UNIVERSIDAD DE CHILE

Facultad de Ciencias Forestales

Magíster en Áreas Silvestres y Conservación de la Naturaleza

COMPONENTES LINEALES DEL PAISAJE REGIONAL DE SANTIAGO EN SU POTENCIAL PARA SOSTENER FUNCIONES ECOSISTÉMICAS

Proyecto de grado presentado como parte de los requisitos para optar al grado de Magíster en Áreas Silvestres y Conservación de la Naturaleza

ANDRÉS FELIPE RIVEROS CRISTOFFANINI

Arquitecto

SANTIAGO, CHILE
Mayo de 2019

HOJA DE APROBACIÓN PROYECTO DE GRADO

Tesis presentada como parte de los requisitos para optar al grado de Magíster en Áreas Silvestres y Conservación de la Naturaleza.

Profesor(a) Guía	Nombre	ALEXIS VÁSQUEZ
	Nota	
	Firma	
Profesor(a) Consejero(a)	Nombre	JAIME HERNÁNDEZ
	Nota	
	Firma	
Profesor(a) Consejero(a)	Nombre	CARMEN LUZ DE LA MAZA
	Nota	
	Firma	

AGRADECIMIENTOS

Agradecer en primer lugar a Alexis Vásquez, quien ha sido mucho más que un profesor guía en este trabajo de investigación.

Agradecer a la divinidad, mi familia y muy especialmente a mi mujer, por el infinito apoyo y paciencia durante este proceso.

Agradecer a FONDECYT, en particular, al Proyecto 1130311 “Corredores verdes urbanos multifuncionales: conectando naturaleza y comunidades” por financiar este trabajo y darle un marco de contenidos y colaboración más amplio que el de una investigación aislada.

Agradecer a todo el equipo de Corredores Verdes y del Laboratorio de Medio Ambiente y Territorio de la Universidad de Chile, muy especialmente a Felipe Aguirre y Dustyn Opazo por sus grande atenciones y apoyo en SIG.

Agradecer a todos los académicos que aceptaron contribuir con sus opiniones y evaluaciones en este trabajo: Pamela Smith, Cynnamon Dobbs, Sonia Reyes, Alexis Vásquez, Jaime Hernández, Jorge Pérez y Francisco de la Barrera.

Agradecer a mis amigos, quienes me brindaron su ayuda con revisiones y retroalimentación; muy especialmente a Daniel Opazo y a Alejandro Sánchez, biólogos generosos con su tiempo y conocimiento.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. **INTRODUCCIÓN** ……**1**

1.1. Objetivos ……..**5**

1.1.1. Objetivo general ……**5**

1.1.2. Objetivos específicos ……**5**

2. **REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA** ……..…**6**

2.1. Infraestructura verde como enfoque de planificación y diseño ……..**6**

2.1.1. Corredores verdes como estrategia de planificación territorial ……..**7**

2.1.2. Componentes lineales del paisaje como base para el desarrollo de corredores verdes ……..……..……..……..……..**9**

2.2. Funciones ecosistémicas y corredores verdes ……..……**10**

2.2.1. Evaluación de funciones ecosistémicas y su aplicación en planificación territorial ……..……..……..……..…..……**13**

2.3. Aspectos normativos de planificación territorial ……..……**13**

2.3.1. Aspectos normativos sobre la planificación territorial en la RM de Santiago **16**

2.3.2. Aspectos normativos sobre la planificación de espacios verdes en la RM de Santiago ……..……**17**

3. **MATERIALES Y MÉTODOS**……..**20**

3.1. Descripción del Área de Estudio ……**20**

3.2. Identificación y caracterización de los tipos de componentes lineales del paisaje ……..……..……..……..……**22**

3.2.1. Componentes lineales del paisaje en base a polígonos ……..**24**

3.2.2. Componentes lineales del paisaje en base a líneas ……..……**25**

3.3. Análisis de los componentes lineales del paisaje en su potencial para sostener funciones ecosistémicas ……..……..……..……...**26**

3.3.1. Instrumento de análisis ……..……..……...**27**

3.3.2. Análisis de la evaluación de funciones ecosistémicas en los componentes lineales del paisaje ……..……..……..…….**31**

3.3.3. Representación espacial del potencial de los componentes lineales del paisaje para sostener funciones ecosistémicas ……..……..……**33**

4. **RESULTADOS** ……..……..……..……..**34**

4.1. Componentes lineales del paisaje de la RM de Santiago……... ……..**34**

4.1.1. Identificación de los componentes lineales del paisaje …….**34**

4.1.2. Caracterización espacial de componentes lineales del paisaje ……...**40**

4.1.3. Caracterización individual de los componentes lineales del paisaje a escala de ciudad ……..……..……..……..……**46**

4.2. Evaluación de los componentes lineales del paisaje para sostener funciones ecosistémicas ……..……..……..…….**55**

5. **DISCUSIÓN** ……..……..……..……...**64**

5.1. Identificación y caracterización de los componentes lineales del paisaje ……..**64**

5.1.1. Usos de suelo nominales ……..……..……...**66**

5.1.2. Ancho de protección de los componentes lineales del paisaje ……**67**

5.1.3. Caracterización espacial de los componentes lineales del paisaje ……**68**

5.2. Componentes lineales del paisaje en su potencial para sostener funciones ecosistémicas ……..……..……..……..……...**70**

6. **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES** ……..……**82**

7. **BIBLIOGRAFÍA** ……..……..……..……**86**

8. **ANEXOS** ……..……..……..……..……..**94**

8.1. Anexo 1: Lista y referencias de los entrevistados ……..……..……..**94**

8.1.1. Alexis Vásquez (alexvasq@u.uchile.cl) ……..……....**94**

8.1.2. Cinnamon Dobbs (cdobbsbr@gmail.com) ……..……..……..**96**

8.1.3. Francisco de la Barrera (fdelabarrera@gmail.com) ……..……**98**

8.1.4. Jaime Hernández Palma (jhernand@uchile.cl) ……..……**99**

8.1.5. Jorge Pérez (jorgepq@uchile.cl) ……..……..……**101**

8.1.6. Pamela Smith Guerra (pamelasmit@uchilefau.cl) ……..……**102**

8.1.7. Sonia Reyes (sonia.reyes@uc.cl) ……..……..……..**104**

8.2. Anexo 2: Instrumento de evaluación utilizado por los expertos para evaluar el potencial de los CLPs para sostener funciones ecosistémicas ……**106**

8.3. Anexo 3: Tabla resumen con todas las evaluaciones de expertos ..……**119**

8.4. Anexo 4: Mapa de los componentes lineales del paisaje a escala regional **121**

8.5. Anexo 5: Mapa de los componentes lineales del paisaje a escala de ciudad .**122**

8.6. Anexo 6: Mapa del PGFEs en los CLPs a escala de ciudad ……**123**

8.7. Reflexiones sobre las funciones ecosistémicas en los componentes lineales del paisaje ……..……..……..……**127**

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Funciones comúnmente asociadas a los corredores verdes: (a) hábitat, (b) conducción, (c) barrera, (d) filtro, (e) recursos y (f) sumidero. Tomado de Hellmund y Smith, 2006. ..... **8**

Figura 2: Esquema conceptual que describe la relación secuencial entre componentes del paisaje, funciones ecosistémicas, servicios ecosistémicos y beneficios sociales. Adaptado de Haines-Young y Potschin, 2013. ..... **11**

Figura 3: Área de estudio en sus dos escalas de observación: regional (línea negra continua) y de ciudad (zona achurada en diagonal). **22**

Figura 4: Secuencia metodológica para análisis de los CLPs en su potencial para sostener funciones ecosistémicas. Elaboración propia. **26**

Figura 5: Ejemplo de ficha de evaluación utilizada para las entrevistas. **31**

Figura 6: Gráficos radiales explicativos sobre la estimación del *potencial global para sostener funciones ecosistémicas* (PGFE) de los componentes lineales del paisaje (CLPs). **33**

Figura 7: Ancho de protección para cada tipo de CLP. Las barras azul obscuro indican el máximo ancho de protección y las celeste el mínimo. Los puntos negros indican el ancho de protección con que se representaron los CLPs en el instrumento de evaluación. **38**

Figura 8: Mapa de los componentes lineales del paisaje a escala regional. **42**

Figura 9: Mapa de los Componentes Lineales del Paisaje a escala de ciudad. **45**

Figura 10: Fotos de los ríos Mapocho (izquierda) y Maipo (derecha). **47**

Figura 11: A la izquierda, canal Lo Espejo en la comuna de San Bernardo. A la derecha, canal Las Perdices en una de sus secciones que corre bajo el pavimento, comuna de La Reina. **48**

Figura 12: A la izquierda: Parque Canal San Carlos en la intersección con Av. Grecia. A la derecha, Parque Estero Colina, en la comuna de Colina (Tomada de www.miparque.cl, septiembre de 2016). **49**

Figura 13: Izquierda: Av. Pie Andino, Comuna de Lo Barnechea. Derecha: Av. Pdte. Eduardo Frei Montalva, Comuna de Conchalí. **50**

Figura 14: Izquierda: Parque Natural Quebrada de Macul, ubicado en la comuna de La Florida. A la derecha, Parque Quebrada Las Hualtatas en la comuna de Lo Barnechea. **51**

Figura 15: Aguas provenientes del Parque Natural Aguas de Ramón en su intersección con avenida Monseñor Edwards, comuna de La Reina. **52**

Figura 16: Izquierda: Área verde asociada a la línea de transmisión en Av. Las Torres, comuna de Macul. Derecha: Av. Cuarto Centenario, Comuna de Las Condes, en un tramo donde su área verde asociada se entregó a vialidad. **53**

Figura 17: A la izquierda: Avenida Américo Vespucio en la comuna de los Espejo. A la derecha: Autopista del Sol (ruta 78) que destaca por su bandejón central poblado de pimientos (*Schinus molle*). **54**

Figura 18: Izquierda: Línea del tren en la comuna de Quinta Normal, intersección con Av. Carrascal. Derecha: Línea del tren en la intersección de Tres Puentes con Del Ferrocarril, comuna de Maipú. **55**

Figura 19: Gráfico comparativo de los CLPs y su potencial para sostener funciones ecosistémicas, agrupados por categorías. A la izquierda, cursos de agua, al medio, áreas verdes, a la izquierda, infraestructura metropolitana. **58**

