

EL REEMPLAZO DE LA VEGETACIÓN DE TIPO MEDITERRÁNEA: LOS DESAFÍOS PARA LA PLANIFICACIÓN TERRITORIAL Y EL RIESGO DE DESASTRES EN UNA CUENCA DE CHILE CENTRAL

Ana Huaico-Malhue^{1*}, Claudia Carrasco-Cabello², Carolina Ojeda^{3,4} y Javiera López-Briones⁵

RESUMEN

Las cuencas mediterráneas chilenas han experimentado procesos de reemplazo de vegetación nativa por usos intensivos del territorio vinculados con la agroindustria. En el siguiente documento se analizan los cambios de uso de suelo y su relación con la planificación del territorio con enfoque en la gestión de riesgo de desastres en la cuenca del Puangue en Chile Central. Se realizó un análisis multitemporal de los usos de suelo (1986-2019) y se contrastó con la zonificación indicada en el Plan Regulador Metropolitano de Santiago (PRMS). Se obtiene como resultado que todas las coberturas de vegetación nativa han disminuido en superficie. Además, las áreas con restricción del PRMS, tales como los cordones montañosos son ocupadas por agricultura intensiva, asentamientos humanos y otros usos no agrarios. Se concluye que, los cambios de uso de suelo y el reemplazo de la vegetación nativa, sin una adecuada planificación territorial puede aumentar el riesgo de desastres y que es necesaria una adecuada fiscalización de los instrumentos de planificación territorial.

PALABRAS CLAVES

Gestión territorial; Planificación territorial; Riesgos de desastres; Chile

THE REPLACEMENT OF MEDITERRANEAN-TYPE VEGETATION: THE CHALLENGES FOR TERRITORIAL PLANNING AND DISASTER RISK IN A BASIN OF CENTRAL CHILE

ABSTRACT

The Chilean Mediterranean basins have undergone processes of replacement of native vegetation by intensive uses of the territory linked to agribusiness. The following paper analyzes changes in land use and their relationship with territorial planning with a focus on disaster risk management in the Puangue basin in Central Chile. A multi-temporal analysis of land uses was carried out (1986-2019) and it was contrasted with the zoning indicated in the Santiago Metropolitan Regulatory Plan (PRMS, in Spanish). The result is that all native vegetation coverage has decreased on the surface. Furthermore, areas with PRMS restrictions, such as mountain ranges, are occupied by intensive agriculture, human settlements, and other non-agrarian uses. It is concluded that changes in land use and the replacement of native vegetation, without adequate territorial planning, can increase the risk of disasters and that adequate supervision of territorial planning instruments is necessary.

KEYWORDS

Territorial management; Territorial planning; Disaster risks; Chile

1. Departamento de Prevención de Riesgos y Medio Ambiente, Facultad de Ciencias de la Construcción y Ordenamiento Territorial, Universidad Tecnológica Metropolitana, Santiago, Chile.

2. Laboratorio de Planificación Territorial, Universidad Católica de Temuco (LPT-UCT), Temuco, Chile.

3. Programa de Doctorado en Arquitectura y Estudios Urbanos, Pontificia Universidad Católica de Chile, Providencia, Chile.

4. Departamento de Geografía, Universidad de Concepción, Concepción, Chile.

5. Consultora DSS, San Pedro de la Paz, Concepción, Chile.

*Autora de correspondencia: ahuaiico@utem.cl

DOI:

<https://doi.org/10.55467/reder.v8i1.150>

RECIBIDO

22 de mayo de 2023

ACEPTADO

13 de agosto de 2023

PUBLICADO

1 de enero de 2024

Formato cita

Recomendada (APA):

Huaico-Malhue, A., Carrasco-Cabello, C., Ojeda, C., & López-Briones, J. (2024). El reemplazo de la vegetación de tipo mediterránea: Los desafíos para la planificación territorial y el riesgo de desastres en una cuenca de Chile central. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER*, 8(1), 254-267. <https://doi.org/10.55467/reder.v8i1.150>



Todos los artículos publicados en REDER siguen una política de Acceso Abierto y se respaldan en una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional.

Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres (REDER)

INTRODUCCIÓN

El reemplazo de la vegetación mediterránea por otros usos es una acción que modifica las condiciones ambientales de un ecosistema. Es así como el cambio en el uso y cobertura de suelo se reconoce como uno de los impulsores de la degradación de hábitats, afectando la biodiversidad a nivel mundial (Newbold et al., 2015). A la fecha existe gran interés por el estudio y conocimiento del rol de los ecosistemas y sus servicios para regular el clima y los riesgos geofísicos (Sudmeier-Rieux et al., 2021). En este contexto, al transitar de un uso o cobertura de suelo a otro se identifican modificaciones en las variables ambientales, por ejemplo, en la composición atmosférica, en el ciclo del agua, en el aumento de la contaminación, en la fragmentación del paisaje y en la degradación del suelo (Foley et al., 2005).

Los servicios ecosistémicos son definidos como “los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas” (Millennium Ecosystem Assessment, 2005); en este escenario, el estudio de los impactos del reemplazo de la vegetación de tipo mediterránea en función de la cuantificación de los servicios ecosistémicos, es reciente en Chile, a pesar de que se estima que el 83% de la cobertura natural de los bosques y matorrales esclerófilos ha sido transformado (Salazar, Baldi, Hirota, Syktus, & McAlpine, 2015).

La extensión del bioclima mediterráneo en Chile (Fig. 1) se concentra principalmente en la zona central del país (Sarricolea, Herrera Ossandón, & Meseguer-Ruiz, 2017). Las investigaciones demuestran que el promedio neto anual de deforestación en las regiones de Valparaíso, Metropolitana y Libertador Bernardo O'Higgins (Fig. 1), fue del 1,7% para el período 1975-2008 (Schulz, Cayuela, Echeverría, Salas, & Rey Benayas, 2010). Esta zona es la que concentra gran parte de la población nacional, por lo que resulta fundamental resguardar la contribución que proporcionan los bosques y matorrales mediterráneos para la seguridad alimentaria, la salud de las personas y la protección que otorga a la sociedad ante los riesgos (FAO & Plan Bleu, 2018).

La literatura clasifica por lo menos en cuatro los servicios que prestan los ecosistemas: aprovisionamiento, regulación, cultural y soporte (Millennium Ecosystem Assessment, 2005; Walz et al., 2021). Entre las investigaciones en que se estudiaron los efectos de los cambios de cobertura de suelo sobre los servicios ecosistémicos, está la realizada en las regiones urbanas de Santiago y Valparaíso; en ella se sugiere que la planificación del espacio es fundamental para la conservación del paisaje (Montoya-Tangarife, de la Barrera, Salazar, & Inostroza, 2017). Otro estudio efectuado por Smith-Ramírez et al. (2023) analiza los servicios ecosistémicos de los bosques y matorrales esclerófilos, y hace énfasis en la necesidad de conocer los beneficios que prestan a la sociedad para promover su conservación y restauración.

Walz et al. (2021) hacen referencia a que el estudio de la pérdida de los ecosistemas es importante, ya que su consideración es fundamental para la planificación de la gestión del riesgo de desastres. En este contexto, con el objeto de enfrentar, por ejemplo, los eventos de sequía resulta relevante reconocer las propiedades de la vegetación de tipo mediterránea para tolerar el estrés hídrico (Peña-Rojas et al., 2018), además de que son capaces de adaptarse al aumento de la aridez y la imprevisibilidad de las lluvias (Aronson et al., 1992).

En el caso de las inundaciones es necesario referirse al rol de los servicios ecosistémicos de los bosques y matorrales esclerófilos para regular los flujos extremos (Smith-Ramírez et al., 2023), ya que las investigaciones demuestran que la presencia de esta vegetación genera menores valores de escorrentía, lo que implica menos riesgo de erosión e inundaciones (Youlton et al., 2010). Un ejemplo lo entregan Seguel et al. (2015), quienes concluyen que el reemplazo de la vegetación natural por cultivos de vid cambió negativamente las propiedades del suelo en una pendiente de 8%, y que esto se tradujo en la pérdida de almacenamiento de agua por parte del suelo. Lo anterior también ocurre en el contexto forestal, pues hay evidencia de las variaciones de la escorrentía superficial al transitar a este uso (Iroumé, Palacios, Bathurst, & Huber, 2010).

