



HAL
open science

Planificación ecológica como base del ordenamiento territorial en el periurbano de la ciudad de Curicó

María Francisca Mardones Cáceres, Gerardo Ubilla-Bravo

► To cite this version:

María Francisca Mardones Cáceres, Gerardo Ubilla-Bravo. Planificación ecológica como base del ordenamiento territorial en el periurbano de la ciudad de Curicó. *Revista geográfica de Chile Terra Australis*, 2024, 60 (2), pp.84-99. <10.23854/07199562.2024602.mardones>. <halshs-05124380>

HAL Id: halshs-05124380

<https://shs.hal.science/halshs-05124380v1>

Submitted on 21 Jun 2025

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons CC BY 4.0 - Attribution - International License

PLANIFICACIÓN ECOLÓGICA COMO BASE DEL ORDENAMIENTO TERRITORIAL EN EL PERIURBANO DE LA CIUDAD DE CURICÓ.

ECOLOGICAL PLANNING AS THE BASIS OF SPATIAL PLANNING IN THE PERIURBAN AREA OF CURICÓ CITY.

María Francisca Mardones-Cáceres, Gerardo Ubilla-Bravo

ABSTRACT

In Chile, territorial planning is still an issue whose development has been scarce and isolated, since there is an explicit absence of a law that organizes the institutions in this matter. An instrument that can contribute to territorial planning is ecological planning, which provides a look at the ecosystems in the territory. In the case of the periurban area of Curicó, in recent years it has experienced unregulated urban and suburban expansion, with overlapping activities in land use due to lack of updating of planning instruments and a comprehensive view of territorial planning. The objective of this article is to identify environmental measures and requirements for the uses of the territory for the periurban area of Curicó grouped into three territorial subsystems. The research methodology begins with data collection from key actors in the territory through semi-structured in-person interviews, applying subjective validation based on the experience of the participants. The main results show the geospatial location of all the environmental measures and requirements for the uses of the territory, all of them grouped into three territorial subsystems. The discussion and conclusions highlight the reflections on: the importance of ecological planning, local ecological planning and geospatial dynamics in the peri-urban area of Curicó, some reflections on the methodology used and the trajectory and projection of studies in ecological planning in Chile.

Key words: Chile. Curicó. Environmental measures and requirements. Territorial Planning. Ecological planning. Periurban area.

RESUMEN

En Chile, el ordenamiento territorial todavía es un tema cuyo desarrollo ha sido escaso y aislado, ya que se aprecia una ausencia explícita de una ley que organice a la institucionalidad en esta materia. Un instrumento que puede contribuir al ordenamiento territorial es la planificación ecológica, que aporta con una mirada de los ecosistemas en el territorio. En el caso particular del área periurbana de Curicó, durante los últimos años ha experimentado una expansión urbana y suburbana no regulada, con superposición de actividades en el uso de suelo debido falta de actualización de instrumentos de planificación y una mirada integral del ordenamiento territorial. El objetivo del presente artículo es identificar medidas y requerimientos ambientales a los usos del territorio para el área periurbana de Curicó agrupadas en tres subsistemas territoriales. La metodología de la investigación comienza con un levantamiento de datos a partir de actores clave del territorio mediante entrevistas semiestructuradas de forma presencial, aplicando de una validación subjetiva basada en la experiencia de los participantes. Los principales resultados muestran la localización geoespacial de todas las medidas y requerimientos ambientales a los usos del territorio, todas ellas agrupadas en tres subsistemas territoriales. En la discusión y conclusiones se destacan las reflexiones en torno a: la importancia de la planificación ecológica, la planificación ecológica local y dinámicas geoespaciales en el periurbano de Curicó, algunas reflexiones sobre la metodología utilizada y la trayectoria y proyección de estudios en planificación ecológica en Chile.

Palabras clave: Chile. Curicó. Medidas y requerimientos ambientales. Ordenamiento Territorial. Planificación ecológica. Periurbano.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. *El ordenamiento territorial y la ausencia de su aplicación en Chile*

Una forma de orientar y planificar las acciones de las sociedades entorno a la organización y el uso del suelo es el ordenamiento territorial (Galiana & Vinuesa, 2010). Según lo mencionado por el Consejo Europeo (CE) y la Comisión Europea de Ministros responsables de la Ordenación del Territorio (CE & CEMAT, 1983), este es una proyección en el espacio de las políticas sociales, culturales, ambientales y económicas de una sociedad procurando un desarrollo eficaz y equitativo, junto con una organización y planificación acordes a objetivos de desarrollo.

En Chile, el ordenamiento territorial todavía es un tema cuyo desarrollo normativo ha sido escaso y aislado, ya que se aprecia una ausencia explícita de una ley que organice a la institucionalidad y a la sociedad (Ubilla-Bravo, 2008). Junto con lo anterior, se aprecia que los instrumentos que se aplican en el territorio son de alcance sectorial, destinados principalmente a la planificación urbana y ligados a la regulación de los usos de suelo (Sánchez-Ulloa, 2001; Montenegro & Farías, 2012).

1.2. *La necesidad de una planificación ecológica*

Ante la ausencia de un sistema público de ordenamiento territorial que se ocupe de los ecosistemas locales, se aprecia que la planificación ecológica es un instrumento orientado a proteger, reparar y desarrollar las funciones ecológicas o ambientales del territorio. Esta adquiere fuerza cuando sus contenidos son incorporados a la planificación territorial mediante normas jurídicas y llegan a ser vinculantes para la administración pública e indicativos para el sector privado (Salas, 2002).

En las últimas décadas han existido esfuerzos asociados al desarrollo de la planificación ecológica en Chile, destacando el Proyecto OTAS de la Región Metropolitana de Santiago (1996-2005), el que fue adaptado a Chile gracias a un instrumento de planificación ambiental a escala regional del territorio que surgió en Alemania (Salas, 2002). Este proyecto sienta las bases metodológicas de la planificación ecológica en territorio nacional donde

se proponen cuatro etapas: i) el inventario territorial, ii) la evaluación ambiental, iii) el concepto rector y iv) las medidas o requerimientos ambientales al uso del territorio. Es en la última etapa donde se gestan orientaciones que pueden ser incorporadas por las diferentes administraciones sectoriales y privados en sus respectivas políticas, programas, planes y/o proyectos de manera responsable con el medio ambiente, la biodiversidad y los ecosistemas (MMA 2019).

1.3. *Problemas geoespaciales en Chile y sus espacios locales: área periurbana de Curicó*

El instrumento de zonificación en Chile es el Plan Regulador Comunal (PRC). Su principal objetivo es fijar los límites urbanos y regular los usos de suelo de las áreas definidas dentro este. Sin embargo, este instrumento no tiene una mirada integral de planificación y ordenamiento territorial (Ubilla-Bravo & Chia, 2021), ni promueve el desarrollo sostenible. Esto ha traído como consecuencia una superposición de actividades en la zonificación de los usos del suelo, según los intereses de algunos actores que interactúan en un modelo económico neoliberal, lo que trae consigo una serie de problemáticas asociadas a: la vulnerabilidad de comunidades locales, la mayor propensión a riesgos naturales, a la contaminación del agua, suelo y aire, así como el aumento de la fragilidad de los ecosistemas presentes (Espinoza Lizama, 2018).