Figura 20: Potencial global para sostener funciones ecosistémicas (PGFE) de cada CLPs, ordenandos descendentemente según su potencial. **59**

Figura 21: Mapa del potencial global para sostener funciones ecosistémicas (PGFE) de los componentes lineales del paisaje. 60

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Componentes lineales del paisaje reconocidos en la literatura como espacios de oportunidad para el desarrollo de corredores verdes. Modificado de Landscape Institute, 2009. ..... **10**

Tabla 2: Funciones ecosistémicas y sus descripciones. Figuras obtenidas del Manual para Ciudades del TEEB, 2010..... **12**

Tabla 3: Tabla utilizada por los expertos para la evaluación de los CLPs en su potencial para sostener FEs, en base a los escenarios urbanos propuestos para cada CLP. **28**

Tabla 4: Componentes lineales del paisaje (CLPs) a escala regional y de ciudad..... **34**

Tabla 5: Componentes lineales del paisaje identificados en los IPTs y su descripción. **35**

Tabla 6: Usos de suelo y equipamiento designado para cada tipo CLPs. **37**

Tabla 7: Métricas principales de los CLPs a escala regional. **40**

Tabla 8: Métricas principales de los componentes lineales del paisaje a escala de ciudad. **43**

Tabla 9: Tabla resumen del potencial de los CLPs para sostener funciones ecosistémicas. **55**

Tabla 10: Varianza entre las evaluaciones emitidas por el grupo de expertos consultados. **56**

ABREVIATURAS

AV	: Área verde
ADY	: Adyacente
CLP	: Componente Lineal del Paisaje
CICES	: Common International Classification of Ecosistem Services
CV	: Corredor Verde
EV	: Espacio Verde
FE	: Funciones Ecosistémicas
FEP	: Funciones Ecosistémicas Potenciales
GORE	: Gobierno Regional
Ha	: Hectárea
IPT	: Instrumento de Planificación Territorial
IV	: Infraestructura Verde
LGUC	: Ley General de Urbanismo y Construcciones
MINVU	: Ministerio de Vivienda y Urbanismo
MMA	: Ministerio del Medio Ambiente
m	: Metro
N°	: Número
OLGUC	: Ordenanza de la Ley General de Urbanismo y Construcciones
OPRMS	: Ordenanza del Plan Regulador Metropolitano de Santiago
PGFE	: Potencial global para sostener Funciones Ecosistémicas
PRMS	: Plan Regulador Metropolitano de Santiago
RM	: Región Metropolitana
Kv	: Kilo Volts
km	: Kilómetros
SMAVR	: Sistema Metropolitano de Áreas Verdes y Recreación
SE	: Servicio Ecosistémico
SEREMI	: Sub-Secretaria Regional Ministerial
SIC	: Sistema Interconectado Central
SIV	: Sistema de Infraestructura Verde
SNAPE	: Sistema Nacional de Áreas Protegidas por el Estado
TEEB	: The Economics of Ecosystems and Biodiversity

RESUMEN

La humanidad está ingresando en una nueva era urbana que impacta con fuerza la ecología global del planeta. Esta situación plantea la necesidad de planificar y diseñar entornos urbanos que optimicen su funcionamiento ecológico. El enfoque propuesto por la infraestructura verde, y especialmente el de corredores verdes, emerge como un marco capaz de contribuir estratégicamente a este nuevo desafío.

Este trabajo identifica y analiza los componentes lineales del paisaje (CLPs) en la Región Metropolitana de Santiago (RM), evaluando su potencial para sostener funciones ecosistémicas (FEs) y discutiendo lineamientos de planificación y diseño urbano para su conservación.

En primer lugar, se realizó un análisis de los Instrumentos de Planificación Territorial (IPTs) para identificar y caracterizar los CLPs. Luego, estos fueron analizados considerando su potencial para sostener FEs por medio de entrevistas a expertos y el diseño de escenarios en base a criterios de infraestructura verde. Los escenarios corresponden a condiciones físicas de los CLPs, tales como cobertura y composición vegetacional, equipamiento, superficie impermeable y usos de suelo, entre otros.

Se observa una red compuesta por 8 tipos de CLPs que surgen asociados a franjas de protección de cursos de agua, infraestructura metropolitana y áreas verdes lineales. Se estima que en total corresponden a 6.138 km lineales y 101.746 ha de superficie. A su vez, los CLPs presentan un potencial variable para sostener FEs, destacando los cursos de agua y áreas verdes lineales como los mejores prospectos para el desarrollo de corredores verdes debido a su alto potencial para sostener FEs. De este modo, surgen ámbitos de oportunidad para contribuir en el funcionamiento ecológico y la conservación de la naturaleza de la RM bajo el enfoque de corredores verdes.

PALABRAS CLAVE: Infraestructura Verde, Corredores Verdes, Planificación Territorial, Instrumentos de Planificación Territorial, Funciones Ecosistémicas, Diseño Urbano.

SUMMARY

Humanity is entering a new urban era that strongly affects the global ecology of the planet. This situation raises the challenge of planning and designing urban environments that recognize and integrate ecological processes in a better way. The approach posited by green infrastructure, especially greenways, surfaces as a framework capable of supporting strategies to address new challenges.

This research identifies and analyzes the linear components of the landscape (CLP) in the Metropolitan Region of Santiago (RM), evaluating its potential to sustain ecosystem functions (FEs), and discusses planning and urban design features in the service of nature conservancy.

In the first place, the Territorial Planning Instruments of RM were analyzed to identify and characterize the CLPs. Next, these CLPs were analyzed considering their potential to sustain FEs by conducting interviews with experts and designing different scenarios under the green infrastructure criteria.

A network composed of eight types of CLPs was observed in the RM associated with protection strips over watercourses, metropolitan infrastructure and linear green areas. We estimate that they cover in total 6.138 km and 101.746 hectares. These CLPs present a variable potential to sustain FEs, where we highlight watercourses and linear green areas as the best prospects for the development of green corridors due to their high potential to sustain FEs. In this manner, we highlight how opportunities arise that contribute to ecological functioning and the nature conservancy in the RM under the green corridor perspective.

KEY WORDS: Green Infrastructure, Green Corridors, Territorial Planning, Urban Design, Territorial Planning Instruments, Ecosystem Functions.

1. INTRODUCCIÓN

> *"El entendimiento de las ciudades como complejos sistemas socio-ecológicos acoplados pone de manifiesto la imposibilidad de desconocer los procesos ecológicos en la construcción de un proyecto sustentable de ciudad" (Vásques, 2016, p63).*

La humanidad está ingresando en una nueva era urbana la cual conlleva fuertes implicancias en la ecología global del planeta (Elmqvist *et al.,* 2015). Como nunca, el ser humano habita mayoritariamente en ciudades y se proyecta que lo hará cada vez más (United Nations, 2014). Si bien la superficie de suelo urbano cubre alrededor del 1% de la superficie continental (Schneider *et al.,* 2010); las ciudades constituyen centros cruciales en el funcionamiento ecosistémico global y local, por cuanto generan una huella ecológica que supera con creces la extensión misma de las ciudades (Gómez-Baggethun y Barton, 2013). Por lo tanto, las áreas urbanas son un nexo clave entre humanidad y naturaleza (Elmqvist *et al.,* 2015; Schneider *et al.,* 2010).

Adicionalmente, el desarrollo urbano es una de las formas más perturbadoras e irreversibles de modificación de la superficie terrestre (Seto *et al.,* 2012). En términos ambientales generales, las urbanizaciones implican pérdida y fragmentación de hábitat, impermeabilización de los suelos, introducción de especies exóticas, disminución de biodiversidad, enormes consumos de energía y sobre producción de residuos contaminantes (Seto *et al.,* 2011; Schneider *et al.,* 2010).

Es así como las áreas urbanas plantean al mismo tiempo el desafío y la oportunidad de ser planificadas y diseñadas de manera sensible con el sistema ecológico en que se sitúan. Por lo mismo, la conservación y restauración de funciones ecosistémicas en contextos urbanos es clave, por cuanto reduce *"las deudas ecológicas de las ciudades al tiempo que mejoran la salud y calidad de vida de sus habitantes*" (Gómez-Baggethun y Barton, 2013 p.235).

Dentro del complejo mosaico territorial que exhiben los contextos urbanos y sus periferias, destacan los espacios verdes y abiertos como los elementos que ofrecen mayores oportunidades para el despliegue de funciones ecosistémicas (Díaz y Armesto, 2003; Fernández-Juricic, 2000; Goddard *et al.,* 2010; Vásquez, 2014). Por lo mismo, los espacios verdes son clave para impulsar la sostenibilidad y conservación de biodiversidad en contextos urbanos y más allá de las ciudades (Flores *et al.,* 2013). No obstante, la tendencia ha apuntado a concebir este tipo de espacios con una perspectiva que carece de fundamentos ecológicos ya que (1) son diseñados bajo el paradigma de "jardín[1]" y, por lo tanto, orientados casi exclusivamente a aspectos estéticos y recreativos y (2) son concebidos como elementos singulares y aislados (parques, plazas y áreas protegidas), sin considerar el valor de la conectividad entre los espacios verdes (Vásquez, 2016). Todo esto indica que los espacios verdes y abiertos urbanos y periurbanos están muy por debajo del potencial ecológico que podrían desplegar.

El enfoque de la infraestructura verde (IV) emerge como un marco capaz de hacerse cargo de estos nuevos desafíos y oportunidades, planteando la re-concepción de los elementos del paisaje urbano, periurbano, rural y silvestre (Benedict y McMahon. 2006). Para hacerlo, reconoce el papel crítico que desempeñan los espacios verdes y abiertos en el mantenimiento de la vida y simultáneamente de funciones ecológicas y socioculturales (Landscape Institute, 2009). Como resultado espacial, surge un sistema interconectado de parches, sitios y corredores en los que se enfatiza la conservación de la naturaleza en tanto que se compatibiliza con los diversos usos y equipamientos sociales que pudiera haber sobre ellos.