La Política Nacional de Ordenamiento Territorial (Decreto 469, 2019) fomenta la participación de diversos sectores de la sociedad para lograr un territorio armónico; sin embargo, el país ha tenido procesos de cambios de uso y cobertura de suelo durante más de medio siglo y las normativas de ordenamiento territorial han generado conflictos entre la protección de los recursos naturales y los proyectos forestales-agrícolas que han reemplazado la vegetación natural (Benavidez-Silva et al., 2021). De esta manera es importante conocer el contexto normativo que hoy existe en el país.

La planificación del territorio rural en Chile

Las mayores superficies de vegetación de tipo mediterránea se emplazan en los sectores rurales, por lo que es relevante mencionar los Instrumentos de Planificación Territorial (IPT) que aplican para la planificación del territorio rural. Chile posee una división política con base en dieciséis regiones, y cada región tiene una unidad administrativa que recibe el nombre de Gobierno Regional; a lo largo de la historia se ha generado la institucionalidad con el fin de darles a estas unidades territoriales las herramientas legales y administrativas para planificar el desarrollo de cada región (Fouré, 2022).

La Ley 21.074 de Fortalecimiento de la Regionalización del País del año 2018, constituyó un hito en temas de descentralización y planificación del territorio chileno, ya que delega la responsabilidad de la elaboración de los Planes Regionales de Ordenamiento Territorial a las Gobernaciones Regionales (Márquez Poblete & Veloso Pérez, 2021). La importancia de los Instrumentos de Planificación Territorial, como son los Planes Reguladores Intercomunales y Metropolitanos, es que regulan el desarrollo físico de las áreas urbanas y rurales de diversos municipios del país (Precht-Rorris et al., 2016). Esto proporciona las herramientas para poder planificar el territorio considerando, por ejemplo, los servicios ecosistémicos que proporciona la vegetación de tipo mediterránea. Los demás instrumentos, como lo son el Plan Regulador Comunal, al Plan Seccional o el Límite Urbano están orientados a regular las zonas urbanas (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2023).

Otro aspecto relevante fue la aprobación del Política Nacional de Desarrollo Rural (PNDR), que tiene entre sus principios rectores "*la Integración Territorial*", que considera la seguridad del territorio y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales (Ministerio del Interior y Seguridad Pública, 2020). Además, desde el punto de vista estratégico, en ella se vinculan la Política Nacional de Desarrollo Urbano y la Política Nacional de Ordenamiento Territorial, conformando así un conjunto de lineamientos estratégicos orientadores del accionar público, lo que proporciona un eje rector que permite armonizar la política pública en términos de desarrollo.

Riesgo de desastres y planificación territorial

El país, por su diversidad geográfica, presenta amenazas tanto de origen natural como antrópico (Sandoval et al., 2021), por lo que ha sido afectado recurrentemente por diversos fenómenos a lo largo de su historia (terremotos, tsunamis, inundaciones, sequías, incendios y pandemias, entre otros). Debido a la presencia de estos eventos es que los gobiernos, a lo largo de las últimas décadas, se han organizado para enfrentar estos acontecimientos (Barrenechea, 2020).

Chile cuenta con una Política Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres (Decreto 434, 2021); sin embargo, para su implementación, es necesario disponer de instrumentos que posibiliten lograr sus objetivos. El Plan Estratégico Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres 2020-2030 (Decreto 1392 exento, 2021), enfatiza que es necesario fortalecer los IPT, esto debido a que, por ejemplo, permiten la zonificación de las áreas de riesgos y consecuentemente se previene la ocurrencia de eventos catastróficos a través de la gestión y medidas de manejo apropiadas que facultan para prepararse ante las diversas amenazas a las que está expuesta la población.

Si bien en Chile se ha avanzado en el desarrollo institucional para la Gestión de Riesgo de Desastres (GRD), este aún sigue siendo un desafío pendiente, ya que no se observa su integración sistemática a la planificación territorial (Vicuña y Schuster, 2021), por lo que es fundamental investigar si los actuales planes reguladores en el ámbito rural han plasmado el uso planificado en el territorio para lograr la reducción de riesgo de desastre.

Esta investigación se centra en analizar la pérdida y/o reemplazo de la vegetación mediterránea y sus servicios ecosistémicos por otros usos en la cuenca del Puangue en la zona central de Chile, para posteriormente comparar el uso planificado por el Plan Regulador Metropolitano de Santiago (PRMS) y el uso observado a través de las cartas de uso de suelo. Consecuentemente, se exploran las interacciones que se producen entre los sectores de laderas intervenidas catalogadas como Áreas Restringidas por Cordones Montañosos y las áreas definidas como Áreas de Inundación. De esta forma se espera contribuir a la reflexión respecto a los desafíos que tiene la gestión de los instrumentos de planificación territorial para la reducción del riesgo de desastres.

ÁREA DE ESTUDIO

La subcuenca del Estero Puangue se localiza en la Cordillera de la Costa de Chile central. Administrativamente, el curso fluvial nace en la Región de Valparaíso, en donde se dirige hacia el sur para desembocar en el río Maipo en la Provincia de Melipilla, Región Metropolitana (Fig. 1). El área de estudio ocupa una posición mediterránea definida por los cordones montañosos que rodean su cuenca central, que marca las diferencias estacionales con veranos cálidos y secos e inviernos fríos con lluvias esporádicas, que mantienen la condición de semi aridez dominante del anticiclón del Pacífico (CIREN-CORFO, 1990).

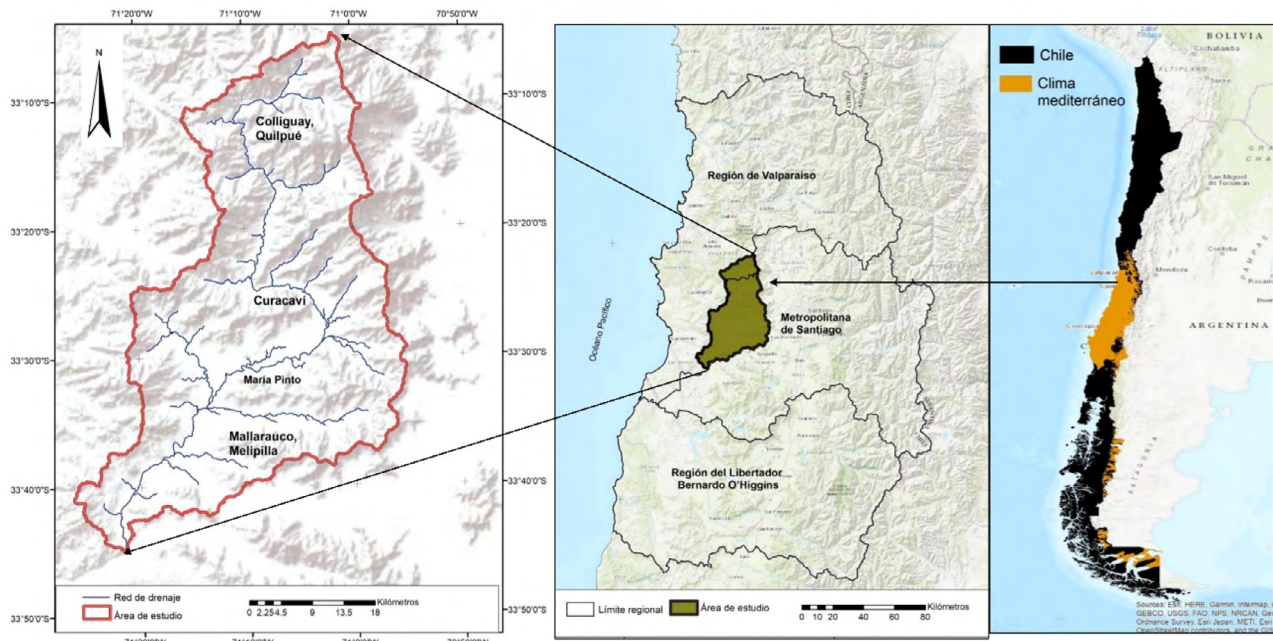


Figura 1. La subcuenca del Estero Puangue se localiza en la Cordillera de la Costa de Chile central

Fuente: Autores, 2024.