La urbanización en extensión, la suburbanización y la rururbanización son otros procesos geoespaciales derivados de la libre acción en el mercado de suelos y la baja incidencia de los PRC, las que ocurren con mayor intensidad en las áreas adyacentes a las ciudades, que corresponden a las áreas periurbanas (Ubilla-Bravo, 2024). En estos espacios se aprecia una mixtura de ocupaciones y usos de suelo, lo que implica mayor complejidad en la toma de decisiones (Ubilla-Bravo, 2020). En el caso de la suburbanización, esta comienza en Chile con la creación del Decreto Ley 3.516 (1980), donde la subdivisión de los terrenos agrícolas en 5.000 m² provocó la transformación de estos terrenos en parcelas de agrado fuera del límite urbano en varios espacios locales (Ubilla-Bravo & Chia, 2021). Este proceso también ocurre en el entorno periurbano de la ciudad de Curicó, donde

existe una expansión suburbana no regulada en el sistema de centros poblados debido a la falta de revisión y actualización de instrumentos de planificación, en particular del PRC (Parra Escobar, 2019). Si bien, el instrumento PRC incluye a la ciudad de Curicó, Cordillerilla, La Obra y Los Niches como sectores urbanos de la comuna (Ilustre Municipalidad de Curicó y Oliva Catalán, 2017), persiste la ocupación de suelos con parcelas de agrado o parcelas agroresidenciales en los sectores periféricos, lo que convive con el crecimiento agroindustrial, resultando en una pérdida de suelo productivo y mayor presión sobre los recursos naturales presentes en el territorio curicano (Méndez Seydewitz, 2009).

Considerando los antecedentes indicados, este artículo tiene como objetivo identificar demandas territoriales basadas en medidas y requerimientos ambientales a los usos del territorio, agrupadas en subsistemas territoriales, todo esto en el marco de una planificación ecológica para el área periurbana de la ciudad de Curicó.

2. ÁREA DE ESTUDIO

El presente estudio se realizó en el área periurbana de la ciudad de Curicó (ver figura 1), la cual cuenta con una población de 119.585 habitantes y alcanza

una extensión de 1.328 km², se encuentra ubicada en las coordenadas 34°59'00" S y 71°14'00" O, en la depresión intermedia dentro de la macrozona central de la Región del Maule. La comuna de Curicó limita con las comunas de Teno y Romeral al norte, con Sagrada Familia y Molina al sur, y al oeste con Rauco y Sagrada Familia (INE Chile, 2019).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El marco metodológico general sobre el cual se apoyó esta investigación corresponde a la planificación ecológica, cuya estructura se encuentra en la Guía Metodológica de Planificación Ecológica del territorio publicada por Salas (2002). Dentro de sus etapas, aquí se consideró aquella asociada a las medidas o requerimientos ambientales a los usos del territorio, siendo coherente con el objetivo presentado en la introducción.

Junto con la definición del área de estudio, un paso a considerar fue el establecimiento de la escala de trabajo. En este caso la escala de trabajo local (1:80.000) que corresponde al área periurbana, específicamente en el sector sureste de la comuna considerando la ribera del Río Guaiquillo y Río Lonтуé.

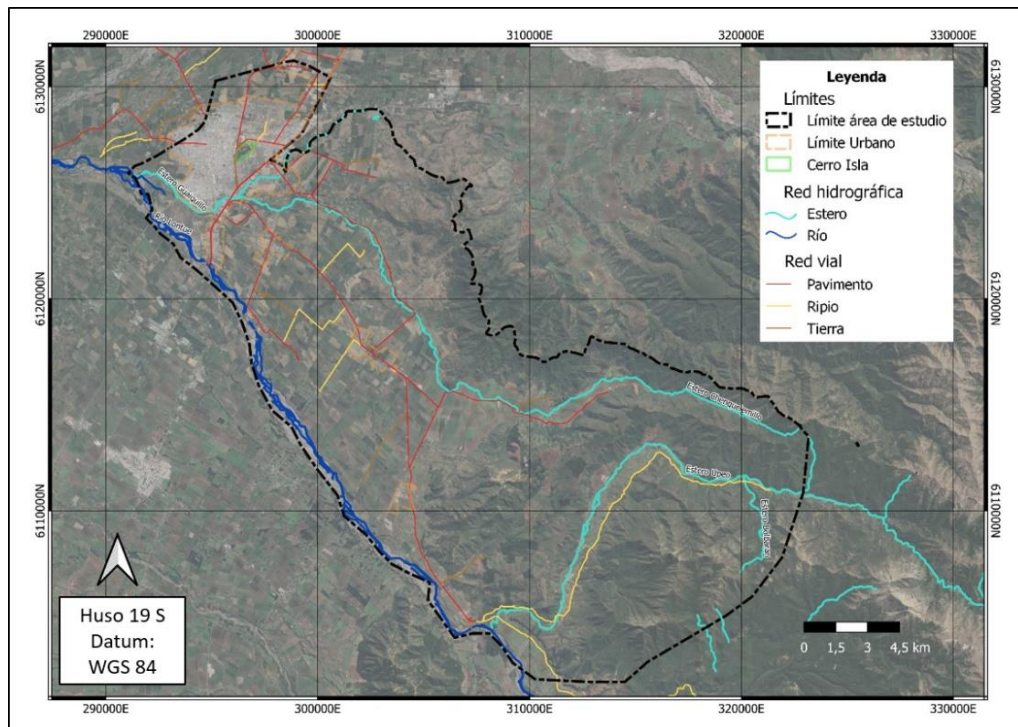


Figura 1. Área de estudio: área periurbana de Curicó. Fuente: elaboración propia 2024.

Para ello fue necesario contar con coberturas georreferenciadas en la escala mencionada, donde se insertaron los límites de la correspondiente unidad político-administrativa comunal, para la construcción de una carta base del área de estudio (Salas, 2002).

Tal como se ha utilizado en otras investigaciones, un insumo de este trabajo fue la cobertura y el uso del suelo del área de estudio, ya que es un indicador relevante para ser considerado en estudios de planificación ecológica (Castro & Brignardello, 2005; Sucoshañay-Villalba et al, 2021; Zhao et al, 2023). Con base a esta información georreferenciada se establecieron las medidas y requerimientos ambientales para los usos y actividades antrópicas dentro del territorio, las cuales se elaboraron en base a juicio experto asignando un nivel de pertinencia (Salas, 2002).

Luego de contar con toda la información georreferenciada de base, la investigación continuó con un levantamiento de datos a partir de actores clave del territorio, privilegiando la diversidad de origen de estos. Un primer grupo comprendió a agentes que trabajan en la Ilustre Municipalidad de Curicó: de la Secretaría Comunal de Planificación (SECPLAC), de la Dirección de Gestión Ambiental y Territorio (DIGAT), de la Dirección de Desarrollo Comunitario (DIDECO) y una integrante perteneciente al concejo municipal. Además, se contó con la participación de otros actores clave representando a la sociedad civil, los que correspondieron a un integrante de la organización Pueblo Verde, una encargada del área de comunidades de la Empresa Aguas Nuevo Sur (EANS), un representante del Programa Campus Sustentable de la Universidad Católica del Maule (UCM) y al director de la Unión Comunal de Juntas de Vecinos (UCJV) de Curicó.

A los actores clave ya indicados se aplicaron entrevistas semiestructuradas de forma presencial, por un tiempo estimado de duración de 30 minutos, donde se levantó una validación subjetiva basada en la experiencia de cada uno de los participantes. En las entrevistas se utilizó una lista de medidas y requerimientos ambientales ya definidos con anterioridad en otro trabajo de planificación ecológica desarrollada a la Región Metropolitana de Santiago (Ubilla Bravo & Galdámez, 2015). Cabe destacar que la localización de las demandas territoriales por parte de los entrevistados se hizo de acuerdo con lo mencionado por los

entrevistados. De este modo, se localizó aquellas medidas y requerimientos del listado de Ubilla Bravo & Galdámez (2015) que fueron georreferenciadas en el transcurso de entrevistas y que a su vez fue posible localizar espacialmente dentro de la cartografía. De esta manera, se localizaron geoespacialmente las demandas territoriales, la cual considera las medidas y requerimientos ambientales a los usos del territorio agrupadas en los siguientes subsistemas: i) asentamientos humanos, accesibilidad y conectividad, ii) economía, producción, sociedad, servicios, identidad y patrimonio y iii) ecosistemas y medioambiente (Ubilla Bravo & Galdámez, 2015).