---

[1] Citando a Santiago-Ramos (2008: 19), jardines entendidos como "*una porción del territorio bien delimitada en la que el hombre manipula y modela naturaleza para sus propios fines, ya sean éstos productivos, estéticos, recreativos o simbólicos.*"

Los corredores verdes (CVs) son un tipo particular de espacio verde y se caracterizan por su geometría lineal, multifuncionalidad socio-ecológica y posibilidad de ofrecer conectividad tanto entre espacios verdes, como entre espacios verdes y periferias más naturales (Hellmund y Smith, 2006). Según Vásquez (2016), estas características de los CVs estarían fuertemente relacionadas con funciones ecosistémicas que otros espacios verdes difícilmente podrían ofrecer, tales como aquellas relacionadas al movimiento de especies, materia y energía, y aquellas referidas a su actuación como amortiguadores o *zonas buffer*.

La noción de “parches” y “sitios” podríamos decir que ha sido incorporada en la planificación tradicional por medio de las figuras de parques, plazas y áreas verdes, aunque bajo el paradigma de “jardín” y las limitantes que esto conlleva. Ahora bien, respecto a la consideración de corredores verdes y su incorporación en la planificación urbana y territorial existen vacíos todavía mayores, dado que han recibido mucho menor atención. Por lo mismo, son escasos, no han sido declarados formalmente como tales y están en constante amenaza de fragmentación. Consecuentemente, las funciones ecosistémicas sostenidas por este tipo particular de infraestructura verde también lo están. Tanto así, que la relación entre corredores verdes y funciones ecosistémicas ha sido poco explorada en la literatura especializada, y menos aún la relación entre estas funciones y los distintos tipos de componentes lineales del paisaje a partir de los cuales se podrían desarrollar corredores verdes (Cerda, 2011; Cerda, Rojas y García, 2007; Escobedo, Kroeger y Wagner, 2011; Haase *et al.,* 2012).

Este estudio se sitúa en la Región Metropolitana de Santiago (RM), área que se caracteriza por ser la más poblada del país y la de mayor desarrollo urbano en Chile, albergando a más del 40% de la población nacional de los cuales un 96,9% de ellos son habitantes urbanos (SUBDERE RM, 2018). Además, coincide con una de las zonas del territorio nacional de menor superficie protegida por el Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado (SNASPE) y de mayor pérdida de áreas naturales (Pliscoff y Fuentes, 2008).

Sabemos también, que la RM está inscrita como una de las áreas prioritarias para la conservación de la naturaleza a escala global (*Hotspots de Biodiversidad)*, tanto por su reconocido valor en términos de biodiversidad y endemismo, como por los altos niveles de amenaza producto de sus actividades humanas (Myers *et al.,* 2000; Pliscoff y Fuentes, 2008).

Este escenario pone de manifiesto la necesidad de impulsar lineamientos y acciones de conservación de la naturaleza en la región Metropolitana de Santiago para que sean incorporadas en su planificación regional y urbana, en compatibilidad con las múltiples demandas socioculturales que existen sobre el territorio.

Al mismo tiempo, es necesario situar estos lineamientos y acciones en los términos que actualmente regulan el territorio, vale decir, dentro de los Instrumentos de Planificación Territorial (IPTs).

En síntesis, componentes lineales del paisaje desarrollados en consideración de sus funciones ecosistémicas potenciales pueden constituir prospectos estratégicos para el desarrollo de corredores verdes que se integren en la planificación territorial de la región y sus áreas urbanas.

Este trabajo identifica y evalúa diversos componentes lineales del paisaje (CLPs) metropolitano de Santiago según su potencial para sostener funciones ecosistémicas, en el marco de la regulación normativa que actúa sobre ellos. Además, se analiza el potencial de sostener las FEs a través de los CLPs, entregando información útil que puede ser incorporada en los procesos de planificación territorial y diseño urbano en base al enfoque propuesto por la definición de infraestructura y corredores verdes.

Este trabajo de grado se enmarca bajo el concepto de Actividad Formativa Equivalente, y se realiza en la modalidad de Estudio Profesional Orientado a la Conservación de la Naturaleza en el marco del Proyecto Fondecyt 1130311 “Corredores verdes urbanos multifuncionales: conectando naturaleza y comunidades”, que se realizó en el

Laboratorio de Medio Ambiente y Territorio, Departamento de Geografía, Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Evaluar los componentes lineales del paisaje metropolitano de Santiago en su potencial para sostener funciones ecosistémicas y entregar lineamientos de planificación y diseño urbano con base en el enfoque de infraestructura y corredores verdes.

1.1.2. Objetivos específicos

1) Identificar y caracterizar los tipos de componentes lineales del paisaje metropolitano de Santiago.

2) Analizar el potencial de los componentes lineales del paisaje metropolitano de Santiago para sostener funciones ecosistémicas.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Infraestructura verde como enfoque de planificación y diseño

El enfoque de planificación y diseño que propone la infraestructura verde (IV) se basa en reconocer el papel crítico que desempeñan los espacios verdes para el mantenimiento de la vida y, por lo tanto, propone una nueva forma de interpretar e intervenir los elementos del paisaje urbano, periurbano, rural y silvestre a diferentes escalas: regional, comunal y barrial (Landscape Institute, 2009). La estrategia consiste en multiplicar las funciones de los componentes verdes del paisaje y tender a su integración, de forma tal, que se constituya un sistema de infraestructura verde multifuncional (SIV) conformado por parches, sitios y corredores (Benedict y McMahon, 2006). Dentro de las ideas y criterios principales que se deben considerar para desarrollar una planificación con base en IV, destacan (Ahern, 1995; Benedict y McMahon, 2006; Fabos, 1995; Li *et al.,* 2005):

- Reconocer el gradiente urbano-rural, favoreciendo la penetración de los espacios naturales o áreas silvestres desde las periferias hacia las áreas urbanas.

- Mantener una red crítica de espacios verdes conectados, por sobre grandes extensiones desconectadas. Para ello, se utilizan no sólo los parques y áreas verdes, sino que también, otros elementos del paisaje como los cementerios, sitios en desuso, campos deportivos y tierras agrícolas.

- Compatibilizar la conservación de la naturaleza y de la biodiversidad, con los múltiples requerimientos sociales de la tierra.

- Proteger los espacios claves para el funcionamiento ecológico (como, por ejemplo, los cursos de agua, humedales y remantes de bosque).

Según Benedict y McMahon (2006) los parches estarían constituidos por las grandes extensiones abiertas como parques, cerros isla, cordones montañosos, cuerpos de

agua y bosques urbanos. Los *sitios* corresponden a pequeños lugares, tales como plazas de barrio, granjas urbanas y patios de escuela. Los *corredores* son un tipo particular de espacios verdes caracterizados por su geometría lineal y por su multifuncionalidad, acogiendo en esta clasificación lugares como líneas de tren y cursos de agua (ver más ejemplos en Tabla 1).

La planificación y puesta en práctica de planes de IV está siendo adoptado en diversas regiones del mundo. Países de Norteamérica, Europa y Asia llevan la delantera. En Sudamérica destaca el caso colombiano con planes para las ciudades de Medellín y Bogotá. En Chile se reconocen iniciativas muy recientes con el plan de IV para la ciudad de Cauquenes y de manera incipiente en la ciudad de Llanquihue.

2.1.1. Corredores verdes como estrategia de planificación territorial

Términos como *corredores biológicos, corredores ecológicos y vías verdes*, han sido utilizados por la literatura para referirse a espacios verdes lineales; sin embargo, todos ellos presentan algunas diferencias en sus objetivos u orientaciones que tiene sentido aclarar. La noción de *corredor biológico* está dirigida a entregar conexión funcional a alguna especie o grupo de especies en particular. Los *corredores ecológicos* ponen por delante el desempeño de ciertas funciones o atributos ecológicos, dejando a un lado los intereses sociales. Las *vías verdes, por su parte,* tienen un carácter eminentemente recreativo y de movilidad no motorizada. Como se ha mencionado anteriormente, en este trabajo nos interesa el concepto de *corredores verdes* (CVs), por cuanto ofrece un enfoque con bases sociales y ecológicas de forma simultánea. A su vez, esta cualidad, permite justificar a los CVs en contextos altamente competitivos como los entornos metropolitanos, así como ante tomadores de decisión poco sensibles con el valor intrínseco de la naturaleza.

Los corredores verdes (CVs) son un tipo particular de infraestructura verde y se caracterizan por su geometría lineal, por su multifuncionalidad socio-ecológica y por hacer una contribución poderosa a la conectividad del sistema de infraestructura verde (SIV) (Ahern, 2002, 1995; Fabos, 1995; Hellmund y Smith, 2006).

De acuerdo con estas características el valor de los CVs para la conservación de la naturaleza en contextos metropolitanos se relacionaría con al menos 3 ideas (Vásquez, 2016): (1) sostener múltiples funciones ecosistémicas; (2) aportar conexión estructural y funcional entre espacios verdes urbanos, y entre espacios verdes urbanos y la periferia rural o silvestre; y (3) favorecer el vínculo sociedad-naturaleza proporcionando oportunidades, por ejemplo, para la educación y sensibilización. En este trabajo explora y profundiza la primera de las tres ideas mencionadas.

Otros autores (Hellmund y Smith, 2006) han relacionados los corredores verdes con las funciones de hábitat, conducción, barrera, filtro, recursos y sumidero (ver Figura 1).