Nota: A la izquierda se aprecia la ubicación del área de estudio y red de drenaje del Estero Puangue en Chile. Al centro se aprecia su ubicación en relación con las demás regiones de Chile. A la derecha se aprecia su ubicación en el contexto de la zona mediterránea del país.

La cuenca pertenece a un área bioclimática de tipo mediterránea, que se caracteriza por la presencia de especies de bosque y matorral esclerófilo mezclado con bosque templado, predominando espino (*Acacia caven*), quillay (*Quillaja saponaria*), peumo (*Cryptocarya alba*), boldo (*Peumus boldus*), litre (*Lithraea caustica*), bosque de roble-hualo (*Nothofagus glauca*), ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) y palma chilena (*Jubaea chilensis*) (Müller-Using et al., 2021). A pesar de estar localizada en el hotspot o punto crítico de biodiversidad, a nivel local existe escasa información de las repercusiones de los cambios de uso y cobertura de suelo en la cuenca, a excepción del trabajo realizado por Huaico (2018), quien investigó la evolución de la sensibilidad ambiental a la desertificación, determinando un aumento de la superficie crítica a sufrir procesos de degradación de suelo (53,4%) en el período 1986 - 2016.

El 87% del área de estudio está regulada por el Plan Regulador Metropolitano de Santiago (PRMS), vigente desde el año 2006, y para esta investigación se trabaja con la actualización de mayo del 2015 (Secretaría Ministerial de Vivienda y Urbanismo, 2019). En este contexto, la cuenca posee una zonificación para las áreas urbanas y una demarcación de áreas restringidas o excluidas al desarrollo urbano. Consecuentemente, el Título 8 de la ordenanza regula una amplia superficie del área de estudio, en donde un 27.5% de la superficie corresponde a áreas restringidas por cordones montañosos (Infraestructura de Datos Espaciales [IDE], 2015). Estas áreas albergan gran cantidad de especies de vegetación natural; de esta forma, la ordenanza menciona que en estos sectores es necesario que se mantengan las condiciones naturales y, además, que si realizan intervenciones estas tienen que aumentar el valor natural de estas áreas (Secretaría Ministerial de Vivienda y Urbanismo, 2019); sin embargo, estos espacios han sido intervenidos como se observa en la Figura 2, desconociéndose los posibles impactos de estas intervenciones.



Figura 2. Despeje de vegetación nativa para su reemplazo por cultivos agroindustriales en sectores de ladera de la Cordillera de la Costa en María Pinto, Región Metropolitana, Chile

Fuente: A. Huaico-Malhue, 2020.

Nota: Fotografía tomada desde una avioneta.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un análisis multitemporal de los cambios de uso de suelo; para esto se seleccionó el año 2006 como referencia, ya que fue ese año en el que entró en vigor el PRMS para las provincias de Melipilla y Talagante; luego se escogieron los años 1986-1996-2016, es decir, antes y después de la implementación del plan. Para realizar el análisis de cambios de uso y coberturas de suelo se obtuvieron imágenes satelitales multitemporales Landsat (1986, 1996, 2006 y 2016), desde el servidor del Servicio Geológico de los Estados Unidos (2022), con una resolución espacial de 30 x 30m que fueron analizadas para la estación seca en el hemisferio sur (noviembre-febrero).

Las imágenes satelitales fueron pre-procesadas con el uso del plugin SCP del software QGIS para la realización de las correcciones atmosféricas y topográficas. Posteriormente se utilizaron las combinaciones de bandas para usos agrícolas (6,5,2), vegetación (5,6,2), falso color para las áreas urbanas (7,6,4) y color natural (4,3,2); de esta forma se realizó una clasificación supervisada de los usos de suelo. La tipología de coberturas (Tabla 1) se efectuó con base en la propuesta de la Corporación Nacional Forestal (2020).

Además, se incluyó la cartografía temática del cambio y uso de suelo del año 2017-2019 (CONAF, 2022); con base en esta, se lograron identificar sectores críticos en donde existen conflictos entre el uso planeado y el actual, especialmente en los cordones montañosos, que son los que cuentan en su mayor superficie con vegetación nativa. De esta manera, el análisis multitemporal se desarrolla finalmente entre los años 1986-2019.

Asu vez, el resultado de cada año investigado se comparó con los datos de cartografías de uso y coberturas de la CONAF referidos al Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile de la Región Metropolitana y la Región de Valparaíso para el año 1999 (CONAF-BIRF, 1999) y los datos del catastro actualizado para el año 2013 (CIREN-CONAF, 2013), corroborando la información en conjunto con la validación de cincuenta puntos de muestreo identificados en el trabajo de campo y visualizados en Google Earth. Lo anterior permitió obtener un mayor grado de precisión.

Finalmente, se contrastaron los resultados de los usos de suelo observados y los usos planificados para las áreas rurales y urbanas que están definidas por el PRMS, y que están plasmados en su ordenanza (Secretaría Ministerial de Vivienda y Urbanismo, 2019) y la zonificación de esta herramienta (IDE, 2015).

Coberturas de suelo	Definición o Factor asociado
Terrenos agrícolas	Se refiere a zonas actualmente destinadas a la producción agropecuaria. Incluye cereales, horticultura, fruticultura y ganadería.
Áreas urbanas e industriales	Se refiere a sectores ocupados por ciudades, asentamientos humanos o instalaciones industriales
Matorral	Predominan especies arbustivas o arbóreas >2 m
Matorral arborescente	Con algunas especies arbóreas <2 m
Bosque nativo	Ecosistema en el cual el estrato arbóreo está constituido por especies nativas que presentan una altura de <2 m y una cobertura de copas
Áreas desprovistas de vegetación o suelos desnudos	Se incluye en esta categoría los sectores cuya cobertura vegetal es mínima (>25 %)

Tabla 1. Definiciones de uso de suelo propuestas para el área de estudio de la cuenca del Puangue
Fuente: CONAF, 2023.

RESULTADOS

Uso y cobertura del suelo entre los años 1986-2019

En la Figura 3, todas las coberturas de bosques y matorrales esclerófilos han disminuido su superficie en el período 1986-2019. Se observa que, en el año 1986, el bosque nativo y los matorrales de tipo esclerófilo son los que ocupan la mayor superficie en la cuenca (82% la sumatoria de ambos); al transcurrir el tiempo, la cobertura de bosque nativo se mantuvo con una pequeña variación, pues disminuyó solamente un 1,65%, mientras que los matorrales experimentaron una dramática disminución, ya que pasaron de una cobertura del 40,14% en el año 1986 a un 26,39% en el año 2019. Este fenómeno se explicaría principalmente por el reemplazo de la cobertura de matorral por la agrícola; estos últimos pasaron de un 16,8% (año 1986) a un 28,17% de cobertura, alcanzando las 20.531 hectáreas (ha). Al terminar el período en 2019, los terrenos agrícolas se constituyeron en la segunda cobertura predominante luego del bosque nativo, desplazando a los matorrales a un tercer lugar.

