem Services. Biblioteca del Congreso Nacional. SIIT. (2005). Biblioteca del congreso Nacional. Bcn.Cl. <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region16/relieve.htm>

Bonan, G. B. (2008). Forests and climate change: Forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests. *Science*, 320(5877), 1444-1449.

Büchner, C., Martin, M., Sagardia, R., Avila, A., Molina, E., Rojas, Y., Muñoz, J. et al. (2018). Disponibilidad de Madera de Plantaciones de *Pinus radiata*, *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens* 2017 - 2047. Instituto Forestal, Chile. Informe Técnico N° 220. 123 p. <https://doi.org/10.52904/20.500.12220/28294>

Cabrera Silva, Sergio. (2019). Cambio global: una mirada desde la biología. *Revista chilena de enfermedades respiratorias*, 35(1), 9-14. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-73482019000100009>

Campaña Sin Biodiversidad No Hay Vida, del Á. de C. de la N. (2022). Análisis del borrador del Marco Global para la Biodiversidad Post-2020 Camino hacia la COP 15 de Montreal del Convenio de Diversidad Biológica (CDB). *Ecologistas en Acción*.

Cardinale, B. J. et al. Effects of biodiversity on the functioning of trophic groups and ecosystems. *Nature* 443, 989–992 (2006).

CONAF, CONAMA, BIRF, Universidad Austral de Chile & Universidad de Concepción (1999) Catastro y evaluación de los recursos vegetacionales nativos de Chile. Monitoreo de cambios. Santiago, Chile. 12 pp.

CONAF. (s/f). Conaf.cl. Recuperado el 26 de febrero de 2024, de <https://www.conaf.cl/conaf-en-regiones/delnuble/programas-regionales/>

CONAF. (s/f). Conaf.cl. Recuperado el 8 de abril de 2024, de <https://www.conaf.cl/nuestros-bosques/plantaciones-forestales/dl-701-y-sus-reglamentos/>

Cristian Mardones, P., & Álvaro Gallardo, A. (2012). Contribución de la industria forestal al desarrollo económico de la región del Biobío, Chile Forest industry contribution to economic development of the Biobio region, Chile.

Díaz, G. I., Nahuelhual, L., Echeverría, C., & Marín, S. (2011). Drivers of land abandonment in Southern Chile and implications for landscape planning. *Landscape and Urban Planning*, 99(3), 207-217. doi:<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.11.005>

Díaz, S., Demissew, S., Carabias, J., Joly, C., Lonsdale, M., Ash, N., . . . Zlatanova, D. (2015). The IPBES Conceptual Framework - connecting nature and people. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 14(16), 1-16.

Echeverria C., R. Fuentes, R. Heilmayr. 2019. Cambios de uso y cobertura del suelo en la Cordillera de la Costa del centro-sur de Chile entre 1986 y 2011. pp. 471- 486. En: *Biodiversidad y Ecología de los Bosques Costeros de Chile*, (Smith Ramírez C., F.A. Squeo, eds). Editorial Universidad de Los Lagos.

Echeverria, C., Coomes, D., Salas, J., Benayas, J., Lara, A., & Newton, A. (2006). Rapid deforestation and fragmentation of Chilean Temperate Forests (Vol. 130).

Foley, J. A., DeFries, R., Asner, G. P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S. R., Chapin, F. S., Coe, M. T., Daily, G. C., Gibbs, H. K., Helkowski, J. H., Holloway, T., Howard, E. A., Kucharik, C. J., Monfreda, C., Patz, J. A., Prentice, I. C.,

Ramankutty, N., & Snyder, P. K. (2005). Global consequences of land use. *Science* (New York, N.Y.), 309(5734), 570–574. <https://doi.org/10.1126/science.1111772>

Frazier, A. E., Bryan, B. A., Buyantuev, A., Chen, L., Echeverria, C., Jia, P., . . . Zhao, S. (2019). Ecological civilization: perspectives from landscape ecology and landscape sustainability science. *Landscape Ecology*, 34(1), 1-8.

Fu, B., et al. (2015). "Ecosystem services in changing land use." *Journal of Soils and Sediments* 15(4): 833-843.