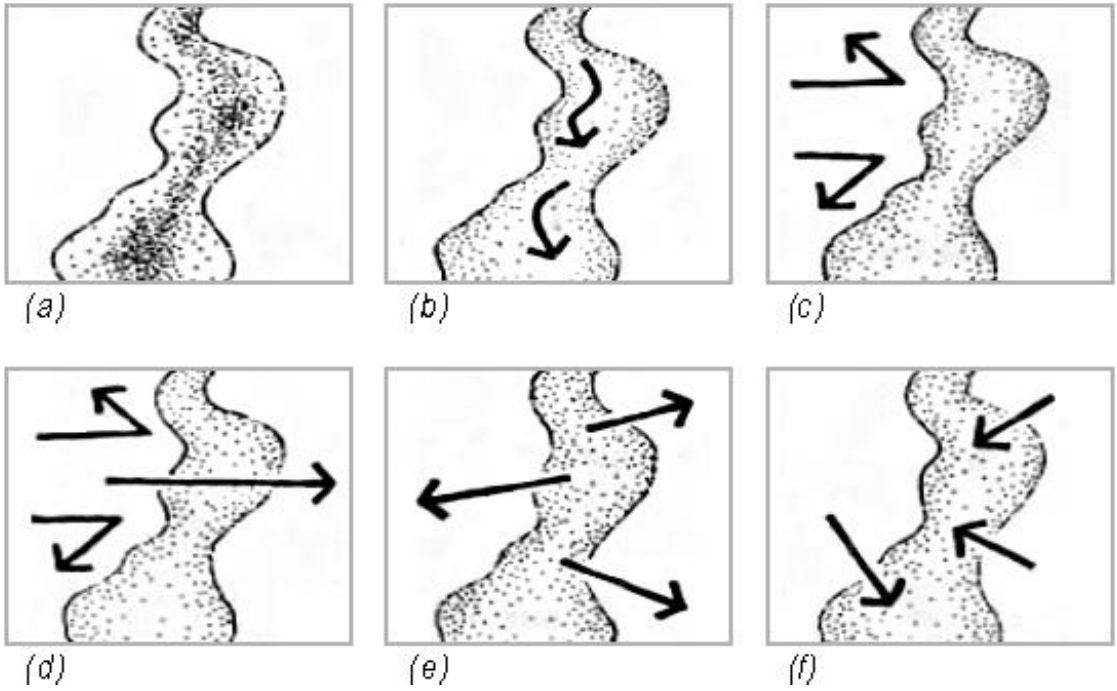


Figura 1: Funciones comúnmente asociadas a los corredores verdes: (a) hábitat, (b) conducción, (c) barrera, (d) filtro, (e) recursos y (f) sumidero. Tomado de Hellmund y Smith, 2006.

Otro de los desafíos comunes en el desarrollo de CVs es que, debido a su naturaleza lineal, suelen atravesar múltiples jurisdicciones e involucrar a diversos tipos de administración, siendo necesario para su implementación la articulación de múltiples

actores y la complementación de diversos instrumentos y regulaciones. En este punto, la característica de multifuncionalidad de los CVs es clave, dado que permitiría justificarlos desde múltiples perspectivas y, por lo tanto, ser valorados por actores diversos.

Al mismo tiempo, se ha indicado que el desarrollo de CVs conlleva ciertos riesgos ecológicos, como facilitar el flujo de especies invasoras de un lugar a otro y el hecho de que exista poca evidencia sobre su efectividad como corredores biológicos. Ambas inquietudes son importantes de tener en cuenta y vienen a recordar que desafíos ecológicos complejos requieren respuestas debidamente fundadas y diseñadas (Ahern, 1995). Por lo tanto, la superación de estos riesgos ecológicos depende de un entendimiento profundo del paisaje local, en términos ecológicos y culturales.

Sin embargo, los CVs plantean una estrategia altamente adaptable a cada localidad, ya que se basan en las condiciones preexistentes del paisaje y la utilización de cierto tipo de espacios que muchas veces se encuentran subutilizados. En palabras de Ahern (1995, p139), los corredores verdes "*representan un enfoque claramente estratégico para la planificación del paisaje (…) porque se centra en las redes y las zonas lineales que se anidan de forma implícita dentro de un contexto de paisaje más amplio. Si bien la planificación de corredores verdes es consciente del contexto del paisaje, se concentra en la estrategia de lograr múltiples beneficios a través de combinaciones de compatibilidad espacial y funcional de los diversos usos de suelo dentro de una red".*

2.1.2. Componentes lineales del paisaje como base para el desarrollo de corredores verdes

Como se ha mencionado previamente, los corredores verdes se caracterizan por tres ideas fundamentales: (1) su geometría lineal, (2) ofrecer multifuncionalidad socio-ecológica y (3) contribuir a la conectividad de los diversos elementos del SIV (Ahern, 2002, 1995; Fabos, 1995; Hellmund y Smith, 2006). De todas ellas, quizás la más sencilla de evaluar se refiere es tu atributo de linealidad, debido a que es espacialmente explícito y directo de observar. Por lo tanto, el reconocimiento de

aquellos componentes lineales del paisaje (CLPs) puede considerarse como un paso inicial para reconocer el campo de oportunidades que tienen los territorios para el desarrollo de CVs en los territorios.

Dado que los paisajes contienen diversos componentes lineales, las oportunidades son también muy diversas. En la tabla 1 se exhiben diversos elementos del paisaje que han sido reconocidos por la literatura como espacios susceptibles de ser transformados en CVs. La decisión de cuál o cuáles de estos elementos se utilicen para el desarrollo de CVs dependerá de múltiples factores, como la escala de trabajo, objetivos de la iniciativa, recursos disponibles, actores involucrados y marco normativo.

Tabla 1: Componentes lineales del paisaje reconocidos en la literatura como espacios de oportunidad para el desarrollo de corredores verdes. Modificado de Landscape Institute, 2009.

Escala de barrio	Escala de ciudad	Escala regional
Calles arboladas Estanques y arroyos Peatonales y ciclo rutas Pistas deportivas Quebradas Derechos-servidumbres de paso de caminos	Esteros Canales urbanos Frentes de agua continuos Quebradas Ríos y llanuras de inundación Áreas verdes lineales	Ríos y llanuras de inundación Bordes costeros y playas Fallas geológicas Líneas de alta tensión Redes de carreteras y ferrocarriles Cinturón verde designado Canales Cordones montañosos Acueductos y gasoductos Senderos estratégicos y de larga distancia

2.2. Funciones ecosistémicas y corredores verdes

La noción de funciones ecosistémicas (FEs) entrega un marco conceptual útil para evaluar el aporte de los componentes de un paisaje al funcionamiento de la naturaleza. Por lo tanto, la inclusión de las FEs en la planificación territorial abre la posibilidad de impulsar iniciativas de conservación y desarrollo sostenible por medio de los instrumentos de planificación territorial (IPTs).

Las FEs se definen como "*los procesos y componentes biológicos, geoquímicos y físicos que tienen lugar u ocurren dentro de un ecosistema*" (Maynard y Davidson,

2010, p.6), incluyendo la regulación climática, formación de suelo, polinización, hábitat y ciclo del agua.

Las funciones ecosistémicas (FEs) se relacionan directamente con los servicios ecosistémicos (SEs) y en ocasiones han sido tratados como un mismo concepto, dando paso a problemas en la aplicación de este marco (Wallace, 2007). Es más, cuando un área presenta gran capacidad para sostener FEs, posiblemente también pueda ofrecer una gran cantidad y variedad de servicios ecosistémicos (Petter *et al.,* 2012). La distinción principal entre ambos conceptos es que las funciones ecosistémicas consideran al mismo tiempo el valor intrínseco de la naturaleza y potenciales valores antropocéntricos, en tanto que los servicios ecosistémicos sólo valoran la naturaleza con relación a los beneficios sociales que se obtienen de ella (Petter *et al.,* 2012). Por ejemplo, la FE de ciclado hidrológico que es sostenida por un bosque ribereño o un humedal, puede ser percibida como SE cuando redunda en la protección ante inundaciones sobre un área poblada o área de cultivo, y el beneficio social sería contribuir con bienestar y seguridad a la población. También es posible que una FE esté relacionada con más de un servicio. Volviendo al ejemplo anterior, el ciclado hidrológico podría afectar de forma simultánea la provisión de agua y la regulación del clima local.

Figura 2: Esquema conceptual que describe la relación secuencial entre componentes del paisaje, funciones ecosistémicas, servicios ecosistémicos y beneficios sociales. Adaptado de Haines-Young y Potschin, 2013.

En este trabajo se analizarán algunas de las FEs que han sido clasificadas de forma clara como tales por The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB, 2010) y que se describen en la Tabla 2.

Tabla 2: Funciones ecosistémicas y sus descripciones. Figuras obtenidas del Manual para Ciudades del TEEB, 2010.

Función ecosistémica		Descripción de la función ecosistémica
	Formación y retención de suelo	Capacidad de los ecosistemas para producir suelo y minimizar su pérdida. Comprende rocas de sujeción, desgaste mineral, biota del suelo, biomasa de raíces y sucesión vegetacional.
	Ciclado de nutrientes	El papel de los ecosistemas en el transporte, recuperación y almacenamiento de nutrientes; así como de la eliminación o descomposición de sus excesos.
	Polinización	Rol de la biota (insectos, aves y mamíferos) en el movimiento de gametos florales para la reproducción de las plantas.
	Dinámicas tróficas y de poblaciones	Interacción predador-presa. Las interacciones dentro de las comunidades bióticas que actúan como fuerzas restrictivas para controlar poblaciones. En términos antropocéntrico equivaldría al término “control biológico”.
	Hábitat	Ecosistemas naturales y seminaturales como espacio de vida adecuado para las comunidades bióticas silvestres y especies focales, sean estas residentes o en tránsito. Se incluyen la noción de espacios para crianza, reproducción, refugio y corredores (conectividad).
	Productividad primaria	Producción de biomasa por fotosíntesis.
	Conservación de material genético	Conservación, mantenimiento y/o evolución de biodiversidad *in-situ* o *ex-situ*. Medible en genes y especies.
	Ciclado hidrológico	Influencia de la cobertura del suelo en la regulación de la escorrentía, descarga y distribución del agua en suelos, acuíferos, cursos y cuerpos de agua y la atmósfera (evapotranspiración de la vegetación).

Según Vásquez (2016) los corredores verdes constituyen un objeto de estudio por sí mismo, por cuanto son un componente especial dentro de un sistema de

infraestructura verde, llamado a desempeñar ciertas FEs que se desprenden principalmente de su geometría lineal y de su multifuncionalidad. En por ello que propone que los CVs deben ser planificados y gestionados para ofrecer prioritariamente funciones ecosistémicas relacionadas con el flujo/movimiento y con el amortiguamiento/protección.

2.2.1. Evaluación de funciones ecosistémicas y su aplicación en planificación territorial

La evaluación de FEs y SEs presenta al menos dos aproximaciones. La primera está basada en modelos empíricos donde normalmente se escoge un conjunto específico de funciones ecosistémicas a evaluar en terreno (Bolund y Hunhammar, 1999). La segunda aproximación utiliza principalmente información secundaria u opiniones de expertos para relacionar el potencial de FEs a diferentes usos-coberturas del suelo (Petter *et al*., 2012).