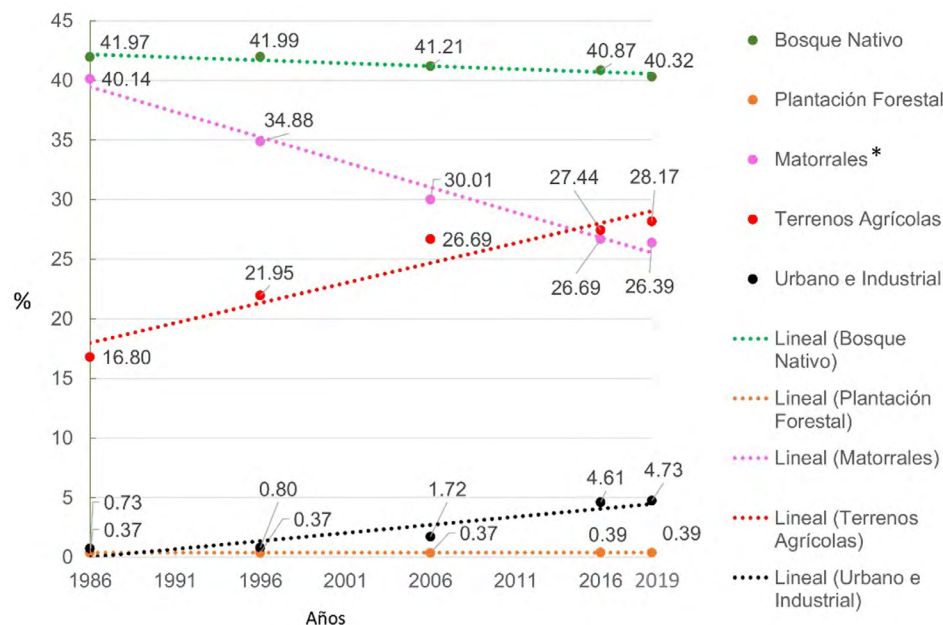


Figura 3. Porcentaje por uso y cobertura de suelo en la cuenca del Puangue para los años 1986-1996-2006-2016-2019

Fuente: Autores, 2024.

Nota: Está ordenada desde el año 1986 al 2019 por año de izquierda a derecha en orden cronológico y los usos en porcentaje en el eje vertical por año para el total de la cuenca del Puangue. *Incluye el matorral, y matorral arborescente.

El aumento del área con uso de terrenos agrícolas se debe principalmente al auge de la agricultura intensiva, en especial de tipo frutícola, predominando en el área de estudio los paltos, nogales, limones, naranjos y almendros (Oficina de Estudios de Política Agraria, 2017; Instituto Nacional de Estadísticas, 2022). Este proceso de incremento de la superficie también es producto de una serie de incentivos por parte del Estado, entre ellos subsidios para fomentar el riego y la demanda de tierras de cultivo (Schulz, Cayuela, Echeverría, Salas, & Benayas, 2010).

Otro aspecto relevante es el uso de suelo ocupado por asentamientos humanos (catalogados como urbano/industrial en la clasificación), que también desplazó a la vegetación natural; en ella se observa un aumento de un 3% en el período 1986-2019, en relación con la superficie total de la cuenca. Esto también corresponde a cambios en el espacio rural de la Región Metropolitana de Santiago. En consecuencia, se pueden identificar dos elementos claves que dan origen a esta configuración espacial: la lógica urbanizadora, que también genera espacios híbridos como son las parcelas de agrado, y el espacio de la gran propiedad agrícola con una alta especialización tecnológica (Navarro, 2019). En la Figura 4 se aprecia la dinámica espacial de estos usos en el período 1986-2019.

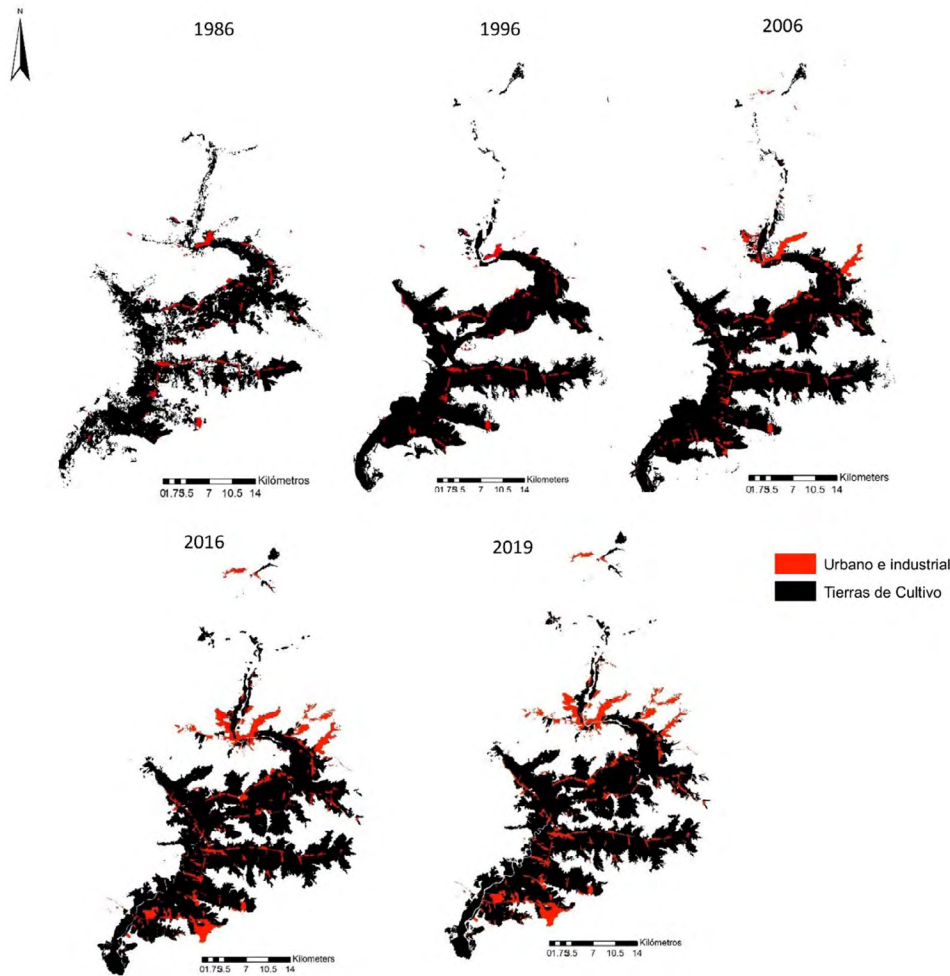


Figura 4. Evolución de usos de suelos seleccionados en la cuenca del Puangue para los años 1986-1996-2006-2016-2019

Fuente: Autores, 2024.

Nota: En rojo se observan los urbanos - industriales y en negro los agrícolas.

La planificación territorial: usos planificados y observados en la cuenca del Puangue

El PRMS es el instrumento de ordenamiento territorial que regula la mayor superficie de la cuenca, y que comprende el área de la cuenca que pertenece a la Región Metropolitana; esta herramienta establece principalmente áreas de interés agropecuario exclusivo (30,4%), seguida en orden descendente por las áreas restringidas por cordones montañosos (27,6%), las áreas de protección prioritarias (23,6%) y las áreas de protección ecológica con desarrollo controlado (8%) (IDE, 2015) (Figura 5). De esta forma, el PRMS muestra la intención de preservar la vocación agrícola del sector y, también, el interés por regular las zonas correspondientes a las Áreas Restringidas por Cordones Montañosos (Secretaría Ministerial de Vivienda y Urbanismo, 2019).

Lo que se observa tras el análisis geográfico es que la vegetación natural de esta área ha sido reemplazada por tierras de cultivo en las Áreas Restringidas por Cordones Montañosos, lo que permitiría, además, deducir que han existido intensivas modificaciones en el hábitat de especies endémicas de la cordillera de la costa mediterránea. Al contrastar la superficie y ubicación del uso establecido en el último año de 2019, se obtiene que aproximadamente 3.181 ha, definidas como

zonas con restricción por cordones montañosos, fueron transformadas para uso de suelo agrícola intensivo y 118 ha a uso urbano/industrial (Figura 5).