Los actores locales mencionaron una serie de demandas territoriales que representaron aquellos temas que tienen prioridad. Sobre esa base se aplicaron tres criterios para que se considere como demanda territorial en esta investigación: (i) que tengan relación con la planificación ecológica; (ii) que se encuentre dentro del área de estudio y (iii) que tengan una representación geoespacial.

Los resultados de esta metodología finalmente fueron tabulados y sistematizados, con el fin de unificar las concepciones y demandas respecto al territorio, las cuales fueron incluidas por su relevancia dentro de la planificación ecológica.

4. RESULTADOS

A continuación, se presentan los principales resultados de la validación subjetiva y localización geoespacial de las demandas territoriales de los actores clave de la ciudad y el periurbano de Curicó, las cuales se agruparon en los subsistemas mencionados en el método.

4.1. *Subsistema asentamientos humanos, accesibilidad y conectividad*

En este subsistema, los actores clave señalaron cuatro demandas territoriales (ver tabla 1). Los entrevistados destacan la importancia de **planificar el desarrollo inmobiliario** y no crecer en extensión hacia áreas rurales, sino en altura dentro para **limitar la expansión urbana**, permitiendo así una conservación en el periurbano de los paisajes actuales junto a la flora y fauna nativa existente. La primera demanda territorial se localiza geoespacialmente en el periurbano, donde se conecta la localidad de Sarmiento con el centro urbano de Curicó. Mientras que la segunda demanda corresponde a la línea del límite urbano

norte trazado por el instrumento Plan Regulador Comunal (PRC), cuyo objetivo es evitar que siga expandiéndose la ciudad de Curicó (ver polígono amarillo en la figura 2).

Con respecto a las características de esos asentamientos, se menciona la demanda **generar de polos de desarrollo** asociado al abastecimiento de servicios ligados a la actividad económica agrícola, comercio y turismo. A lo largo de los últimos años se ha observado la tendencia de desarrollo de estos polos de desarrollo dentro del periurbano de Curicó, para abastecer a la población existente, ante la consolidación de villas ante la inminente llegada de parcelaciones de agrado (Méndez Seydewitz, 2009). Tal como fue mencionado por los entrevistados, esto permitirá un menor flujo de personas hacia el centro de Curicó desde La Obra y Los Niches, disminuyendo así el

flujo de vehículos particulares en las vías periurbanas, permitiendo el tránsito de transporte público. Si se consolidan dichos polos, esto podría evitar la expansión horizontal y con ello resguardar las áreas naturales con valoración ambiental. La última demanda territorial que se asocia a la movilidad sustentable es **construir circuitos de ciclovías**, la que fue validada por todos los entrevistados, dado que existen atractivos paisajísticos siguiendo las riberas donde se podrían realizar circuitos y la construcción de estas mantendría la seguridad de los usuarios a la hora de movilizarse. La localización de esta demanda se concentró en la proyección de una vía existente en el sector Zapallar y cercano a la ribera del río Guaiquillo (ver figura 2). La dimensión ambiental de las ciclovías considera su utilidad para la movilidad recreacional en coherencia con corredores verdes de vegetación nativa (Ribeiro Franco, 2010).

Tabla 1. Validación subjetiva de demandas territoriales de actores locales. Subsistema asentamientos humanos, accesibilidad y conectividad. Fuente: elaboración propia, 2024.

Demanda territorial	Actor clave	SECPLAC	DIGAT	DIDECO	Concejo Municipal	Pueblo Verde	UCM	EANS	UCJV Curicó
1. Planificar el desarrollo inmobiliario				X					
2. Limitar la expansión urbana			X	X					
3. Generar polos de desarrollo				X					
4. Construir circuitos de ciclovías									

Nota 1 de la Tabla: el detalle de la sigla de los entrevistados se indica en el método.

Nota 2 de la Tabla: color verde = validación subjetiva, color naranja suave con "X" = no hay validación subjetiva.

La tabla 1 permite apreciar una mirada general de la validación subjetiva de las demandas mencionadas anteriormente. Al respecto se pueden mencionar dos aspectos. Primero, que para las demandas: planificar el desarrollo inmobiliario, generar polos de desarrollo y construir ciclovías; estas se proponen resguardando las áreas naturales y evitando la fragmentación de hábitat.

Segundo, cabe destacar que la demanda limitar la expansión urbana generó cierta controversia ya que la dos de los actores no la validaron de forma subjetiva. Mientras que a su vez la DIDECO no validó aquellas demandas asociadas a desarrollo inmobiliario, la expansión urbana y los polos de desarrollo; que corresponden a más de la mitad de las demandas indicadas en este subsistema.

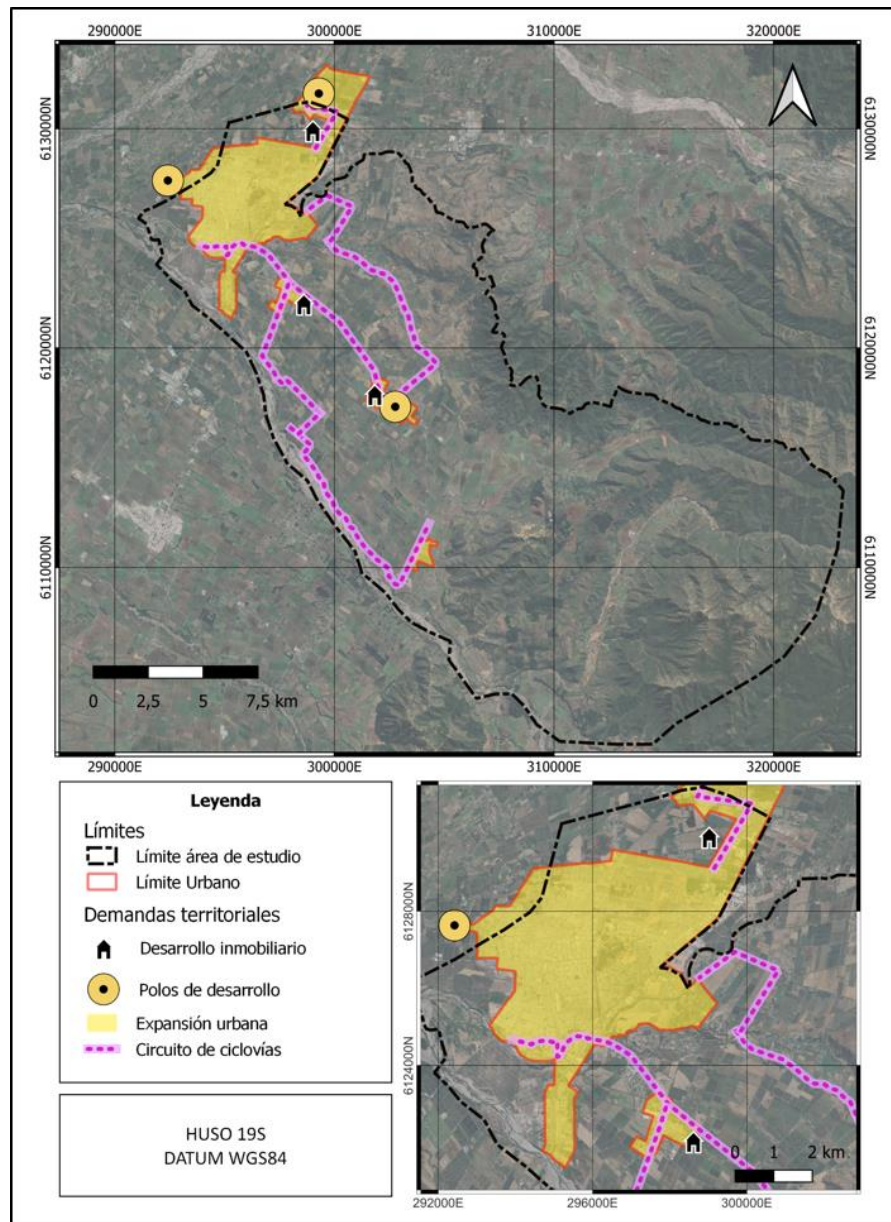


Figura 2. Localización geoespacial de las demandas territoriales de actores locales. Subsistema asentamientos humanos, accesibilidad y conectividad. Fuente: elaboración propia, 2024.