La segunda aproximación ha sido utilizada para apoyar procesos de planificación territorial orientados a la sostenibilidad y permite el mapeo general de funciones ecosistémicas potenciales. Esta metodología evalúa la fuerza con que cada componente del paisaje puede sostener funciones y/o servicios ecosistémicos de acuerdo con cada uso-cobertura identificada (Burkhard *et al.,* 2009; Burkhard *et al.,* 2012; Petter *et al.,* 2012, Centro de Estudios Ambientales de Vitoria-Gasteiz, 2012; Liverpool City Council Planning Service, 2010; Vihervaara *et al.,* 2010). La información se desarrolla en forma de tablas de doble entrada: en un eje se listan los elementos del paisaje y en el otro se listan las funciones ecosistémicas, en las intersecciones se agrega la evaluación que se hizo para cada vinculación (Burkhard *et al.,* 2012). En general, esta metodología es sometida a revisión de pares y grupos de expertos para legitimar los resultados (Petter *et al*., 2012).

2.3. Aspectos normativos de planificación territorial

La planificación territorial se puede definir como una disciplina multidisciplinaria y aplicada, concebida para analizar, gestionar y orientar los procesos de intervención del territorio. Implícitamente, la planificación del territorio reconoce la necesidad de lineamientos e intervenciones de carácter público para mantener al territorio integrado en sus múltiples escalas, necesidades y servicios. Generalmente, esto ocurre en el marco de las políticas públicas y más concretamente, en el caso de Chile, por medio de un conjunto de Instrumentos de Planificación Territorial (IPTs). De lo anterior se interpreta que el país ha carecido de una política pública para la planificación territorial, aunque no de un marco normativo para la intervención del territorio.

Dicho marco normativo ha sido débil en entregar una idea articulada sobre cómo orientar el desarrollo territorial en sus diferentes escalas y sectores, hecho que motivó la creación del Consejo Nacional de Desarrollo Urbano el año 2012, y que tiene por misión formular una política de desarrollo urbano capaz de guiar el desarrollo futuro de las ciudades y centros poblados del país (MINVU, 2014). A su vez, este marco normativo ha enfatizado la reglamentación en las áreas urbanas, por sobre las áreas que están más allá de la ciudad (zonas periurbanas, rurales y silvestres) y ha puesto el foco en atender los intereses y necesidades socio-productivas; limitando los alcances de la planificación y, en consecuencia, la integración de las áreas urbanas con su contexto territorial y los elementos del paisaje a escala regional o geográfica.

Actualmente, la base normativa de toda la planificación territorial está en la Ley General de Urbanismo y Construcciones (LGUC, MINVU- DTO. 458 diciembre 18 de 1975), la cual se reglamenta por medio de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC, MINVU- D.S. 47 junio 5 de 1992). La LGUC Ley General "*contiene los principios, atribuciones, potestades, facultades, responsabilidades, derechos, sanciones y demás normas que rigen a los organismos, funcionarios, profesionales y particulares, en las acciones de planificación urbana, urbanización y construcción*". A su vez, la Ordenanza "*contiene las disposiciones reglamentarias*

de esta ley y regula el procedimiento administrativo, el proceso de planificación urbana, urbanización y construcción, y los estándares técnicos de diseño y construcción exigibles en los dos últimos".

La LGUC define como planificación urbana "*el proceso que se efectúa para orientar y regular el desarrollo de los centros urbanos en función de una política nacional, regional y comunal de desarrollo socioeconómico*" (Artículo 27, LGUC) y se efectúa en cuatro niveles de acción: nacional, regional, intercomunal y comunal (Artículo 28, LGUC), por medio de un conjunto de Instrumentos de Planificación Territorial (IPTs). Estos últimos tienen un orden jerárquico según su nivel de acción, donde los de mayor escala tienen primacía sobre los de menor escala (Artículo 2.1.1 OGUC):

- Plan Regional de Desarrollo Urbano
- Plan Regulador Intercomunal o Metropolitano
- Plan Regulador Comunal (que incluye sus planes seccionales de detalles)
- Plan Seccional
- Límite Urbano

No obstante, la categoría de Plan Regional de Desarrollo Urbano es un instrumento de carácter indicativo y no restrictivo, a diferencia de los demás IPTs. Por lo tanto, el principal IPT de carácter normativo regional hoy en día son los planes reguladores intercomunales o metropolitanos. De acuerdo con lo establecido en el Artículo 2.1.7 de la OGUC, los planes deben regular *"el desarrollo físico de las áreas urbanas y rurales de diversas comunas que, por sus relaciones, se integran en una unidad urbana, a través de un Plan Regulador Intercomunal"* (Artículo 2.1.7 de OGUC).

Cabe mencionar que no todas la regiones y comunas han desarrollados sus Planes Reguladores, y que en tales casos se aplica directamente la LGUC y su ordenanza (Artículo 2.1.2 OGUC).

En el caso de la Región Metropolitana de Santiago hay mayor desarrollo en cuanto a la planificación, destacando los niveles intercomunales y comunales, a través del Plan Regulador Metropolitano de Santiago y los Planes Reguladores Comunales de cada comuna.

2.3.1. Aspectos normativos sobre la planificación territorial en la Región Metropolitana de Santiago

Dentro de los planes reguladores de escala intercomunal existentes en Chile, el Plan Regulador Metropolitano de Santiago (PRMS) es el único que considera la totalidad de una región; siendo de este modo, el principal IPT que rige la planificación regional de la RM.

El PRMS está constituido por una Ordenanza (OPRMS), Memoria Explicativa y Planos; los cuales para su aplicación deben considerarse como un solo cuerpo legal. Según el Artículo 1.2 de la Ordenanza del PRMS, el Plan define "*Límites de Extensión Urbana, Zonificación Metropolitana, Uso del Suelo, Equipamientos de carácter Metropolitano e Intercomunal, Zonas Exclusivas de Usos Molestos, Áreas de Restricción, Áreas de Resguardo de la Infraestructura Metropolitana, Intensidad de Ocupación del Suelo, como asimismo actividades que provocan impacto en el sistema metropolitano y exigencias de urbanización y edificación cuando sea pertinente*. *No obstante lo anterior, la Secretaría Ministerial Metropolitana de Vivienda y Urbanismo, podrá calificar, de acuerdo con sus facultades, otras materias que deban ser tratadas a nivel intercomunal".*

La mayor parte de las regulaciones del PRMS se refieren a las zonas urbanas, estableciendo menores definiciones sobre las áreas rurales[2]. No obstante, sobre las

[2] Suelo rural se define como todo territorio ubicado fuera del Límite Urbano. Por lo tanto, dentro de los IPTs sólo existen dos grupos principales de zonificación: áreas urbanas y áreas rurales. Dentro de éstas últimas quedan incorporadas las áreas silvestres.

áreas rurales, el PRMS define zonas excluidas al desarrollo urbano tanto por reconocer áreas protegidas, zonas definidas como áreas de riesgo para la ocupación humana, franjas de terreno destinadas a vialidad intercomunal y regional y, en general, al reconocer cualquiera otra infraestructura de carácter metropolitano (LGUC, Artículo 55). Si bien la regulación sobre el suelo rural está orientada a mantener el uso de suelo agrícola, en el caso de la RM a finales de los años 90' se abrieron posibilidades para su urbanización bajo la figura de "Zonas de Desarrollo Urbano Condicionado" (Borsdorf e Hidalgo, 2005). Consecuentemente, esta figura ha marcado el crecimiento urbano en la región fuera del Límite Urbano.

Para este trabajo, uno de los aspectos más relevantes contenidos en los IPTs es el referido al Uso de Suelo, ya que entrega una definición de lo que se espera del territorio y define qué actividades son posibles o no de hacer en un determinado lugar. Por ejemplo, un lugar destinado a uso recreativo o vialidad no podrá acoger vivienda. Por lo tanto, el Uso de Suelo estipulado en los IPTs representa una de las variables fundamentales que inciden en las decisiones de privados y públicos sobre la localización de actividades, equipamiento e inversiones.

2.3.2. Aspectos normativos sobre la planificación de espacios verdes en la RM

La planificación territorial en la RM se refiere a un Sistema Metropolitano de Áreas Verdes y Recreación (SMAVR) que se conforma por (Art. 5.2.1. de la OGUC) "*Áreas Verdes de carácter público o privado y las vinculaciones o Avenidas Parque, que se consignan en el presente Plan. En este sistema se considerarán las áreas verdes de carácter metropolitano y aquellas de otros niveles que se le integren, de nivel vecinal y comunal. Este sistema se relaciona e integra con las áreas (…) de Valor Natural y/o de Interés Silvoagropecuario y las de Riesgo para Asentamientos Humanos y todas aquellas áreas de carácter no edificable que en conjunto generan un nivel adecuado de saneamiento ambiental y de resguardo del bienestar de la comunidad*". Esto significa que el sistema contempla una visión multiescalar, ya que incluye dentro de su definición áreas silvestres protegidas (escala regional y nacional), y áreas verdes (escala de ciudad y barrio).

La normativa se refiere a estas áreas de acuerdo con las siguientes definiciones y clasificación:

- Áreas Silvestres Protegidas: Creadas y reguladas mediante la ley n°18.362 del año 1984 con el objetivo de proteger y manejar los ambientes naturales, terrestres o acuáticos pertenecientes al estado (Art. 1° Ley 18.362). La administración de éstas recae sobre Corporación Nacional Forestal (CONAF) e incluye Parques Nacionales, Reservas Nacionales y Monumentos Naturales.

- Parques Metropolitanos: "*Son las áreas verdes de uso público de carácter metropolitano que pueden acoger actividades relacionadas con lo recreacional, deportivo, de culto, cultural, científico, de esparcimiento y turismo al aire libre. Los usos antes mencionados deberán ser complementarios y compatibles con el carácter de área verde de uso público, su valor paisajístico o su equilibrio ecológico"* (OGUC, Art. 5.2.2.).

- Parques Intercomunales: "*Son áreas verdes de uso público o privado que pueden acoger actividades recreacionales, deportivas, de culto, culturales, científicas, de esparcimiento y turismo al aire libre; su alcance trasciende de los límites comunales de dos o más comunas. Los usos antes mencionados deberán ser complementarios y compatibles y no podrán alterar su carácter de área verde, su valor paisajístico o su equilibrio ecológico* "(OGUC, Art. 5.2.3.). En esta categoría se incluyen los Cerros Isla, Parques Quebrada, Parques Metropolitanos, Avenidas Parque (adyacentes a cauce y al sistema vial) y Áreas verdes Asociadas a Pozos Extractivos.