Gayoso, Jorge. 2001. "Medición de La Capacidad de Captura de Carbono En Bosques Nativos Y Plantaciones de Chile." Trabajo Presentado En El Taller Secuestro de Carbono. Mérida,

Gobierno Regional de Ñuble. (s/f). Goredenuble.cl. Recuperado el 23 de febrero de 2024, de <https://goredenuble.cl/gobiernoregional/desarrollo/>

Gobierno Regional de Ñuble. (s/f-b). Goredenuble.cl. Recuperado el 26 de febrero de 2024, de <https://goredenuble.cl/erdnuble/>

Haines-Young, R., & Potschin, M. (2012). Common international classification of ecosystem services (CICES, Version 4.1). *European Environment Agency*, 33, 107.

Heilmayr R., C. Echeverría, R. Fuentes, E.F. Lambin. 2016. A plantation-dominated forest transition in Chile. *Applied Geography* 75: 71-82.

Heilmayr, R., Echeverría, C., & Lambin, E. F. (2020). Impacts of Chilean forest subsidies on forest cover, carbon and biodiversity. *Nature Sustainability*, 3(9), 701-709. doi:10.1038/s41893-020-0547-0

Holling, C. S., and G. K. Meffe. 1996. Command and control and the pathology of natural resource management. *Conservation Biology* 10:328–337.

Informe regional molienda de trigo Región de Ñuble, 2023. Instituto Nacional de Estadísticas, Chile. <https://regiones.ine.cl/documentos/default-source/region-xvi/estadisticas/molienda-de-trigo/boletines/2022/boletin-molienda-de-trigo-noviembre-2022.pdf>

IPBES. 2019. Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Bonn, Alemania.

Little, C., A. Lara, J. McPhee, and R. Urrutia. 2009. “Revealing the Impact of Forest Exotic Plantations on Water Yield in Large Scale Watersheds in South-Central Chile.” *Journal of Hydrology* 374 (1–2):162–70. doi:10.1016/j.jhydrol.2009.06.011.

Luebert, F., & Pliscoff, P. (2006). Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Editorial Universitaria.

MEA (Millennium Ecosystem Assessment) (2005) *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington DC

Metzger, M. J., Rounsevell, M. D. A., & Acosta-michlik, L. (2006). The vulnerability of ecosystem services to land use change. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 114(2), 69-85.

Ministerio de Agricultura - Corporación Nacional Forestal - Ministerio del Medio Ambiente. 2021 (diciembre). Plan Nacional de Restauración de Paisajes 2021-2030. Santiago. Chile.

Orrego V., Raul, Campos M., Cristobal y Fuentes B., Marcel (2020) El clima de la Región de Ñuble: factor determinante para el progreso agrícola [en línea]. Chillan: Colección Libros INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. no. 39. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/3625> (Consultado: 26 febrero 2024).

Paredes, S (2019). Expansión forestal y desterritorialización rural en Curanilahue 1960-2018. Universidad de Chile, Chile. Tesis de pregrado.

Quinteros, L (2022). Trade-off de SS.EE para la planificación de paisajes sustentables. Universidad de Concepción, Chile. Tesis de Magister.

Ramankutty, N. and Foley, J.A. (1999) Estimating Historical Changes in Global Land Cover: Croplands from 1700 to 1992. *Global Biogeochemical Cycles*, 13, 997-1027

Rodríguez, J. P., Beard Jr, T. D., Bennett, E. M., Cumming, G. S., Cork, S. J., Agard, J., . . . Peterson, G. D. (2006). Trade-offs across space, time, and ecosystem services. *Ecology and Society*, 11(1), 28-28.

Rojas, Y., Buchner, C., Martin, M., Müller-Using, S., & Bahamondez, C. (2021). Importancia del sector forestal en la contabilidad de gases de efecto invernadero (GEI) del país. *Ciencia & Investigación Forestal*, 27(3), 35–47. <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2021.558>

Rozas-vásquez, D., Fürst, C., Geneletti, D. (2019). Integrating ecosystem services in spatial planning and strategic environmental assessment: The role of the cascade model *Environmental Impact Assessment Review*.

Smith, P., et al. (2016). Biophysical and economic limits to negative CO2 emissions. *Nature Climate Change*, 6(1), 42-50.

Structure of CICES |. (s/f). Cices.Eu. Recuperado el 23 de febrero de 2024, de <https://cices.eu/cices-structure/>

Us Epa, O. (2021). Emisiones de dióxido de carbono. <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/emisiones-de-dioxido-de-carbono>

Valderrama N., Gerardo, Azócar, García., Francisco, Juárez, Rubio. (2018). Agricultura y productividad: tendencias y determinantes en una región de Chile central. 5(1):1-14.