4.2. Subsistema economía, producción, sociedad, servicios, identidad y patrimonio

En este subsistema, los actores clave señalaron siete demandas territoriales. Respecto de las actividades económicas de Curicó, esta destaca por ser un potencial agronómico (SURPLAN, Urbanismo y Territorio, 2021), lo cual coincide con algunas de las demandas validadas presentadas en la tabla 2. La primera que destaca es

desarrollar la agroecología, cuya implementación implica el establecimiento de corredores verdes y la disminución del uso de agroquímicos. A su vez, se menciona la importancia del agua en dichas actividades mejorando los sistemas de riego para una mayor eficacia en el uso. Otra de las actividades económicas que se está potenciando es el turismo, dado que en la zona existen áreas naturales cuya belleza paisajística es destacable, según fue mencionado por los entrevistados. En

concordancia con lo anterior, se presenta la demanda territorial que permita **mejorar la infraestructura turística sostenible** mediante miradores paisajísticos (ver figura 3), localizados en el sureste del área de estudio, cercano a la ribera del río. Es importante mencionar que este potencial turístico se promueve evitando la fragmentación de los hábitats allí presentes, resguardando así la conservación de la flora y fauna existente.

Respecto a los servicios existentes en el área de estudio se planteó la demanda de **construir redes de electrificación con energías renovables**, la que se presenta y valida como demanda por la

mayor parte de los entrevistados, principalmente hacia sectores aislados donde aún existen sectores que carecen de dicho servicio. Esta última demanda se propone considerando la instalación de paneles fotovoltaicos para el abastecimiento energético de dichos sectores. Otras demandas territoriales complementarias entre sí contemplaron **implementar áreas verdes en zonas industriales** y **limitar zonas industriales**, para que se disminuya la fragmentación actual y mejore la belleza paisajística. Las dos demandas territoriales comentadas se ubican en los límites del área urbana consolidada hacia el este, cercano al paso de la ruta 5 Sur (ver figura 3).

Tabla 2. Validación subjetiva de demandas territoriales de actores locales. Subsistema economía, producción, sociedad, servicios, identidad y patrimonio. Fuente: elaboración propia, 2024.

Demanda territorial / Actor clave	SECLAC	DIGAT	DIDECO	Concejo Municipal	Pueblo Verde	UCM	EANS	UCJV Curicó
1. Desarrollar la agroecología								
2. Mejorar la infraestructura turística sostenible								
3. Construir redes de electrificación con energías renovables			X					
4. Implementar las áreas verdes en zonas industriales			X					
5. Limitar las zonas industriales								
6. Aumentar los espacios públicos de encuentro			X					
7. Proteger el patrimonio mediante su puesta en valor					X			

Nota 1 de la Tabla: el detalle de la sigla de los entrevistados se indica en el método.

Nota 2 de la Tabla: color verde = validación subjetiva, color naranja suave con "X" = no hay validación subjetiva.

Respecto del patrimonio, si bien los objetos de conservación patrimonial se encuentran principalmente dentro de los límites urbanos, en el área periurbana existen sitios de encuentro como el Convento Viejo y el balneario de Potrero Grande, ambos ubicados en el oeste de Curicó, donde familias asisten para recreación (ver figura 3). En complemento con la existencia de dicho lugar, los

entrevistados validan la demanda de **aumentar los espacios públicos de encuentro** en diversos puntos. Para ello se sugiere mejorar el equipamiento a través de alianzas público-privadas, desarrollando un trabajo con la comunidad que visita estos espacios, lo que ayudará a resguardar y conservar las áreas de valor paisajístico allí presentes. Dentro del

patrimonio material, en el sector de Tutuquén destaca la existencia de un cementerio indígena, el cual carece de un espacio de conservación por ende demuestra la necesidad de desarrollar un trabajo de **proteger el patrimonio mediante su puesta en valor**. En este sentido los entrevistados mencionaron la idea de la creación de un museo donde se resguarden y exhiban dichos restos arqueológicos, además de otras muestras asociadas a la identidad vitivinícola de Curicó.

La tabla 2 permite apreciar una mirada general de la validación subjetiva de las demandas mencionadas anteriormente. Al igual que en el subsistema anterior, aquí se destaca el comportamiento de los actores clave en torno a su validación subjetiva. De este modo, se subraya el comportamiento de la DIDECO quien no validó tres de las siete demandas propuestas en este subsistema, lo que llama la atención en términos de su visión sobre el territorio.

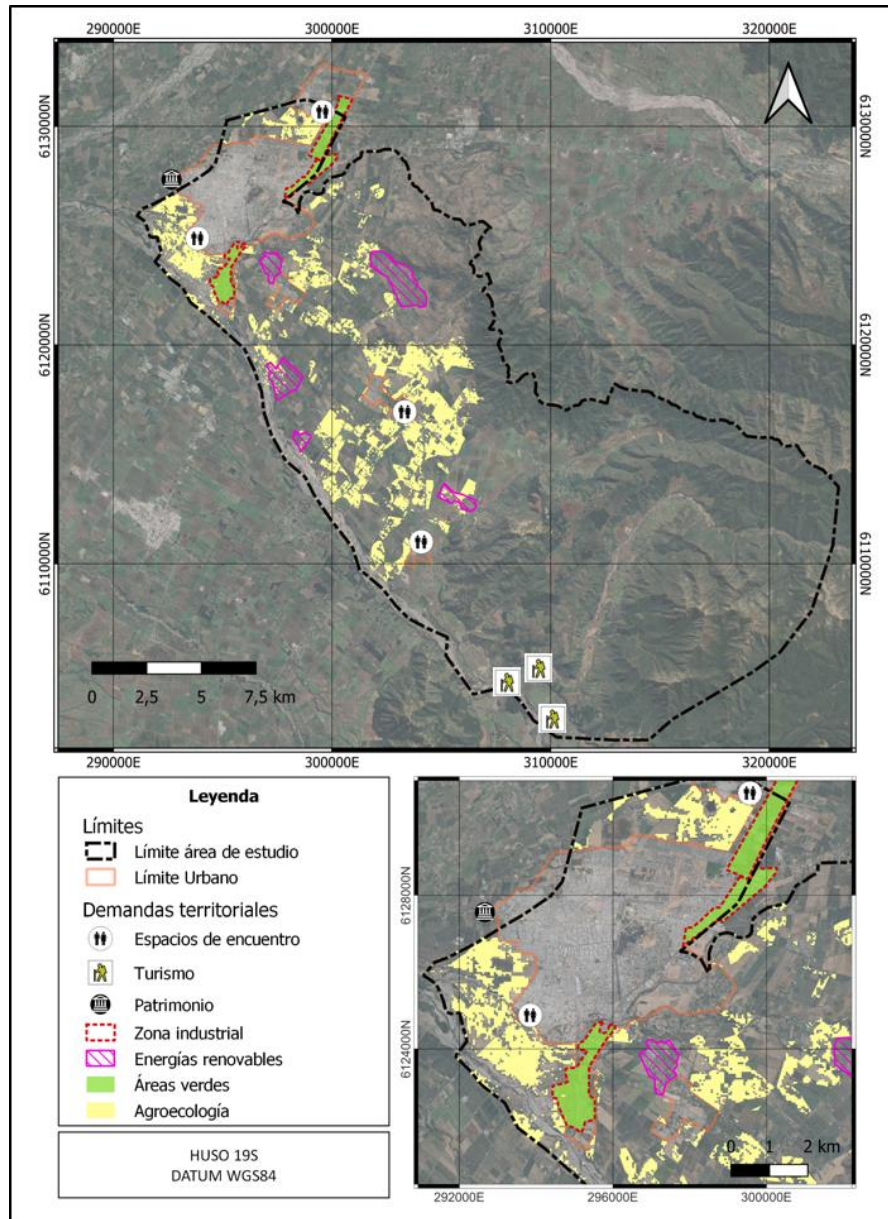


Figura 3. Localización geoespacial de las demandas territoriales de actores locales. Subsistema economía, producción, sociedad, servicios, identidad y patrimonio. Fuente: elaboración propia, 2024.