- Áreas Verdes Complementarias: *Corresponden a recintos de carácter público o privado en que se desarrolla una función de equipamiento con construcciones asociadas a espacios libres dotados de árboles y especies vegetales necesarias para la recreación y la mejor calidad del medio ambiente de la ciudad. Entre éstas se consideran las siguientes tipologías: Equipamiento*

Recreacional y Deportivo, Cementerios Parque. Áreas de Interés Histórico o Cultural. Áreas Recreativas de Interés Ecológico y Cultural" (OGUC. Art.5.2.4).

Luego, la OPRMS en su Artículo 3.1.1.4. Define como área verde los "*espacios urbanos predominantemente ocupados (o destinados a serlo), con árboles, arbustos o plantas y que permiten el esparcimiento y la recreación de personas en ellos*". Esta definición de área verde tiene una orientación eminentemente social y de alcances recreativos. En ella subyace la noción de "jardín", en la cual las áreas verdes son percibidas como espacios delimitados en los que el ser humano maneja y modela la naturaleza para resolver sus propias necesidades (Santiago-Ramos, 2008); quedando fuera de la legislación aspectos relacionados con su funcionamiento ecológico y la conservación de la naturaleza. Posiblemente, esta visión acerca de las AVs sea una de las razones por las cuales han tenido una baja prioridad en la planificación territorial y en las políticas públicas (Vásquez *et al.*, 2016).

La noción de sistema implica que el conjunto de elementos se encuentra interrelacionado y que interactúa entre sí. Sin embargo, el SMAVR está constituido, en la mayoría de los casos, por áreas verdes y áreas protegidas no que no se comunican unas con otras. La misma Ordenanza del PRMS plantea que las vinculaciones entre las áreas verdes ocurren por medio de Avenidas Parque (OGUC, Art. 5.2.1.), hecho que reduce las opciones a que otros componentes del paisaje y tipos de espacios verdes pudieran aportar con la integración entre áreas verdes y entre áreas verdes y áreas silvestres protegidas.

Por lo tanto, la definición planteada en la OPRMS para el Sistema Metropolitano de Áreas Verdes y Recreación es una idea que necesita ser fortalecida en lo que se refiere a la interconexión de sus componentes. Para ello, la designación de espacios verdes lineales, más allá de los reconocidos como Avenidas Parque, además del reconocimiento de ciertos componentes del paisaje natural -como ríos, esteros y quebradas-, podrían hacer contribuciones estratégicas a la integración de los espacios y áreas verdes en la región.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción del Área de Estudio

La Región Metropolitana de Santiago es la más poblada de Chile con más 6 millones de personas, equivalentes al 40% del total nacional, siendo un 96,9% de ellos habitantes urbanos que se concentran principalmente en la ciudad de Santiago y en segunda instancia, en un conjunto de urbanizaciones menores en torno a la capital (SUBDERE RM, 2018). Administrativamente presenta un escenario complejo en el que se superponen el gobierno regional, 52 municipios y servicios sectoriales (Orellana, 2009).

El clima es mediterráneo semidesértico, las precipitaciones son irregulares y promedian los 310 mm/año concentrándose en los meses de invierno (Romero *et al.,* 2009). Se ubica en la zona central de Chile, abarcando casi la totalidad de la cuenca del río Maipo. Se configura como un sistema regional semicerrado entre las cordilleras de los Andes y de la Costa (Romero y Vásquez, 2005; Vergara *et al.,* 2013).

Desde el punto de vista ecológico, la RM pertenece a la zona de mayor valor de biodiversidad vegetal del país, ha sido declarada *hotspot* de biodiversidad a escala global, siendo una de las zonas que presenta las mayores amenazas para la conservación de la naturaleza producto de los procesos de fragmentación y pérdida de ecosistemas originales (Pliscoff y Fuentes, 2008). Se ha documentado que entre los años 1989 y 2009 la cobertura de bosque esclerófilo en la cuenca de Santiago se ha reducido en un 60% (de 499 km^2 a 191 km^2) (Vergara *et al.,* 2013). Según Pliscof y Fuentes (2008), existe un bajo o nulo nivel de protección de los pisos vegetacionales de la cuenca de Santiago.

Desde el punto de vista de la planificación territorial, la RM presenta un panorama complejo en el que se superponen distintos niveles administrativos (regional, provincial, comunal y seccional) y sectores de decisión (agua, vialidad, vivienda, áreas verdes y energía, por nombrar algunos). Cada uno de estos niveles y sectores de decisión tiene

sus propios instrumentos regulatorios y en conjunto se denominan Instrumentos de Planificación Territorial (IPTs). A escala regional el IPTs más relevante es el Plan Regulador Metropolitano de Santiago (PRMS), y se compone de una ordenanza, memoria y planos de la región. Además, el PRMS cita y se articula con el conjunto de leyes y decretos de orden sectorial que ofrecen definiciones propias de sus temáticas, pero que inciden en términos territoriales. A su vez, los siguientes niveles de decisión (provincial, comunal y seccional) están anidados en el marco regulatorio que establece el PRMS y, por lo tanto, todas las indicaciones contenidas en él se incorporan automáticamente en los IPTs de escala comunal y seccional.

El PRMS establece indicaciones normativas diferenciadas entre áreas urbanas y no urbanas (rurales). Este hecho llevó a trabajar a dos escalas de observación (ver figura 3): regional (identificación de los CLPs) y de ciudad (evaluación de los CLPs para sostener funciones ecosistémicas). La escala regional se definió en base al límite regional. La escala de ciudad se definió a partir de un distancimianto de 10 km hacia afuera del límite urbano indicado en los IPTs. Se optó por este criterio para incluir aquellos parques que se situaron en el borde del límite urbano.

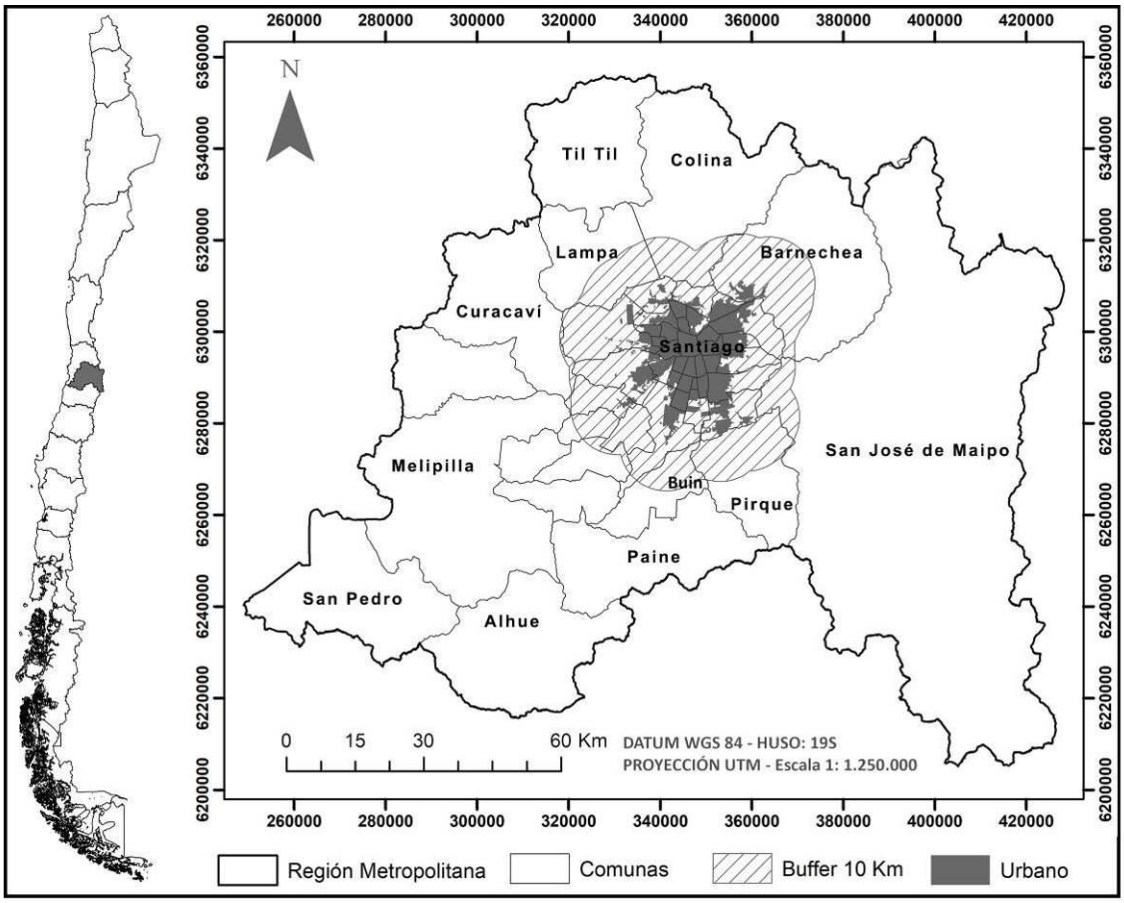


Figura 3: Área de estudio en sus dos escalas de observación: regional (línea negra continua) y de ciudad (zona achurada en diagonal).

3.2. Identificación y caracterización de los tipos de componentes lineales del paisaje

Para la identificación y caracterización de los CLPs se realizó un análisis sobre el PRMS, su ordenanza y Decretos con Fuerza de Ley de orden sectorial, entre los que se cuentan la Ley General de Ferrocarriles n° 1157 de 1931, Código de Aguas Ley n° 1122 de 1981, Ley General de Servicios Eléctricos, en Materia de Energía Eléctrica (n° 4/20018 de 2007) y el Manual de Vialidad Urbana (también denominado Recomendaciones para el Diseño de Elementos de infraestructura Vial Urbana,

REDEVU). En conjunto, estos documentos establecen definiciones sobre el uso, diseño y tamaño de las franjas de resguardo asociadas a cada CLPs.

Se ha definido como componente lineal del paisaje (CLP) todos aquellos elementos lineales que son observables desde una imagen aérea tienen como mínimo 10 km de largo (Ahern, 1995) y son reconocidos explícitamente en el PRMS. Algunos de los elementos lineales que la normativa regula son, por ejemplo, ríos, autopistas y líneas de transmisión eléctrica.