Vilchis, I. (2019). Evaluación de tradeoffs entre servicios ecosistémicos urbanos a escala megalopolitana. *Economía Sociedad y Territorio*. 19. 339. 10.22136/est20191376.

Villaruel, Claudia & Aravena, Carolina & Vilches, Carolina & Gotelli, Camila & Vásquez Yañez, Ricardo. (2023). REPORTE ANUAL DE LA EVOLUCIÓN DEL CLIMA EN CHILE 2022.

Vitousek, Peter & Mooney, Harold & Lubchenco, Jane & Melillo, Jerry. (1997). Human domination of Earth ecosystems. 277. 494-499.

Wu, J. (2013). Landscape sustainability science: ecosystem services and human well

Wu, Y., Zhang, X., Li, C., Xu, Y., Hao, F., & Yin, G. (2020). Ecosystem service trade-offs and synergies under influence of climate and land cover change in an afforested semiarid basin, China. *Ecological Engineering*, 106083.

Vega, L. (2022). Región de Ñuble. Regiones de Chile. <https://regionesdechile.cl/region-de-nuble/>

ANEXOS

ANEXO I: Tabla de coberturas y sus superficies en ha.

Coberturas	Superficie 1986 (ha)	Superficie 2023 (ha)	Cambio neto (ha)
Bosque adulto esclerófilo	1703,97	793,89	-910,08
Bosque adulto caducifolio	40181,04	13263,93	-26917,11
Renoval esclerófilo	17005,95	27104,76	10098,81
Renoval caducifolio	186473,25	170853,03	-15620,22
Renoval espinoso	3423,6	4708,8	1285,2
Achaparrado	49393,53	22586,85	-26806,68
Plantación adulta <i>Pinus radiata</i>	29916,72	85116,51	55199,79
Plantación adulta <i>Eucalyptus globulus</i>	272,16	18508,41	18236,25
Plantación joven <i>Pinus radiata</i>	95301,27	112337,19	17035,92
Plantación joven <i>Eucalyptus globulus</i>	2262,42	64960,11	62697,69
Tala rasa	2303,55	43609,5	41305,95
Familia frutal: arándano, manzano, frambuesa y cerezo	21,87	1841,4	1819,53
Familia frutal: arándano, nogal, avellano, olivos	76,41	10520,19	10443,78
Familia frutal: cerezo, arándano, nogal, manzana, avellano	5,22	829,35	824,13
Familia frutal: nogal, arándano, cerezo	0,09	79,65	79,56
Familia anual: trigo, avena	260517,42	100414,98	-160102,44
Familia anual: maíz, remolacha, papas	44355,51	35018,37	-9337,14
Suelo descubierto agrícola	169470,09	168546,33	-923,76
Praderas naturales	3629,43	0,27	-3629,16
Praderas mejoradas	21,15	46426,05	46404,9
Matorral	203729,13	185887,71	-17841,42
Matorral arborescente	84229,47	55093,23	-29136,24
Suelo descubierto permanente	102360,51	107466,48	5105,97
Humedal	501,48	918,72	417,24
Agua	906,84	926,01	19,17
Nieve	9106,56	1235,79	-7870,77
Nube	0,54	1088,91	1088,37
Urbano	2030,22	28369,89	26339,67
Incendio	0,09	1757,52	1757,43

ANEXO II: Tabla simplificada de coberturas y/o usos de suelo y su superficie en ha y %.

Coberturas	Superficie 1986 (ha)	Superficie 2023 (ha)	Cambio neto (ha)	Superficie 1986 (%)	Superficie 2023 (%)	Cambio neto (%)
Bosque adulto	41885,01	14057,82	-27827,19	3,20	1,07	-2,12
Bosque secundario	206902,8	202666,59	-4236,21	15,80	15,49	-0,32
Achaparrado	49393,53	22586,85	-26806,68	3,77	1,73	-2,05
Plantación adulta	30188,88	103624,92	73436,04	2,31	7,92	5,61
Plantación joven	97563,69	177297,3	79733,61	7,45	13,55	6,10
Agrícola frutal	103,5	13270,59	13167,09	0,01	1,01	1,01
Agrícola anual	304936,83	135496,35	-169440,48	23,29	10,35	-12,94
Matorrales	287958,6	240980,94	-46977,66	21,99	18,41	-3,58
Otras coberturas	290330,82	398701,35	108370,53	22,18	30,47	8,29

ANEXO III: Tabla de contribuciones al cambio de uso de suelo para Ñuble en el período 1986-2023.