4.3. Subsistema ecosistemas y medioambiente

En este subsistema, los actores clave señalaron seis demandas territoriales (ver tabla 3). Si bien tanto en la ciudad como en el área periurbana de Curicó no se presentan áreas de conservación de la biodiversidad, pero sí tiene ecosistemas forestales prioritarios (CONAMA et al., 2002). Considerando lo anterior, este subsistema sobre ecosistemas y medioambiente tiene una alta relevancia para la planificación ecológica local. En este sentido, la primera demanda territorial validada por los actores clave es **proteger el recurso hídrico**, lo que demuestra la importancia dada a los cuerpos y cursos de aguas superficiales y subterráneas presentes en el área de estudio. Esta demanda se localiza principalmente a lo largo de varios cursos de agua dentro del límite periurbano (ver figura 4). También se validaron dos demandas territoriales complementarias: **proteger ecosistemas y suelos**, así como **recuperar áreas verdes dañadas**. Ambas tienen asidero considerando la creciente la amenaza ecológica que provoca la expansión agrícola y habitacional, entre otras actividades antrópicas. Una forma de proteger y recuperar estas áreas es mediante la reforestación con cobertura vegetal de bosque nativo, específicamente en riberas de los cursos de agua (HANNA et al., 2024). Desde un punto de vista geográfico, estas se encuentran al surponiente de la ciudad de Curicó (ver figura 4).

Otro aspecto que es relevante dentro de este subsistema tiene relación con el impacto de los residuos en el medioambiente. Actualmente, el tratamiento de residuos se realiza fuera de los límites de Curicó, externalizándose los residuos sólidos domiciliarios. Sin embargo, es importante mencionar que estos tratamientos tienen una vida útil de ocupación, donde la expansión de la ciudad hacia áreas periurbanas también puede aumentar su producción de residuos. En este sentido se propone **desarrollar un sistema de tratamiento de residuos inorgánicos**, con la implementación de puntos limpios en distintos puntos del área periurbana, dado que solo existe uno dentro de los límites urbanos, lo cual fue mencionado por tres miembros de la comunidad, lo cual permitiría una valorización de los residuos y la disminución de estos. En relación con lo anterior, cabe destacar que se menciona la necesidad de la implementación de una escombrera a nivel comunal o regional, ya que persiste la disposición de residuos de construcción, en sitios eriazos y riberas, lo cual es un peligro tanto para la comunidad como para la flora y fauna que componen el ecosistema periurbano. En este sentido, es adecuado avanzar hacia una alianza público-privada que sea impulsada por las empresas constructoras que generan esos tipos de residuos y el organismo correspondiente que los gestiona.

Tabla 3. Validación de demandas territoriales de actores locales. Subsistema ecosistemas y medioambiente. Fuente: elaboración propia, 2024.

Demanda territorial	Actor clave	SECPLAC	DIGAT	DIDECO	Concejo Municipal	Pueblo Verde	UCM	EANS	UCJV Curicó
		1. Proteger el recurso hídrico			X				
2. Proteger ecosistemas y suelos									
3. Recuperar áreas verdes dañadas en riberas (disposición residuos)									
4. Desarrollar un sistema de tratamiento de residuos inorgánicos									
5. Controlar riesgos potenciales de origen natural									
6. Solucionar problemas de contaminación del aire y acústica		X		X					

Nota 1 de la Tabla: el detalle de la sigla de los entrevistados se indica en el método.

Nota 2 de la Tabla: color verde = validación subjetiva, color naranja suave con "X" = no hay validación subjetiva.

La tabla 3 permite apreciar una mirada general de la validación subjetiva de las demandas mencionadas anteriormente. Al igual que en el subsistema anterior, aquí se destaca el comportamiento de los actores clave en torno a su validación subjetiva. La demanda territorial **solucionar problemas de contaminación del aire y acústica** fue la que tuvo menos validación

subjetiva, debido a que se le da menor prioridad en la planificación del territorio. Asimismo, nuevamente se resalta el comportamiento de la DIDECO quien no validó dos de las seis demandas propuestas en este subsistema. Nuevamente llama la atención esta postura contraria a la mayoría y cuyas razones se comentarán en el siguiente acápite de discusión.

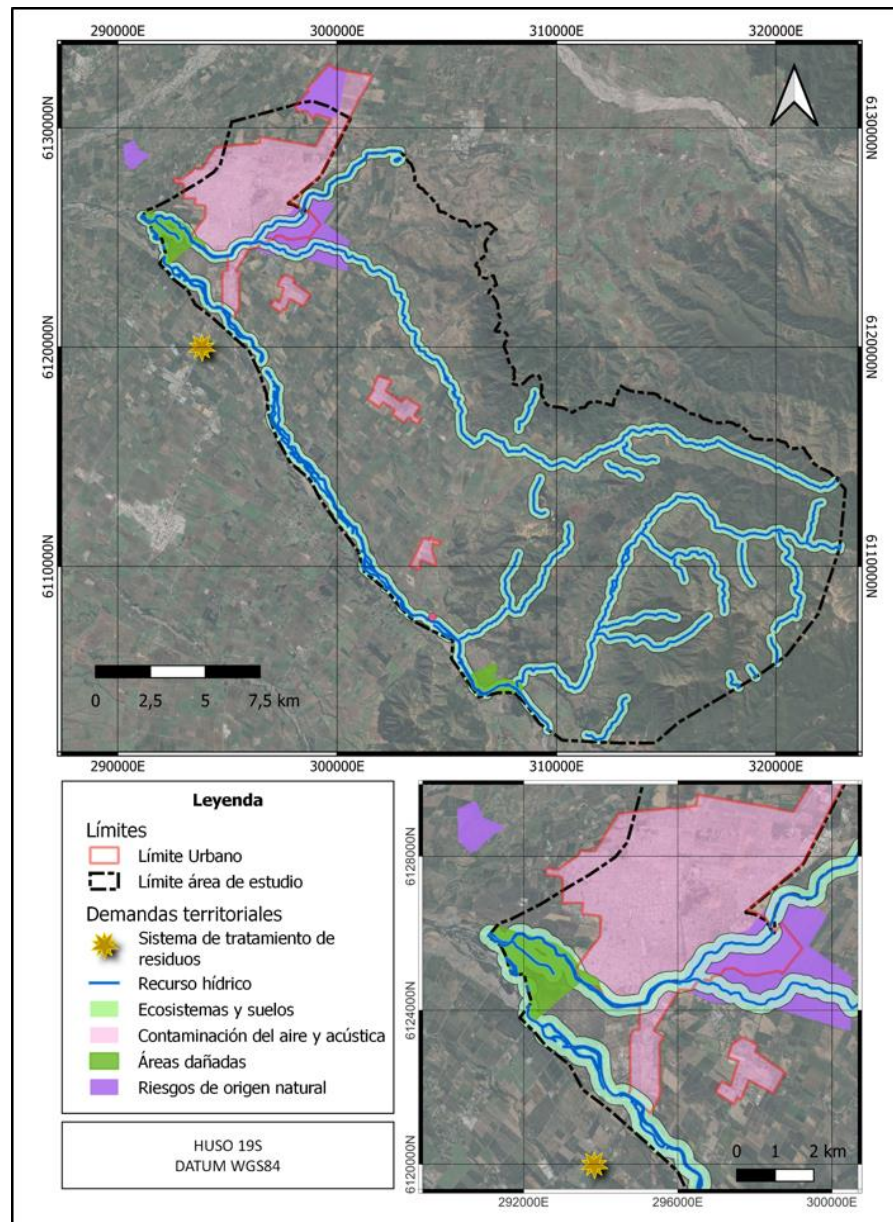


Figura 4. Localización geoespacial de las demandas territoriales de actores locales. Subsistema ecosistemas y medioambiente. Fuente: elaboración propia, 2024.