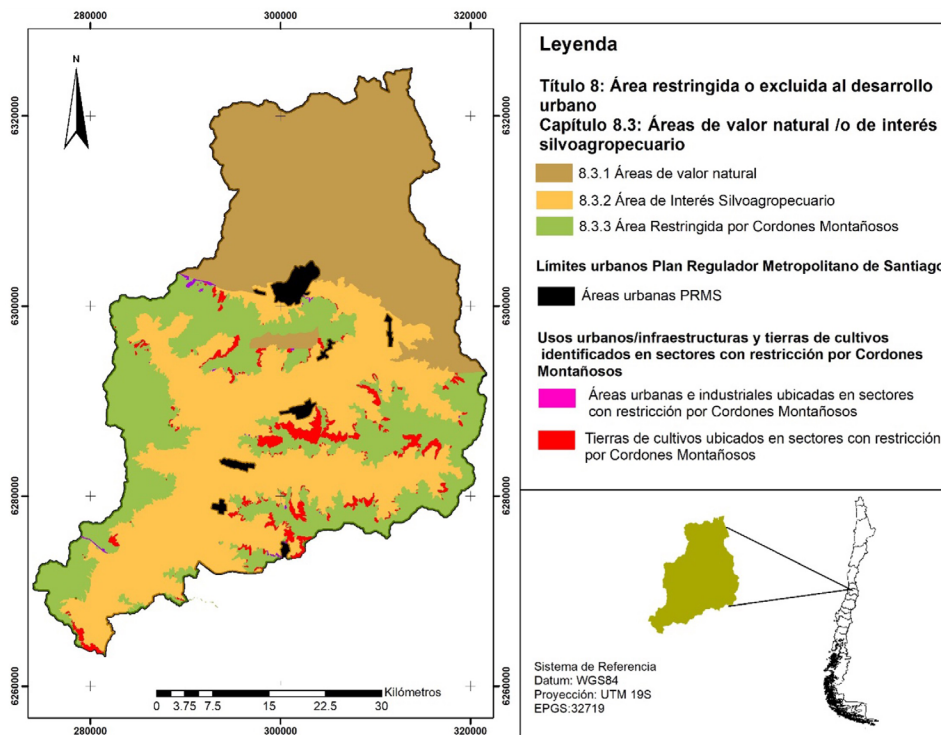


Figura 5. Zonificación del PRMS para la Cuenca del Puangue en la Región Metropolitana

Fuente: Autores, 2024, con base en PRMS, 2023.

Nota: Los usos planificados (café, amarillo, verde claro, negro) y usos actuales de origen antrópico (magenta y rojo).

Esto permite inferir que la transformación del paisaje se ha realizado sin considerar el ambiente natural, modificando la cobertura vegetal de tipo mediterránea, que cumple una función primordial como servicio ecosistémico de regulación (Castro et al., 2016) y que debe ser un aspecto relevante para la toma de decisiones sobre el territorio, tanto para la gestión del riesgo de desastres (Cardona, 1999), el cambio climático (Marquet et al., 2019) y la planificación territorial en sí; a su vez, se deduce que el instrumento de planificación no alcanzaría a cumplir su objetivo de regulación de usos de suelo y se mantendría como algo indicativo (Barton & Irrázabal, 2016).

El caso de las áreas de riesgo

El PRMS establece Áreas de Riesgo de Inundación y Protección de Cauces Naturales y Cuerpos de Agua, las que se tradujeron en zonas de riesgo de inundación y remoción en masa –Artículo 8.2.1.1– (Secretaría Ministerial de Vivienda y Urbanismo, 2019). Específicamente, para la cuenca del Puangue, estas corresponden a una superficie de 10.232 hectáreas (Figura 6).

Es importante observar las relaciones sistémicas que ocurren a nivel de cuenca hidrográfica; si bien es cierto que el objetivo de este análisis no es realizar un estudio de riesgos, es importante indagar en las posibles repercusiones ambientales de las intervenciones de los cordones montañosos. Por ejemplo, Atucha et al. (2013) plantean que los huertos plantados de aguacates o paltas del tipo Hass (una variedad de la fruta *Persea americana*), en las laderas, no son ambientalmente sostenibles en la zona central de Chile, esto bajo prácticas de cultivo en donde la cubierta vegetal está completamente suprimida, lo que aumenta la escorrentía superficial y la erosión; en este aspecto, los mayores coeficientes de escorrentía en contextos montañosos causarían inundaciones (Psilovikos et al., 2021). En esta misma línea, es relevante considerar que la dinámica del funcionamiento de cultivos en laderas promueve la concentración del escurrimiento entre los camellones y promueve las salidas rápidas hacia aguas abajo de las laderas ante la presencia de lluvias intensas (Youlton et al. 2010).

En ese sentido, el PRMS al restringir los cordones montañosos evidenció la preocupación del instrumento por la relación sinérgica que existiría entre los sectores de ladera y las Áreas de Riesgo de Inundación. Entonces, es posible inferir que los cambios de uso de suelo de matorrales a terrenos agrícolas o de matorrales a sectores urbanos/infraestructuras, no habrían sido originados

desde la planificación territorial, sino que se explicarían por la falta de fiscalización permanente en terreno y de cultura territorial para proteger los ecosistemas mediterráneos, tal como se ha observado en otros sectores de la Región Metropolitana (Soto et al., 2006; Rajovic, 2020).

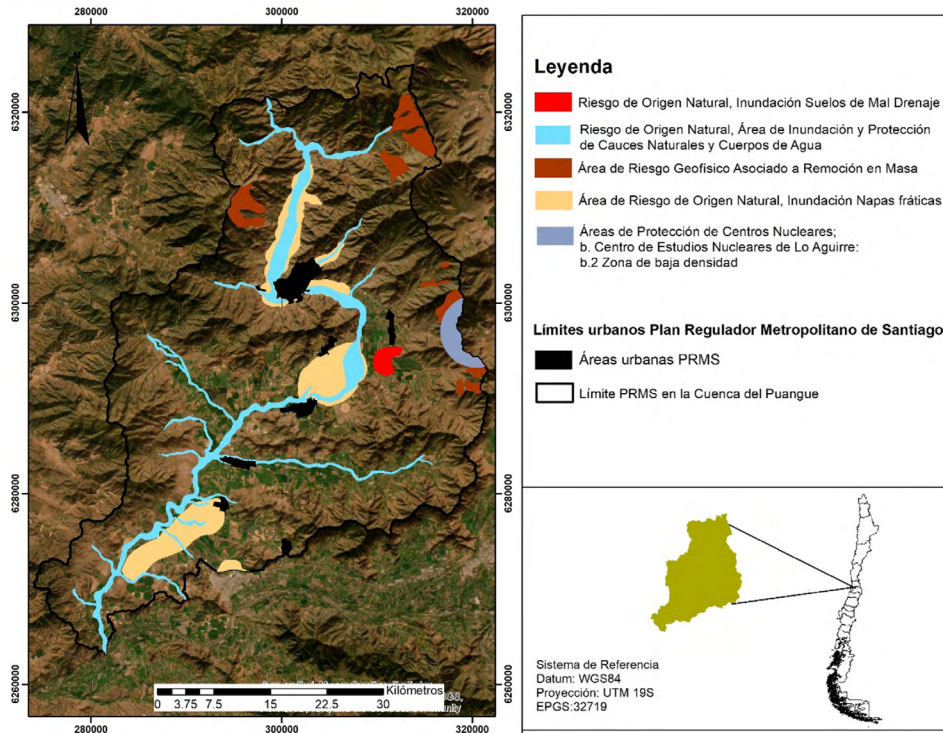


Figura 6. Zonificación del PRMS para la Cuenca del Puangue en la Región Metropolitana

Fuente: Autores, 2024, con base en el PRMS, 2023.

Nota: Se identifican los riesgos naturales (rojo, celeste, café, beige y gris). En negro se ven las áreas urbanas que define el instrumento.

En la Figura 7 se observaron las relaciones sistémicas en un área que está demarcada como zona de riesgo por inundación días después de las intensas precipitaciones del año 2002; en ella se detectaron sedimentos producto de la crecida y depósitos de arena provenientes de los procesos de erosión hídrica en la localidad de Ranchillo, en el Puangue Medio, antes de que la vegetación mediterránea en los sectores del cordón montañoso fuese reemplazada intensivamente. Hoy, sin un adecuado manejo de los cultivos en ladera, estos fenómenos de erosión y sedimentación podrían degradar los suelos de origen fluvial de las terrazas del Puangue y su tradicional vocación agrícola.