En primera instancia, para la identificación y caracterización de los componentes lineales del paisaje (CLP) de la RM se realizó un análisis de contenido cualitativo (Fernández, 2002; López, 2002) de la Ordenanza del PRMS y sobre aquellos Decretos con Fuerza de Ley (D.F.L.) que la Ordenanza citó para regular aquellos elementos que se acogieron a la definición de CLP. A partir de dicho análisis se caracterizó a los CLPs reconocidos por la normativa en términos de (1) definición formal, (2) usos de suelo propuestos y restricciones de uso y (3) ancho de la franja de protección.

Los IPTs analizados hacen indicaciones que dotan de variabilidad al ancho de protección de los CLPs, de forma tal que se identificaron factores de variabilidad del ancho de protección de los CLPs (ver 4.1.1.2). No obstante, para continuar el análisis se definieron anchos homogéneos de protección para cada uno de los CLPs. Para ello, lo primero fue identificar las situaciones máximas y mínimas del ancho de la franja de protección que la norma establece para cada uno de los CLPs. Lo segundo, fue determinar el ancho más representativo de la situación de cada CLP, para lo cual se utilizaron las definiciones normativas que rigen en zona urbana. Lo primero fue resultado directo del análisis de contenido sobre los IPTs. Lo segundo requirió ser complementado por información sectorial y observaciones empíricas para el caso de los canales, líneas de transmisión eléctrica y áreas verdes.

A su vez, y debido a que el PRMS establece indicaciones diferenciadas entre áreas urbanas y no urbanas (rurales), se clasificaron por un lado los CLPs presentes en la

totalidad de la región (escala regional) y por otro, los CLPs que actúan sólo dentro del área urbana y periurbana (escala de ciudad).

En segunda instancia los CLPs fueron caracterizados espacialmente, tanto a escala regional como de ciudad. Para ello se utilizó cartografía base provista por el Gobierno Metropolitano de Santiago (GORE RM) y mapas del PRMS provenientes del Secretaría Regional de Vivienda y Urbanismo (SEREMI MINVU).

El procesamiento de la información se efectuó con el programa ArcGIS 10.1. De la caracterización espacial de cada tipo de CLP se obtuvo el largo total y promedio, superficie total y promedio, y número de elementos. En el caso de aquellos elementos que la normativa reconoció como parches lineales y no directamente como líneas, se incluyeron cuando presentaron un índice de elongación mayor que 1:3 (Forman, 1995; Riveros *et al.*, 2015). Por consiguiente, dichos elementos se analizaron y caracterizaron por separado.

3.2.1. Componentes lineales del paisaje en base a polígonos

Del análisis de contenido sobre los IPTs, se identificaron CLPs directamente conformados a partir de polígonos elongados. Estos elementos recibieron el siguiente tratamiento para su análisis:

i. A partir de la información colectada, se agruparon aquellos polígonos de una misma categoría, según su nominación en el PRMS (áreas verdes y cuerpos de agua).

ii. Se fusionaron los polígonos vecinos que tuvieran el mismo nombre bajo una sola entidad (por ejemplo, el Parque Metropolitano del río Mapocho se configura a partir de un conjunto de polígonos que se entendieron como una sola unidad espacial).

iii. Se aplicó un índice de linealidad para reconocer todos los polígonos con forma lineal (1:3) y descartar aquellos no lineales.

iv. Se aplicó filtro para identificar aquellos polígonos con largo superior a 10 km y descartar aquellas de menor largo.

v. Se aplicó un distanciamiento para representar las franjas de protección designadas por el PRMS, según corresponde en cada uno de ellos (ver Tabla 6).

vi. Se calcularon métricas básicas de los CLPs identificados: superficie total y promedio, largo total y promedio.

3.2.2. Componentes lineales del paisaje en base a líneas

Los IPTs definen líneas (vialidad o cursos de agua, por ejemplo) que sirven de base a CLPs. Estos elementos recibieron el siguiente tratamiento para su análisis:

i. A partir de la información colectada, se agruparon las líneas de una misma categoría o tipo, según su nominación en el PRMS (líneas de transmisión eléctrica[3], vías expresas y troncales, líneas férreas).
ii. Se fusionaron las líneas vecinas que tuvieran el mismo nombre bajo una sola entidad (por ejemplo, todos los canales “San Carlos” conformaron una sola entidad), ya que muchas líneas que tenían el mismo nombre estaban segmentadas en los archivos base.
iii. Se calculó el largo total de cada línea, y se descartaron aquellas de un largo menor a 10 km
iv. Se aplicó un distanciamiento para representar las franjas de protección designadas por el PRMS según corresponde en cada una de ellas (ver Tabla 6)

[3] Las líneas de transmisión eléctrica de menor voltaje que 110 kV se encargan de distribuir la energía domiciliaria y no se ajustan a la escala de observación de este trabajo; por lo tanto, no fueron consideradas para los análisis.

v. Se calcularon métricas básicas de los CLPs identificados: superficie total y promedio, largo total y promedio.

3.3. Análisis de los componentes lineales del paisaje en su potencial para sostener funciones ecosistémicas

Esta etapa del trabajo se desarrolló exclusivamente a escala de ciudad y no a escala regional (ver sección 3.1.); de acuerdo con la secuencia metodológica expresada en la figura 4.

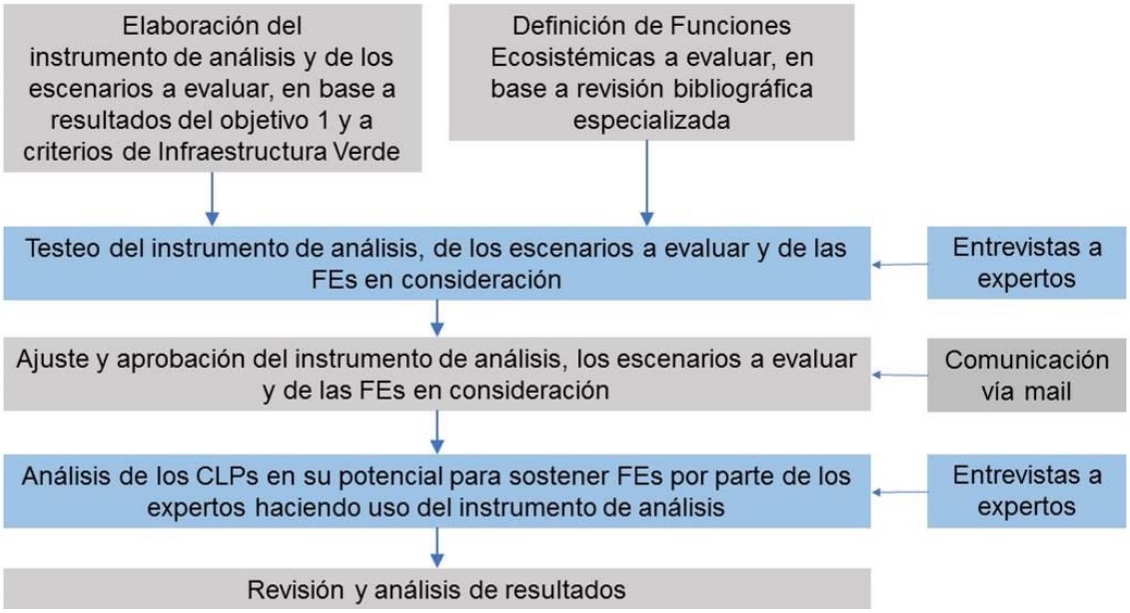


Figura 4: Secuencia metodológica para análisis de los CLPs en su potencial para sostener funciones ecosistémicas. Elaboración propia.

Tal como se comentó previamente, se optó por analizar los CLPs en contextos urbanos debido a que la normativa es más restrictiva dentro de la ciudad que fuera de ella y porque estarían más presionados por transformaciones y dinámicas antropogénicas (Romero *et al.*, 2001). Además, los escenarios creados para el área urbana son viables de desarrollar más allá de las ciudades, debido a que las regulaciones son más laxas en zonas rurales. Lo anterior llevó a privilegiar el análisis de los CLPs para sostener FEs a escala de ciudad.

El análisis fue realizado por un conjunto de expertos en dos rondas de entrevistas presenciales (ver lista y referencia de los entrevistados en Anexo 1). Se utilizó un instrumento de análisis que fue especialmente diseñado para estos fines (ver sección 3.3.1.). La primera ronda de entrevista se extendió por 60 minutos o más. Los expertos revisaron las FEs en consideración, el instrumento de análisis, la escala de evaluación, el diseño de los escenarios y recomendaron a otros especialistas para que pudieran ser consultados, siguiendo el método de muestreo por redes o por referidos[4] (Rabolini, 2009).

En la segunda ronda las entrevistas fueron estructuradas y los expertos analizaron los CLP en su potencial para sostener funciones ecosistémicas haciendo uso del instrumento que se creó para esos fines. En esta oportunidad las entrevistas se extendieron entre 45 a 60 minutos.

El perfil de experto se definió como aquellos investigadores con conocimiento directo sobre FEs acreditado con publicaciones afines (ver Anexo 1). A su vez, se valoró que tuvieran experiencia investigativa en ecosistemas urbanos y conocimiento sobre IPTs. Por último, la búsqueda se acotó a personas que fuera posible entrevistar presencialmente en la RM dentro del periodo de tiempo destinado a la evaluación.

3.3.1. Instrumento de análisis

El instrumento de análisis consistió en un formulario donde se presentó la lista de las FEs en consideración y los CLPs identificados, junto con sus respectivas descripciones (ver Anexo 2). Además, se incorporó una ficha para cada uno de los CLPs en la cual se describió un escenario ambientalmente optimizado para el soporte de funciones ecosistémicas en base a un diseño, usos y manejo del CLP (y de ese modo conocer su

[4] Muestreo no probabilístico también llamado “bola de nieve”. Se utiliza cuando el investigador necesita identificar a un subgrupo con rasgos muy específicos y que es difícil de encontrar. Tal, era el caso de esta investigación en relación con el perfil de experto requerido y su conocimiento directo en funciones ecosistémicas en contextos urbanos (Rabolini, 2009).

potencial), pero consistente con la regulación vigente sobre cada tipo de CLP (Ángel *et al.*, 2001). El diseño de escenarios se basó en los criterios de infraestructura verde y se detalla en el punto 3.3.1.2 de este escrito.