Otra demanda señalada por los actores es **controlar los riesgos potenciales de origen**

natural. Cabe destacar que es un tema clásico de planificación territorial que va más allá de la

planificación ecológica en particular. Sin embargo, se debe tener en cuenta, ya que este tipo de amenazas o riesgos potenciales también afectan e impactan sobre otros ecosistemas y el medioambiente como se establece en este subsistema. En este caso se localiza al norte y este de la ciudad de Curicó (ver figura 4).

Finalmente, se valida la demanda **solucionar problemas de contaminación del aire y acústica**. Respecto de la descontaminación atmosférica, esta se localiza principalmente dentro de los límites urbanos; sin embargo, se podría aplicar en temporada de invierno debido al uso de calefacción en las áreas periurbanas. Para ello también se debe tener en consideración que hay un Plan de descontaminación para Valle Central de la Provincia de Curicó (Decreto 44, 2019). Por otra parte, en cuanto a la contaminación acústica, sí se considera relevante en el marco de una planificación ecológica, teniendo presente el impacto que esta puede causar para las demás especies.

5. DISCUSIÓN

La presente discusión se ha estructurado en torno a cuatro puntos, a saber: i) la importancia de la planificación ecológica, ii) la planificación ecológica local y dinámicas geoespaciales en el periurbano de Curicó, iii) algunas reflexiones sobre la metodología utilizada y iv) trayectoria y proyección de estudios en planificación ecológica en Chile.

5.1. La importancia de la planificación ecológica

De acuerdo con el Sexto Informe Nacional de Biodiversidad de Chile (MMA, 2019) la planificación ecológica es un instrumento que puede contribuir significativamente a mitigar las presiones existentes sobre los ecosistemas tales como el cambio de uso de suelo y la sobreexplotación de los recursos naturales para el desarrollo productivo. La misma institución reconoce que la planificación ecológica es un aporte desde y para el ordenamiento territorial (OT), ya que funciona como herramienta donde convergen aspectos ambientales, económicos y socioculturales propios de un territorio en el proceso de planificación y zonificación de los usos de suelo (MMA, 2019). Asimismo, se reconoce su carácter indicativo, donde se sugiere que sus contenidos sean incorporados en los diversos instrumentos de

regulación urbana y planificación del territorio, (Salas, 2002).

Una manera que la planificación ecológica tenga un respaldo, puede ser a través la formalización de una norma nacional de OT, que unifique y regule los instrumentos existentes en esta materia, tanto a nivel local, regional y nacional. En esta línea, es fundamental generar instrumentos de acción pública (Halpern et al, 2019) que se complementen tanto en sus lineamientos de desarrollo territorial (PLADECO), en la urbanización (PRI / PRC) así como con la conservación, protección y regulación de los espacios rurales y periurbanos, lo cual puede contribuir a la planificación ecológica. Por otra parte, se considera que la planificación ecológica debe ser una base para la evaluación ambiental estratégica (EAE), de planes y programas que vayan acorde a objetivos ambientales y además como marco de referencia para la evaluación de impacto ambiental (EIA) de proyectos. Esto permitirá mejorar la evaluación de los proyectos en una fase temprana, para así repensar las localizaciones propuestas y los principales impactos potenciales resultantes.

Otro punto clave a destacar tiene relación con la planificación ecológica a escala local, ya que el desarrollo de una propuesta de este tipo permitirá el fortalecimiento del gobierno local y ciudadano. Un propósito que se puede alcanzar se relaciona con el avance en materias de protección de los recursos naturales presentes y los servicios ecosistémicos asociados. A continuación se destaca su aporte para el periurbano de la ciudad de Curicó.

5.2. La planificación ecológica local y dinámicas geoespaciales en el periurbano de Curicó

Una de las constataciones que se puede realizar en la presente investigación tiene relación con la necesaria aplicación de la planificación ecológica en Curicó. Como menciona Parra Escobar (2019), en el área urbana y periurbana se aprecia una notable expansión urbana y agrícola hacia áreas rurales, lo que conlleva como consecuencia un deterioro del medioambiente, tal como fue mencionado en la problemática. Por lo tanto es necesario incorporar una planificación territorial que vaya acorde a las características ambientales, planteando así que esta propuesta de planificación ecológica sirva como insumo para que se

resguarden y sean restaurados aquellos ecosistemas fragmentados en el área de estudio.

Dentro del mismo estudio, Parra Escobar (2019) identifica a Curicó como un territorio de vocación agrícola y que funciona como sistema de centros poblados que se cooperan entre sí, pero con una tendencia al deterioro progresivo de las condiciones de expansión urbana hacia áreas rurales. Allí se postula como indispensable la aplicación de medidas de gestión territorial apunten al equilibrio sustentable donde se proteja los cursos de agua y el suelo agrícola. Considerando esas observaciones, el presente artículo incorpora sus sugerencias mediante una metodología de planificación ecológica.

Por otra parte, en el estudio modificación del PRC de Curicó, realizado por SURPLAN, Urbanismo y Territorio (2021), se identifican conflictos asociados a la disponibilidad de aguas para riego, a la producción energética y otros relacionados con los Instrumentos de Regulación Urbana (Ubilla-Bravo & Chia, 2021) como el PRC.

En este caso hay situaciones donde las zonas de usos de suelo son destinadas al desarrollo agropecuario y sin embargo no pueden ser incorporadas con sus construcciones complementarias industriales, como por ejemplo el sector Zapallar-Los Niches, en el este del periurbano de Curicó. Además, en el mismo estudio (SURPLAN, Urbanismo y Territorio, 2021) se identifica deficiencias en cuanto a la actualización del PRC debido a la discusión prolongada para su aprobación, ya que se supedita a decisiones políticas y económicas que favorecen el cambio de uso de suelo promovido por el Decreto Ley 3.516 (1980).

Considerando las dinámicas geoespaciales expuestas en los párrafos anteriores, una propuesta basada en la planificación ecológica (Salas, 2002) sirve como insumo para la construcción de los instrumentos de planificación territorial en el área periurbana de Curicó.

Junto con ello también contribuye a la reflexión y planificación de los usos del territorio, para que estos se propongan de manera armónica con el medioambiente. Asimismo, cabe destacar que los resultados obtenidos pueden servir de insumos para realizar recomendaciones en políticas, planes y/o programas de ordenamiento territorial a nivel comunal (Salas, 2002).

5.3. Algunas reflexiones sobre la metodología utilizada

Respecto de la metodología utilizada, en la presente investigación se pueden plantear tres ideas. La **primera idea** ratifica el uso y vigencia de la planificación ecológica cuya base en Chile se encuentra en la guía desarrollada por Agencia de Cooperación Técnica Alemana, el Gobierno Regional Metropolitano de Santiago y la Universidad de Chile (Salas, 2002). En el caso de esta investigación se propusieron demandas territoriales que se relacionan con las medidas o requerimientos ambientales a los usos del territorio. En este punto, cabe destacar que se recogió la opinión de ocho actores clave del ámbito local, que permitió integrar el conocimiento del territorio y así contribuir a la idoneidad de la toma de decisiones para la satisfacción de las necesidades y prioridades locales (Reed, 2008).