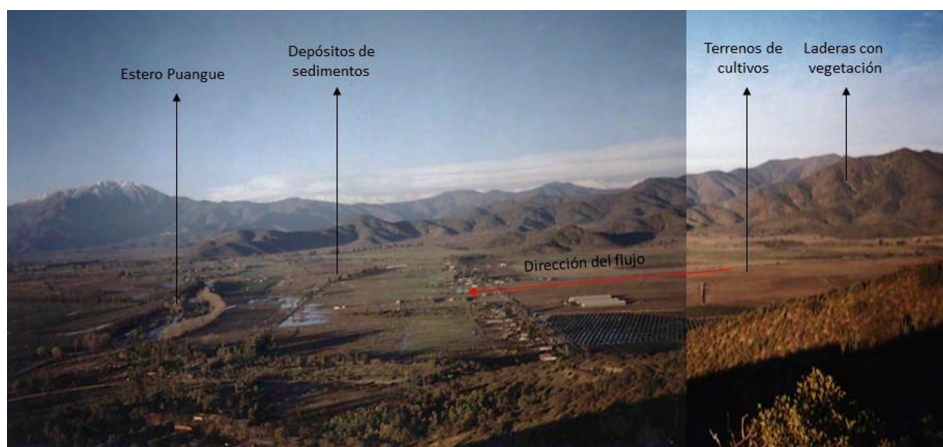


Figura 7. Depósitos de sedimentos luego de las intensas lluvias del año 2002

Fuente: A. Huaico-Malhue, 2002.

Huaico (2021) estimó que con la actual configuración de uso y cobertura de suelo aumentaría la escorrentía superficial si se enfrentara a un año lluvioso como lo fue 1987 en el área de estudio, particularmente, en aquellos sectores que actualmente son zonas urbanas, ya que estarían

expuestas a recibir los volúmenes de caudales y sedimentos que provienen de los sectores de las laderas intervenidas.

Como se observa en la Figura 8, los escurrimientos superficiales provenientes de los sectores altos de las microcuencas se dirigen hacia el área urbana, debido a la configuración de sus pendientes. Entonces, la delimitación de las zonas de laderas como áreas restringidas por cordones montañosos, tal como lo dice el Instrumento de Planificación Territorial vigente, tiene sentido, cuando de él depende establecer las condiciones del entorno, su valor ambiental y paisajístico.



Figura 8. Direcciones del flujo de la escorrentía superficial de las microcuencas y su ubicación con relación al área urbana de María Pinto
Fuente: A. Huaico-Malhue, 2020.

DISCUSIÓN

La planificación territorial como instrumento para disminuir la vulnerabilidad y exposición a diferentes amenazas socio-naturales en las áreas urbanas y rurales, es un desafío para el país, ya que se necesita de una mejor gestión en la administración de sus herramientas, esto a pesar de la aplicación de medidas urbanísticas o de infraestructura (Wyndham et al., 2021), necesitando mucho más de formas institucionales pre-desastres (Sandoval et al., 2021) y coraje para tomar decisiones políticas muchas veces incómodas (Lara et al., 2021). Por otro lado, existen conflictos entre los nuevos lineamientos que plantea la ley 21.074 en relación con los Planes Regionales de Ordenamiento del Territorio (PROT) y por ejemplo el PRMS, que para el caso de estudio lleva más de diez años desde su aprobación, esto porque hay ambigüedad en cómo se aplicará este nuevo instrumento (Orellana Ossandón, Arenas, & Moreno Alba, 2021).

La historia ambiental y paisajística reciente en la cuenca del Puangue está estrechamente relacionada con los cambios en el uso y cobertura del suelo, en donde la superficie antropizada ha reemplazado a la vegetación natural, transformando los ecosistemas debido al avance principalmente de la agricultura intensiva (Schulz et al., 2010). Esto, a su vez, se relaciona con las políticas económicas del país que ha impulsado estas transformaciones (Navarro, 2019), lo cual incluye subsidios que han fomentado la expansión agropecuaria.

Entonces, estos procesos de industrialización de la agricultura que carecen de un monitoreo en cuanto a sus impactos ambientales (Huaico-Malhue, 2018), requieren de instrumentos que garanticen el suministro de servicios ecosistémicos. Este aspecto debería ser incorporado en los planes de ordenamiento (Montoya-Tangarife et al., 2017). En este punto se considera relevante generar conciencia y divulgar los resultados de las investigaciones científicas; por ejemplo, en esta investigación se han analizado las relaciones sistémicas entre las laderas y las áreas de inundación, y en el trabajo de Smith-Ramírez et al. (2023), se encontraron diecinueve servicios

ecosistémicos de los bosques y matorrales esclerófilos chilenos; entre ellos se destaca el de la regulación de los flujos y eventos extremos que se relaciona directamente con la gestión de riesgos de desastres, esto porque ayuda a mantener la cobertura de árboles y vegetación nativa en laderas y previene la erosión, reduciendo la pérdida de materia orgánica en comparación a aquellas coberturas asociadas a agricultura y a plantaciones exóticas (Banfield et al., 2018).

Existen otros riesgos que no están contemplados en los planes de ordenamiento territorial para el área de estudio, como lo son la sequía y la desertificación. Aquí, la vegetación de tipo mediterránea cumpliría un servicio de regulación ante eventos extremos de sequía, ya que su sistema de raíces posibilita la absorción de agua de las capas profundas del suelo en temporadas de sequedad cuando se agota el agua de las capas superiores (Sardans y Peñuelas, 2013). Esto ayudaría a mantener el ciclo hidrológico y permitiría enfrentar, de mejor manera, los episodios de sequía y disminuir el riesgo de desertificación.

Por último, se ha observado que la intervención de los cordones montañosos es el resultado de profundas causas provenientes de ámbitos económicos. En ese sentido, Sandoval et al. (2021) y Pereira Covarrubias & Raju (2020) mencionan que las políticas permisivas chilenas –y latinoamericanas en general– han permitido una rápida conversión de grandes paisajes en áreas urbanizadas y en áreas saturadas de monocultivos, a raíz de un modelo neoliberal que genera como consecuencia impactos socioambientales y altos niveles de vulnerabilidad a desastres. Ojeda Leal (2021) los define como paisajes corporativos, los cuales, dado su uso extractivo intensivo, han generado una doble degradación: la primera asociada a su entorno bio-geofísico y la segunda asociada al cambio forzoso de sus economías tradicionales, perdiendo la identidad del paisaje.

CONCLUSIONES

Este ejercicio permitió conocer la implementación de un instrumento regional de ordenamiento territorial como es el PRMS, que está vigente desde el año 2006 para el área de estudio y que se ha ido actualizando al transcurrir de los años; Consecuentemente, en el análisis multitemporal no se observa una regulación efectiva del uso de suelo, sobre todo en los sectores con restricción por cordones montañosos; al contrario, los usos de terrenos agrícolas y urbano/infraestructuras siguen aumentando su superficie, disminuyendo así el servicio ecosistémico de regulación que cumplen los bosques y matorrales mediterráneos.

A su vez se exploraron las posibles repercusiones del reemplazo de la vegetación, especialmente sobre la escorrentía en sectores rurales y a nivel local. Si bien hay evidencia científica de los servicios de regulación de los bosques y matorrales esclerófilos para regular los caudales, no se ve en los análisis, ni en las salidas de terreno con respaldo de fotografías que, al desarrollar un proyecto agrícola intensivo con intervención de las laderas, se conserve el entorno natural tal como lo establece el IPT; como se aprecia, esta consideración del instrumento no es algo azarosa, ya que permite mantener las funciones de regulación que cumple la vegetación y prevenir los riesgos de desastres.