Cobertura 1986	Cobertura 2023	Contribución en ha
Bosque nativo	Agrícola	9187,92
Bosque nativo	Bosque nativo	166490,82
Bosque nativo	Incendio	278,82
Bosque nativo	Matorral	46328,04
Bosque nativo	Otros	32741,55
Bosque nativo	Plantación forestal	43072,29
Agrícola	Agrícola	237675,15
Agrícola	Bosque nativo	17210,34
Agrícola	Incendio	326,52
Agrícola	Matorral	91418,4
Agrícola	Otros	30572,37
Agrícola	Plantación forestal	97222,41
Matorral	Agrícola	56525,22
Matorral	Bosque nativo	39429,9
Matorral	Incendio	597,96
Matorral	Matorral	76930,92
Matorral	Otros	24928,38
Matorral	Plantación forestal	89427,69
Plantación forestal	Agrícola	9404,82
Plantación forestal	Bosque nativo	9928,17
Plantación forestal	Incendio	366,75
Plantación forestal	Matorral	16298,73
Plantación forestal	Otros	3448,26
Plantación forestal	Plantación forestal	90582,66
Incendio	Agrícola	0,09
Incendio	Incendio	0
Otros	Agrícola	4317,21
Otros	Bosque nativo	6153,57
Otros	Incendio	187,29
Otros	Matorral	9605,79
Otros	Otros	93921,93
Otros	Plantación forestal	4130,55

ANEXO IV: Tabla de las 29 coberturas y/o usos de suelo y su reclasificación para el análisis de cambio en la provisión de SSEE.

Coberturas	Reclasificación
Bosque adulto esclerófilo	Bosque nativo
Bosque adulto caducifolio	
Renoval esclerófilo	
Renoval caducifolio	
Renoval espinoso	
Achaparrado	
Familia frutal: arándano, manzano, frambuesa y cerezo	Agrícola
Familia frutal: arándano, nogal, avellano, olivos	
Familia frutal: Cerezo, arándano, nogal, manzana, avellano	
Familia frutal: nogal, arándano, cerezo	
Familia anual: trigo, avena	
Familia anual: maíz, remolacha, papas	
Suelo descubierto agrícola	
Matorral	Matorral
Matorral arborescente	
Plantación adulta <i>Pinus radiata</i>	Plantación forestal
Plantación adulta <i>Eucalyptus globulus</i>	
Plantación joven <i>Pinus radiata</i>	
Plantación joven <i>Eucalyptus globulus</i>	
Tala rasa	
Incendio	Incendio
Praderas naturales	Otras coberturas
Praderas mejoradas	
Suelo descubierto permanente	
Humedal	
Agua	
Nieve	
Nube	
Urbano	

ANEXO V: Matriz de capacidad de provisión de los SSEE de regulación del clima local y producción de plantas terrestres cultivadas, según cobertura y/o uso de suelo.

Coberturas y/o usos de suelo	Almacenamiento de carbono (Ton C/ha)	Producción de plantas terrestres cultivadas (Kcal/ha)
Bosque adulto esclerófilo	391	0
Bosque adulto caducifolio	686,7	0
Renoval esclerófilo	307	0
Renoval caducifolio	509,1	0
Renoval espinoso	394,8	0
Achaparrado	88,7	0
Plantación adulta <i>Pinus radiata</i>	442	0
Plantación adulta <i>Eucalyptus globulus</i>	293,2	0
Plantación joven <i>Pinus radiata</i>	366,1	0
Plantación joven <i>Eucalyptus globulus</i>	232,1	0
Tala rasa	0	0
Cultivos frutales de arándano, manzano, frambuesa, cerezo	65,5	10.790.476
Cultivos frutales de arándano, nogal, avellano, olivos	22,4	9.278.542
Cultivos frutales de cerezo, arándanos, nogal, manzano, avellano	22,4	9.963.982
Cultivos frutales de nogal, arándano, cerezo	20	10.553.186
Cultivos anuales de trigo, avena	3,1	16.261.943
Cultivos anuales de maíz, remolacha, papas	14,5	21.080.461
Suelo desnudo agrícola	8,8	18.671.202
Praderas naturales	11,2	9.270.022
Praderas mejoradas	11,5	7.050.000
Matorral	25,3	0
Matorral arborescente	54,6	0
Suelo desnudo permanente	0	0
Humedales	20	0
Cuerpos de agua	0	0
Nieve	0	0
Nubes	0	0
Área urbana interior	0	0
Incendio	0	0