La **segunda idea** trata sobre la localización geoespacial de las demandas territoriales de acuerdo a distintos subsistemas planteados por Ubilla-Bravo & Galdámez (2015). En este punto se sostiene que fue difícil representar la información geoespacial en los mapas (cf. figuras 2, 3 y 4), y esto constata el grado de subjetividad que tienen los resultados del presente artículo. En este sentido, se promueve que en nuevas instancias se realicen talleres donde otros actores intercambien opiniones para desarrollar validaciones en conjunto, usando técnicas de recolección de datos con participación ciudadana más extensa, como por ejemplo el caso desarrollado por Ubilla-Bravo & Galdámez (2015) a nivel regional. Sin perjuicio de lo anterior, en el presente artículo se valora la diversidad de la participación con los entrevistados en la investigación, donde hubo diferencias como el caso de la DIDECO.

A modo complementario, esta investigación también consideró las reflexiones de Gil Grandett & Gómez Ayola (2020), quienes proponen la realización de una cartografía participativa, la cual es técnica que consiste en plasmar espacialmente los conocimientos y requerimientos de la población en base a cartografías o imágenes satelitales a escala local, los que luego podrán servir como insumos en la planificación del territorio.

La **tercera idea** se refiere a la consideración de la localización *ex situ* de las demandas territoriales en futuros estudios. En este sentido se apreciaron propuestas de demandas que se ubican fuera de

los límites del área de estudio. En consecuencia, se sugiere ampliar el área de estudio y trabajar en conjunto a otros municipios aledaños, para así implementar la planificación ecológica en área intercomunal e incluir propuestas a la modificación del PRI que involucra a las comunas de Curicó, Rauco, Teno, Sagrada Familia y Molina (en trámite).

5.4. Trayectoria y proyección de estudios en planificación ecológica en Chile

Tal como se señaló en la introducción, en Chile se han impulsado iniciativas asociadas a la planificación ecológica. La primera fue el trabajo impulsado por la Agencia de Cooperación Técnica Alemana, el Gobierno Regional Metropolitano de Santiago y la Universidad de Chile quienes diseñaron la Guía Metodológica de Planificación Ecológica. Esta sirvió para orientar las tareas de planificación ecológica a nivel regional e intercomunal, siendo el primer ejemplo y caso pionero el Proyecto OTAS para la Región Metropolitana de Santiago (Salas, 2002).

Desde el punto de vista de la institucionalidad pública, posterior al Proyecto OTAS se han desarrollado otras actividades similares en Chile, poniendo el énfasis en servicios ecosistémicos e infraestructura ecológica a nivel regional. Cabe destacar que la institución que debe liderar en el acompañamiento de esta línea es el Ministerio de Medioambiente, ya que en la Ley 20.417 (2010), específicamente en su artículo 70 introdujo lo siguiente: "i) Proponer políticas y formular planes, programas y acciones que establezcan los criterios básicos y las medidas preventivas para favorecer la recuperación y conservación de los recursos hídricos, genéticos, la flora, la fauna, los hábitats, los paisajes, ecosistemas y espacios naturales, en especial los frágiles y degradados, contribuyendo al cumplimiento de los convenios internacionales de conservación de la biodiversidad".

Desde un punto de vista académico se pueden destacar una línea de trabajo en planificación ecológica local, basada en trabajos de memorias de título. En general se aprecia que todas ellas utilizan como método base el trabajo publicado por Salas (2002) con las cuatro etapas propuestas, desarrollado en el marco del Proyecto OTAS para la Región Metropolitana de Santiago (Contreras Alonso et al., 2005). Pero cabe señalar que cada caso tomó ciertos focos o priorizaciones de trabajo distinto. De este modo, Valenzuela Cordero (2021)

aplicó una mirada ligada a la gestión del agua para la cuenca de Aculeo, considerando que hace algunos años atrás esta laguna se secó por completo y que la recuperación del agua se debió al aumento de precipitaciones entre 2021 y 2024.

Entre otros casos y adaptaciones, Ruiz Silva (2010) privilegió la realización de una zonificación de los usos de suelo del territorio, con el fin de proponer especificaciones normativas para cada uno de ellos en la laguna del Maule. Zamorano Sandoval (2022) realizó un trabajo similar, ya que propuso áreas de gestión territorial para el sector poniente de Machalí, las cuales orientan acciones según la información de las necesidades y problemáticas generales y específicas del territorio.

Finalmente, un estudio que se basó en demandas territoriales de actores claves y propuso subsistemas al igual que el presente artículo es el de Carrasco Limpayante (2023), aquí también se basó en un área periurbana donde se identificaron acciones para mejorar las condiciones ecológicas de una zona con alta presión humana asociada a las actividades inmobiliarias y turísticas. Con estos trabajos se demuestra que las propuestas de planificación ecológica pueden adecuarse a diferentes contextos y escalas tales como local o comunal, a nivel de cuenca y/o regional.

A modo de cierre de esta discusión se propone el fortalecimiento del conocimiento de la comunidad y su participación en la planificación ecológica.

6. CONCLUSIONES

En la presente investigación se realizó una propuesta de medidas y requerimientos ambientales para el área periurbana de la ciudad de Curicó, en el marco de la Planificación Ecológica. El objetivo de esta investigación se llevó a cabo satisfactoriamente mediante la participación de actores clave en el territorio, quienes plantearon sus demandas territoriales.

Los principales resultados se estructuraron en torno a tres subsistemas que contienen elementos básicos para avanzar hacia una planificación ecológica del territorio. De esto se desprende una diversidad de acciones a considerar para el área periurbana de Curicó cuyo cumplimiento se debe asociar a los instrumentos de acción pública en el territorio, como por ejemplo el Plan Regulador Comunal.

La propuesta de esta investigación apunta a la conservación, protección y regulación de los espacios en el periurbano de Curicó teniendo presente las necesidades y prioridades locales.

Tal como fue mencionado anteriormente, es fundamental que la planificación ecológica sea plasmada dentro de un sistema público de Ordenamiento Territorial, como una herramienta fundamental para la gestión de los territorios.

A modo de cierre, se recomienda incorporar una línea de trabajo de planificación ecológica a una escala intercomunal, promoviendo así un trabajo en conjunto entre varios municipios. Todo ello teniendo en consideración los ecosistemas presentes y las demandas territoriales de las comunidades locales.

7. REFERENCIAS

Carrasco Limpayante, F. (2023). Propuesta de una planificación ecológica para el área periurbana de la ciudad de Panguipulli [Memoria para obtención título Ingeniero en Recursos Naturales Renovables]. Universidad de Chile.

Castro, C. & Brignardello, L. (2005). Geomorfología aplicada a la ordenación territorial de litorales arenosos. Orientaciones para la protección, usos y aprovechamiento sustentables del sector de Los Choros, comuna de La Higuera, IV Región. *Revista de Geografía Norte Grande*, (33). <http://revistanortegrande.uc.cl/index.php/RGNG/article/view/43669>

CE & CEMAT. (1983). Charte européenne de l'aménagement du territoire. <https://www.coe.int/fr/web/conference-ministers-spatial-planning/6th-cemat>

CONAMA Chile, CONAF Chile, SAG Chile, INIA, DGA Chile, SERNAPESCA Chile, UTAL & UCM. (2002). Estrategia y plan de acción para la biodiversidad en la VII Región del Maule. https://metadatos.mma.gob.cl/sinia/articles-37025_pdf_maule.pdf

Contreras Alonso, M., Opazo, D., Núñez Pino, C. & Ubilla Bravo, G. (2005). Informe Final del Proyecto "Ordenamiento Territorial Ambientalmente Sustentable" (OTAS). Gobierno Regional Metropolitano de Santiago, Universidad de Chile y Agencia Técnica Alemana. <https://doi.org/10.13140/2.1.1393.2801>

Decreto No 44 (2019). Establece Plan de Descontaminación Atmosférica para el Valle Central de la Provincia de Curicó. <https://bcn.cl/3anpd> [consulta: 6 junio 2024].