La pasividad del PRMS ha desencadenado que un paisaje característico de las zonas semi áridas haya sido transformado; por otro lado, es relevante mencionar que existen externalidades que no fueron analizadas, ya que en este ejercicio solamente se ha hecho hincapié en el servicio ecosistémico de regulación, pero no se analizaron los servicios de aprovisionamiento, cultural y soporte. Por consiguiente, hoy el desafío es la correcta implementación del IPT, que incluye una adecuada aplicación, fiscalización y monitoreo de la herramienta.

DISPONIBILIDAD DE DATOS

Los *datasets* y capas GIS utilizadas están disponibles para descargar gratuitamente desde geoportales como IDE Chile <https://www.ide.cl/index.php/planificacion-y-catastro/item/1878-zonificacion-plan-regulador-metropolitano-de-santiago-prms> y Servicio Geológico de los Estados Unidos (2022) <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Las cartografías y datos de análisis de este trabajo están disponibles previa consulta a la autora correspondiente ahuaico@utem.cl

REFERENCIAS

Aronson, J., Kigel, J., Shmida, A., & Klein, J. (1992). Adaptive phenology of desert and Mediterranean populations of annual plants grown with and without water stress. *Oecologia*, 89(1), 17-26. <https://doi.org/10.1007/BF00319010>

- Atucha, A., Merwin, I.A., Brown, M.G., Gardiazabal, F., Mena, F., Adriaola, C., & Lehmann, J. (2013). Soil erosion, runoff and nutrient losses in an avocado (*Persea americana* Mill) hillside orchard under different groundcover management systems. *Plant and Soil*, 368(1), 393-406. <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1520-0>
- Banfield, C.C., Braun, A.C., Barra, R., Castillo, A., & Vogt, J. (2018). Erosion proxies in an exotic tree plantation question the appropriate land use in Central Chile. *Catena*, 161, 77-84. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.10.017>
- Barton, J., & Irrázabal, F. (2016). Adaptación al cambio climático y gestión de riesgos naturales: buscando síntesis en la planificación urbana. *Revista de Geografía Norte Grande*, 63, 87-110. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022016000100006>
- Barrenechea-Riveros. (2020). *Gestión del riesgo de desastres en Chile: avances y debilidades*. UBO
- Benavidez Silva, C., Jensen, M., & Plissock, P. (2021). Future Scenarios for Land Use in Chile: Identifying Drivers of Change and Impacts over Protected Area System. *Land*, 10, 408. <https://doi.org/10.3390/land10040408>
- Cardona, O. (1999). Environmental Management and Disaster Prevention: Two Related Topics—A Holistic Risk Assessment and Management Approach. *Nat. Disaster Manag.*, 4, 151-153.
- Castro, A.J., C.C. Vaughn, J.P. Julian, & M. García-Llorente. (2016). Social demand for ecosystem services and implications for watershed management. *Journal of the American Water Resources Association* 52(1), 209-221. <http://dx.doi.org/10.1111/1752-1688.12379>
- CIREN-CONAF. (2013). Informe técnico final. Proyecto: Monitoreo de cambios, corrección cartográfica y actualización del catastro de bosque nativo en las regiones de Valparaíso, Metropolitana y Libertador Bernardo O'Higgins. 130 pp.
- CIREN-CORFO. (1990). Atlas Agroclimático de Chile. Regiones IV a la IX, Publicación Núm. 87.
- CONAF. (2022). *Cambio uso de la tierra 2017-2019*. Sistema Integrado de Monitoreo de Ecosistemas Forestales Nativos de Chile (SIMEF). <https://simef.minagri.gob.cl/descargas>
- CONAF. (2020). *Consolidados del Proyecto de Actualización y Monitoreo Catastros Recursos Vegetacionales*. CONAF.
- CONAF-BIRF. (1999). *Catastro y evaluación de los recursos vegetacionales nativos de Chile. Informe nacional con variables ambientales*, Publicaciones de CONAF/CONAMA/BIRF. CONAF.
- Decreto 469 del 2019. (2019). Aprueba Política Nacional de Ordenamiento Territorial. 14 de octubre del 2019.
- Decreto 434 del 2021. (2021). Aprueba la Política Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres 2020-2030.
- Decreto 1392 exento 2021. (2021). Aprueba el Plan Estratégico Nacional para la reducción del riesgo de desastres 2020-2030.
- FAO & Plan Bleu. (2018). *State of Mediterranean Forests 2018*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome & Plan Bleu, Marseille. <https://www.fao.org/family-farming/detail/en/c/1198360/>
- Foley, J.A., DeFries, R., Asner, G.P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S.R., & Snyder, P.K. (2005). Global Consequences of Land Use. *Science*, 309(5734), 570-574. <https://doi.org/10.1126/science.1111772>
- Fouré Carloza, G.; Nel-lo Colom, Oriol, dir. (2022). La planificación territorial en Chile: realidades y potencialidades. El caso de la región de Valparaíso. Universitat Autònoma de Barcelona. Programa de Doctorat en Geografia. <https://ddd.uab.cat/record/268643>
- Huaico-Malhue, A. (2021). Desertificación y escorrentía superficial en la cuenca del Puangue en la Región Metropolitana de Santiago. XLI Congreso Nacional Y XXVI Internacional de Geografía, Valparaíso, Chile.
- Huaico-Malhue, A. (2018). Análisis de la evolución de las áreas ambientalmente sensibles a la desertificación en la cuenca del Puangue en Chile. *Idesia (Arica)*, 36(4), 61-70. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292018005002801>
- Instituto Nacional de Estadísticas. (2022). *Resultados del VIII Censo Nacional Agropecuario y Forestal*. INE. <https://www.ine.gob.cl/censoagropecuario>
- Infraestructura de Datos Espaciales (IDE). (2015). Zonificación Plan Regulador Metropolitano de Santiago (PRMS). IDE. <https://www.ide.cl/index.php/planificacion-y-catastro/item/1878-zonificacion-plan-regulador-metropolitano-de-santiago-prms>

- Iroumé, A., Palacios, H., Bathurst, J., & Huber, A. (2010). Runoff and peakflows after clearcutting and the establishment of a new plantation in an experimental catchment, southern Chile. *Bosque*, 31, 117-128.
- Lara B.F., Palma, C., Munizaga, J., & Montre-Águila, V. (2021). Development, urban planning and political decisions. A triad that built territories at risk. *Natural Hazards (Dordrecht)*, 109(2), 1935-1957. <https://doi.org/10.1007/s11069-021-04904-5>
- Ley 21.074 del 2018. (2018). Fortalecimiento de la regionalización del país. 15 de febrero del 2018.
- Marquet, P.A., Altamirano, M.T.K., Arroyo, M., Fernández, S., Gelcich, K., Górski, E., Habit, A., Lara, A., Maass, A., Pauchard, P., Plissock, H., Samaniego, S. & Smith-Ramírez, C. (Eds.) (2019). *Biodiversidad y cambio climático en Chile: Evidencia científica para la toma de decisiones. Informe de la mesa de Biodiversidad*. Comité Científico COP25; Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. https://cdn.digital.gob.cl/filer_public/d2/ce/d2ce6fbo-272d-4f6c-aa95-7dd275c32b6b/libro-biodiversidad.pdf
- Márquez Poblete, M.A., & Veloso Pérez, E. (2021). El ordenamiento territorial en Chile: estado del arte. *Estado, Gobierno y Gestión Pública*, 18(35), 139-150. <https://revistaeggp.uchile.cl/index.php/REGP/article/view/61424>
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press.
- Ministerio del Interior y Seguridad Pública. (2020). *Política Nacional de Desarrollo Rural*. MISP. <https://bcn.cl/2hs10>
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2023). D.S. N°47, 1992 – Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones Actualizada al 15 de mayo del 2023. Modificada por D.S. N°30 – Diario Oficial del 15 de mayo del 2023. MINVU. <https://www.minvu.gob.cl/elementos-tecnicos/decretos/d-s-n47-1992-ordenanza-general-de-urbanismo-y-construccion/>
- Montoya-Tangarife, C., de la Barrera, F., Salazar, A., & Inostroza, L. (2017). Monitoring the effects of land cover change on the supply of ecosystem services in an urban region: A study of Santiago-Valparaíso, Chile. *PLOS ONE*, 12(11), e0188117. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0188117>
- Müller-Using, S., Bahamóndez, V., Sagardía Parga, R., Vergara Asenjo, G., & Reyes Gallardo, R. (2021). *Bosques nativos de Chile: estado, presiones e importancia en una época de cambios*. INFOR. <https://doi.org/10.52904/20.500.12220/30461>
- Navarro, J. (2019). Transformaciones recientes del espacio rural tradicional de la Región Metropolitana de Santiago de Chile. Entre la agroindustria y la urbanización 1990-2017. *Revista de Historia y Geografía*, 151-177. <https://doi.org/10.29344/07194145.41.2095>
- Newbold, T., Hudson, L.N., Hill, S.L.L., Contu, S., Lysenko, I., Senior, R.A., [...] Purvis, A. (2015). Global effects of land use on local terrestrial biodiversity. *Nature*, 520(7545), 45-50. <https://doi.org/10.1038/nature14324>
- Oficina de Estudios de Política Agraria (ODEPA). (2017). *Catastro frutícola. Región Metropolitana*. ODEPA. <https://bibliotecadigital.odepa.gob.cl/bitstream/handle/20.500.12650/71137/CatastroMetropolitana2017.pdf>
- Oficina de Estudios de Política Agraria (ODEPA). (2020). *Política Nacional de Desarrollo Rural*. ODEPA. <https://www.odepa.gob.cl/desarrollo-rural-2>
- Orellana Ossandón, A., Arenas, F., & Moreno Alba, D. (2021). Ordenamiento territorial en Chile: nuevo escenario para la gobernanza regional. *Revista de Geografía Norte Grande*, (77), 31-49. <https://doi.org/10.4067/S0718-34022020000300031>
- Ojeda Leal, C.G. (2021). Los paisajes posibles: En animación suspendida, corporativos y del desastre. Chile y Argentina como ejemplos de estudio. *Journal of Latin American Geography*, 20(2), 39-66. <https://doi.org/10.1353/lag.2021.0028>
- Peña-Rojas, K., Donoso, S., Pacheco, C., Riquelme, A., Gangas, R., Guajardo, A., & Durán, S. (2018). Respuestas morfo-fisiológicas de plantas de *Lithraea caustica* (Anacardiaceae) sometidas a restricción hídrica controlada. *Bosque (Valdivia)*, 39, 27-36. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002018000100027>
- Pereira Covarrubias, & Raju, E. (2020). The Politics of Disaster Risk Governance and Neo-Extractivism in Latin America. *Politics and Governance*, 8(4), 220-231. <https://doi.org/10.17645/pag.v8i4.3147>
- Precht, A., Reyes, S., & Salamanca, C. (2016). *El ordenamiento territorial de Chile*. Ediciones UC.

- Política Nacional de Desarrollo Rural (PNDR). (2020). Núm. 42.647 C.F.R. <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2020/08/DIARIO-OFICIAL-PNDR-DS19-2020.pdf>
- Psilovikos, A., Katsada, A., Malamataris, D., Papanthasiou, T., Psilovikos, T., & Spiridis, A. (2021). *Impacts of Land Use and Land Cover Change in a Mediterranean Mountainous Area on Surface Runoff During the Period 1945-2018*.
- Rajevic, E. (2020). La frágil regulación del suelo rural a cuatro décadas de su liberalización. *AUS [Arquitectura / Urbanismo / Sustentabilidad]*, (28), 54-60. <https://doi.org/10.4206/aus.2020.n28-07>
- Salazar, A., Baldi, G., Hirota, M., Syktus, J., & McAlpine, C. (2015). Land use and land cover change impacts on the regional climate of non-Amazonian South America: A review. *Global and Planetary Change*, 128, 103-119. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2015.02.009>
- Sandoval, V., Wisner, B., & Voss, M. (2021). Natural Hazards Governance in Chile. In *The Oxford Research Encyclopedia of Natural Hazard Science*. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780199389407.013.364>
- Sardans, J., & Peñuelas, J. (2013). Plant-soil interactions in Mediterranean forest and shrublands: impacts of climatic change. *Plant and Soil*, 365(1), 1-33. <https://doi.org/10.1007/s1104-013-1591-6>
- Sarricolea, P., Herrera Ossandón, M., & Meseguer-Ruiz, O. (2017). Climatic regionalisation of continental Chile. *Journal of Maps*, 13, 66-73. <https://doi.org/10.1080/17445647.2016.1259592>
- Schulz, J., Cayuela, L., Echeverría, C., Salas, J., & Benayas, J. (2010). Monitoring land cover change of the dryland forest landscape of Central Chile (1975-2008). *Applied Geography*, 436-447. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2009.12.003>
- Secretaría Ministerial de Vivienda y Urbanismo. (2019). *Texto refundido y sistematizado, Ordenanza Plan Regulador de Santiago (PRMS)*. Editado por Ministerio de Vivienda y Urbanismo. MINVU. https://metropolitana.minvu.gob.cl/wp-content/files_mf/1549050083OrdenanzaPRMSENERO2019.pdf
- Seguel, O., Farías, E., Luzio, W., Casanova, M., Pino, I., Parada, A.M., [...] & Nario, A. (2015). Physical properties of soil after change of use from native forest to vineyard. *AgroSur*, 43(2), 29-39. <https://doi.org/10.4206/agrosur.2015.v43n2-05>
- Servicio Geológico de los Estados Unidos. (2022). *Usos de suelo Landsat*. USGS. <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- Smith-Ramírez, C., Grez, A., Galleguillos, M., Cerda, C., Ocampo-Melgar, A., Miranda, M.D., [...] Vita, A. (2023). Ecosystem services of Chilean sclerophyllous forests and shrublands on the verge of collapse: A review. *Journal of Arid Environments*, 211, 104927. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2022.104927>
- Soto, M., Castro, C., Rodolfi, G., Maerker, M., & Padilla, R. (2006). Procesos geodinámicos actuales en media y baja montaña, corde meridional de la Cuenca del río Maipo, Región Metropolitana de Santiago. *Geografía Norte Grande*, 35, 77-95. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022006000100006>
- Sudmeier-Rieux, K., Arce-Mojica, T., Boehmer, H.J., Doswald, N., Emerton, L., Friess, D.A., [...] & Walz, Y. (2021). Scientific evidence for ecosystem-based disaster risk reduction. *Nature Sustainability*, 4(9), 803-810. <https://doi.org/10.1038/s41893-021-00732-4>
- Vicuña, M. & Schuster, J.P. (2021). *Planificación urbana y gestión del riesgo de desastres: desafíos para instrumentos y mecanismos de planificación urbana y territorial*. UC. <https://repositorio.uc.cl/server/api/core/bitstreams/ba51daa7-f07a-486a-b8ad-30cf9688bc5c/content>
- Walz, Y., Janzen, S., Narvaez, L., Ortiz-Vargas, A., Woelki, J., Doswald, N., & Sebesvari, Z. (2021). Disaster-related losses of ecosystems and their services. Why and how do losses matter for disaster risk reduction? *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 63, 102425. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102425>
- Wyndham, K.E., Castro, C.P. & Sarmiento, J.P. (2021). From Disaster Risk Construction to Disaster Risk Reduction: Exploring the Agency of Urban Land-Use Planning in Chile. *Planning Practice & Research*, 36(1), 20-40. <https://doi.org/10.1080/02697459.2020.1829285>
- Youlton, C., Espejo, P., Biggs, J., Norambuena, M., Cisternas, M., Neaman, A., & Salgado, E. (2010). Quantification and control of runoff and soil erosion on avocado orchards on ridges along steep-hillslopes. *Cienc. Investig. Agrar.* 37(3), 113-123. <https://doi.org/10.4067/S0718-16202010000300010>