Decreto ley (DL) No 3.516 (1980). Establece Normas sobre División de Predios Rústicos (1980). <http://bcn.cl/1m38w> [consulta: 23 marzo 2024]

Espinoza Lizama, C. (2018). Los instrumentos de planificación territorial (IPT) y su aporte al ordenamiento sostenible del territorio. *Tiempo y Espacio*, (41). <https://doi.org/10.22320/rte.vi41.3984>

Galiana, L. & Vinuesa Angulo, J. (2010). Capítulo 1. Definición y evolución del concepto y de su práctica. En L. Galiana & J. Vinuesa Angulo (Eds.), *Teoría y práctica para una ordenación racional del territorio* (pp. 21–43). Editorial Síntesis S.A.

Gil Grandett, N. I. & Gómez Ayola, J. I. (2019). La cartografía participativa como herramienta para la acción política, dos estudios de caso en espacios rurales y urbanos en Colombia. *Cardinalis*, (12). <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/cardii/article/view/24984>

Halpern, C., Lascoumes, P. & Le Galès, P. (2019). Instrument. En *Dictionnaire des politiques publiques* (5ª ed., pp. 321–330). Presses de Sciences Po. <https://doi.org/10.3917/scpo.bouss.2019.01.0321>

Hanna, E., Felipe-Lucia, M. R. & Comín, F. A. (2024). Scenario Analysis of Green Infrastructure to Adapt Medium-Size Cities to Climate Change: The Case of Zaragoza, Spain. *Land*, 13(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/land13030280>

Ilustre Municipalidad (IM) de Curicó de Curicó & Oliva Catalán, C. (2017). Informe Final: "Actualización Plan de Desarrollo Comunal Curicó" 2017-2024. <https://www.goremaule.cl/goremauleVII/wp-content/uploads/2024/04/CURICO-PLADECO-2017-2024.pdf>

Instituto Nacional de Estadísticas (INE) Chile. (2019). División Política Administrativa y Censal. Región del Maule (División Política Administrativa y Censal).

<https://geoarchivos.ine.cl/File/pub/poblaci%C3%B3n-y-vivienda-maule.pdf>

Ley No 20.417 (2010). Crea el Ministerio, el Servicio de Evaluación Ambiental y la Superintendencia del Medio Ambiente (2010). <http://bcn.cl/1m0h6> [consulta: 22 marzo 2024].

Méndez Seydewitz, A. F. (2009). Globalización económica y sus efectos en la sociogeografía de una ciudad intermedia: — Caso de estudio: Curicó [Memoria para obtención título Geógrafo, Universidad de Chile]. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/100129>

Ministerio del Medio Ambiente (MMA) Chile. (2019). Sexto Informe Nacional de Biodiversidad de Chile: Elaborado en el marco del Convenio sobre la Diversidad Biológica (A. Figueroa, D. Moya R, J. Treimun R, J. Ferreyra Bucarey, C. Romero C, & N. Montenegro Varela, Eds.). https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/01/6NR_FINAL_ALTA-web.pdf

Montenegro, I. & Farías, A. (2012). *Ordenamiento territorial en el sur de Chile. Experiencia de WWF con pueblos indígenas y comunidades locales*. WWF. https://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/ineamientos_de_ordenamiento_territorial_en_el_sur_de_chile_experiencia_de_wwf_con_pueb.pdf

Parra Escobar, S. (2019). Plan de fortalecimiento del sistema integrado de centros poblados de Curicó, Región del Maule, Chile [Trabajo de grado para Máster, Universidad Viña del Mar]. <https://repositorio.uvm.cl/server/api/core/bitstream/s/6b15cee2-d080-4cbf-afb7-248252edeecd/content>

Reed, M. S. (2008). Stakeholder participation for environmental management: A literature review. *Biological Conservation*, 141(10). <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.07.014>

Ribeiro Franco, M. de A. (2010). Infraestructura Verde em São Paulo: O caso do Corredor Verde Ibirapuera-Villa Lobos. *Revista LABVERDE* (1). <https://doi.org/10.11606/issn.2179-2275.v0i1p135-154>

Ruiz Silva, C. I. (2010). Propuesta de planificación ecológica para el sector Laguna del Maule y el

corredor Pehuenche en relación a la ruta Internacional 115-CH, comuna de San Clemente, Región del Maule [Memoria para obtención título Geógrafo, Universidad de Chile].

Salas, E. (2002). Planificación Ecológica del Territorio, Guía Metodológica (M. P. Rossetti Gallardo & L. Drewski, Eds.). Gobierno Regional Metropolitano de Santiago, Universidad de Chile y Agencia Técnica Alemana.

Sánchez Ulloa, R. (2001). *Ordenamiento Territorial*. Agencia de Cooperación del IICA en Chile. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/9139>

Sucoshañay-Villalba, D. J., Gutiérrez-Hernández, J. E. & García-Rivero, A. E. (2021). Diagnóstico ambiental integrado de la cuenca del río Puyo, Ecuador. *Revista Geográfica Venezolana*, 62(2). <https://doi.org/10.53766/RGV/2021.62.02.03>

SURPLAN Urbanismo & Territorio. (2021). Informe Etapa VI: Anteproyecto. Estudio “Modificación Plan Regulador Comunal de Curicó” Versión 04. https://eae.mma.gob.cl/storage/documents/04_Anteproyecto_Ordenanza_PRC_Curico.pdf.pdf

Ubilla Bravo, G. (2008). Diagnóstico y Propuesta de Ordenamiento Territorial para la Comuna de Melipilla, Región Metropolitana de Santiago-Chile. *Revista Geográfica de Chile Terra Australis* (51–52). <https://doi.org/10.13140/2.1.1679.8088>

Ubilla Bravo, G. & Galdámez Roco, E. (2015). Unidades de gestión territorial, medidas y requerimientos a los usos del territorio, según división política-administrativa. Región Metropolitana de Santiago (Plan Regional de Ordenamiento Territorial de la Región Metropolitana de Santiago. Etapa 3: Propuesta del PROT RMS, p. 62) [Informe de investigación]. Gobierno Regional Metropolitano de Santiago. <https://doi.org/10.5281/zenodo.47219>

Ubilla-Bravo, G. (2020). Rururbanización, suburbanización y reconcentración de la tierra: Efectos espaciales de instrumentos rurales en las áreas periurbanas de Chile. *AGER. Revista de Estudios sobre Despoblación y Desarrollo Rural*, (28). <https://doi.org/10.4422/ager.2019.07>

Ubilla-Bravo, G. & Chia, E. (2021). Construcción del periurbano mediante instrumentos de regulación

urbana: Caso de ciudades intermedias en la Región Metropolitana de Santiago-Chile. Cuadernos Geográficos, 60(2).
<https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v60i2.8701>

Ubilla-Bravo, G. (2024). A Geospatial Model of Periurbanization—The Case of Three Intermediate-Sized and Subregional Cities in Chile. *Land*, 13(5).
<https://doi.org/10.3390/land13050694>

Valenzuela Cordero, J. (2021). Evaluación integrada de la cuenca de Aculeo, con base en una planificación ecológica del territorio [Memoria para obtención título Ingeniero en Recursos Naturales Renovables, Universidad de Chile]

Zamorano Sandoval, P. (2022). Propuesta de Planificación Ecológica para el sector poniente de Machalí [Memoria para obtención título Ingeniero en Recursos Naturales Renovables, Universidad de Chile].

Zhao, L., Shi, Z., He, G., He, L., Xi, W. & Jiang, Q. (2023). Land Use Change and Landscape Ecological Risk Assessment Based on Terrain Gradients in Yuanmou Basin. *Land*, 12(9).
<https://doi.org/10.3390/land12091759>