Además, el instrumento consideró una matriz de doble entrada en la que se ordenaron en el eje *x* los CLPs y en el eje *y* las FEs (ver Tabla 3). En las intersecciones los expertos agregaron su evaluación sobre el potencial que cada tipo de CLP tiene para sostener FEs, siguiendo la metodología utilizada en investigaciones similares que realizan evaluaciones ecológicas orientadas a la planificación territorial y diseño urbano (Burkhard *et al.,* 2012, Liverpool City Council Planning Service, 2010; Centro de Estudios Ambientales de Vitoria Gasteiz, 2012).

Tabla 3: Tabla utilizada por los expertos para la evaluación de los CLPs en su potencial para sostener FEs, en base a los escenarios urbanos propuestos para cada CLP.

		Componentes lineales del paisaje (CLPs)								
		Avenidas Parque	Parques adyacentes a cauces	Parques quebrada	Vialidad expresa y troncal	Vías ferroviarias	Líneas de Transmisión eléctrica	Ríos y esteros	Quebradas	Canales abiertos
Funciones ecosistémicas potenciales (FEPs)	Formación y retención de suelo									
	Ciclado de nutrientes									
	Polinización									
	Dinámicas tróficas y de poblaciones									
	Hábitat									
	Productividad primaria									
	Conservación de material genético									
	Ciclado hidrológico									

La escala de evaluación fue discutida en la primera ronda de entrevistas. Debido a la naturaleza cualitativa-estimativa de la evaluación y también con el objetivo de evitar

que las evaluaciones se concentraran en valores medios, los expertos señalaron la necesidad de una escala nominal con valores acotados y simples. En consecuencia, se definió una escala entre 0 y 3, donde 0 indica que el potencial es nulo o insignificante entre el componente y la función, 1 indica que el potencial es bajo, 2 indica que el potencial es medio y 3 que el potencial es alto.

3.3.1.1. Funciones ecosistémicas en consideración

Mediante revisión de bibliografía especializada se definió un conjunto preliminar de funciones ecosistémicas (FEs) relevantes de ser evaluadas en los CLPs (Costanza *et al.,* 1997; MEA 2005; Petters *et al.,* 2012, TEEB 2010). Luego, dicho conjunto de FEs fue presentado a los expertos en la primera ronda de entrevistas, dando todos ellos su opinión crítica respecto a la pertinencia y viabilidad de ser evaluadas, considerando la realidad local y las posibilidades implícitas del instrumento de análisis.

A partir de los comentarios emitidos por los expertos la lista fue modificada y luego enviada a todos los consultados vía correo electrónico hasta que no hubo reparos respecto a las FEs en consideración.

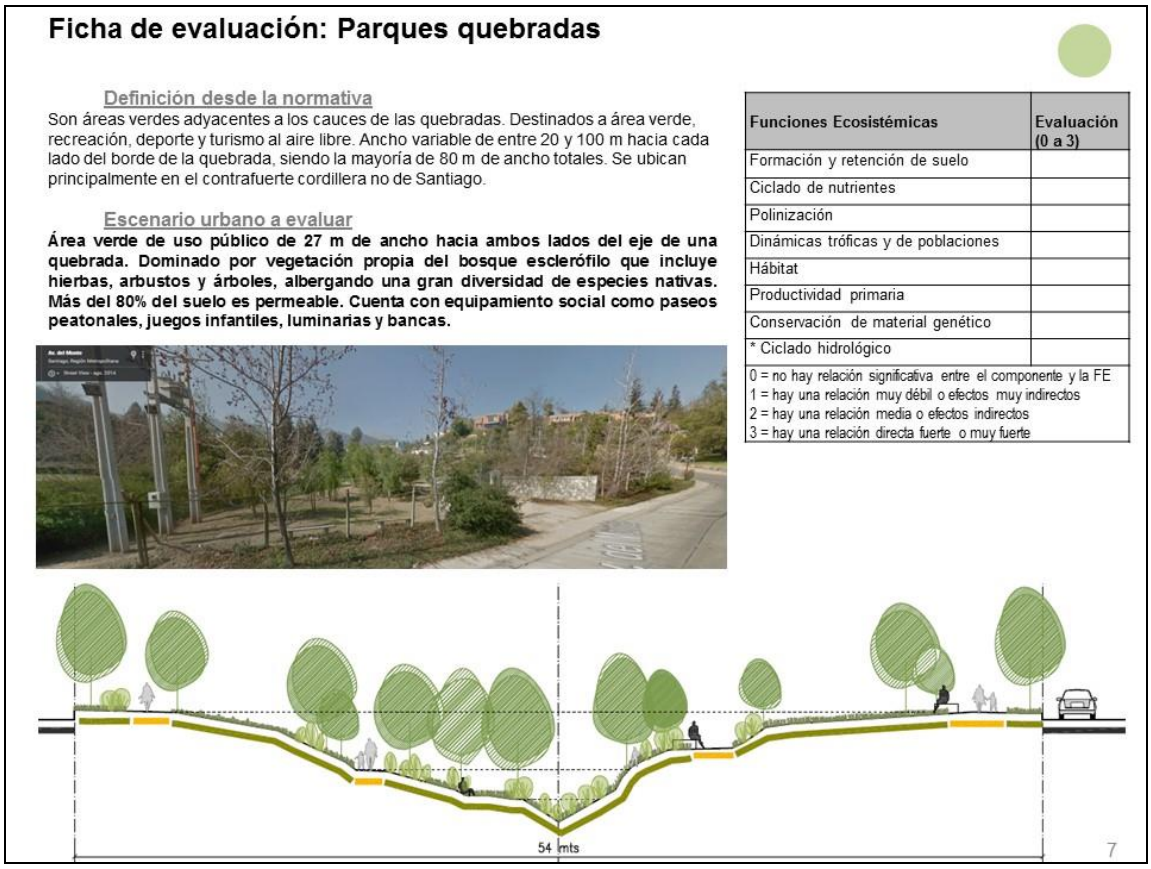
3.3.1.2. Elaboración de un escenario urbano optimizado para el soporte de funciones ecosistémicas en CLPs.

Tal como se indicó previamente, el escenario creado presenta una situación ambientalmente optimizada para cada tipo de CLP, además de enmarcase en las restricciones normativas que se identificaron en el objetivo anterior (sección 3.2 sobre caracterización de CLPs). Para la definición de los criterios de diseño urbano optimizado de cada tipo de CLP, se estudiaron publicaciones sobre infraestructura verde (Benedict y McMahon, 2006; Flores *et al.,* 1998 y Landscape Institute, 2009), diseño de bajo impacto (University of Arkansas Community Design Center, 2010) y diseño urbano sensible al agua (Johnstone *et al.,* 2012). A modo de síntesis, los criterios de diseño que se contemplaron fueron los siguientes:

- Anchos máximos permitidos para la faja de resguardo de cada tipo de CLP.

- Privilegiar suelos permeables (no impermeabilizados con hormigón u otro material).
- Propiciar coberturas vegetales complejas (diversos estratos), usando especies nativas y cubriendo la mayor superficie posible o permitida.
- En los casos de CLPs asociados a agua, conservar los cauces en su estado más natural posible, evitando la impermeabilización del lecho y sus bordes.
- Definición de usos de suelo designado de bajo impacto (vale decir, área protegida o área verde cuando era posible, por sobre vialidad u otro uso de alto impacto).
- Incorporación de equipamiento urbano mínimo (bancas, luminaria y otros mobiliarios urbanos propios del espacio público, pero dispuesto elementalmente).

Del mismo modo que las FEs, el diseño de los escenarios a evaluar fue sometido a la revisión de expertos en la primera ronda de entrevistas. Esto permitió su mejora en términos de contenidos, formato de presentación, escala de evaluación y descripción del escenario a evaluar. A modo de ejemplo, en la Figura 5 se presenta la ficha de análisis de los Parques Quebrada. Para revisar las fichas de los demás CLPs dirigirse al Anexo 2.



Ficha de evaluación: Parques quebradas

Definición desde la normativa

Son áreas verdes adyacentes a los cauces de las quebradas. Destinados a área verde, recreación, deporte y turismo al aire libre. Ancho variable de entre 20 y 100 m hacia cada lado del borde de la quebrada, siendo la mayoría de 80 m de ancho totales. Se ubican principalmente en el contrafuerte cordillera no de Santiago.

Escenario urbano a evaluar

Área verde de uso público de 27 m de ancho hacia ambos lados del eje de una quebrada. Dominado por vegetación propia del bosque esclerófilo que incluye hierbas, arbustos y árboles, albergando una gran diversidad de especies nativas. Más del 80% del suelo es permeable. Cuenta con equipamiento social como paseos peatonales, juegos infantiles, luminarias y bancas.

Funciones Ecosistémicas	Evaluación (0 a 3)
Formación y retención de suelo	
Ciclado de nutrientes	
Polinización	
Dinámicas tróficas y de poblaciones	
Hábitat	
Productividad primaria	
Conservación de material genético	
* Ciclado hidrológico	

0 = no hay relación significativa entre el componente y la FE
1 = hay una relación muy débil o efectos muy indirectos
2 = hay una relación media o efectos indirectos
3 = hay una relación directa fuerte o muy fuerte

Figura 5: Ejemplo de ficha de evaluación utilizada para las entrevistas.

3.3.2. Análisis de la evaluación de funciones ecosistémicas en los componentes lineales del paisaje

Tras la aplicación del instrumento se obtuvieron seis valores para cada una de las funciones ecosistémicas en cada uno de los ocho tipos de CLPs en evaluación. Estos valores se desprenden directamente de la evaluación emitida por cada uno de los seis especialistas. Esto significó que, por ejemplo, la función de ciclado de nutrientes en los canales obtuvo seis evaluaciones, y por consiguiente seis valores, no siempre iguales. Por lo tanto, para analizar cada función hubo que llegar a un valor único. Para ello se definió que la moda (Mo) era el valor que mejor se ajustaba a este requerimiento, dado que tiene una interpretación muy clara para resumir datos cualitativos y destaca la evaluación más común emitida por el conjunto de expertos (Marconi y D'Amelio, 2009).

En aquellos casos que hubo una distribución bimodal o trimodal, se consideró el valor menor o más conservador. De este modo, el dato representa el potencial mínimo esperable de la FE evaluada en ese CLP. A su vez, se analizó la dispersión de las evaluaciones de los expertos por medio de la *varianza*, la cual fue clasificada en baja, media y alta dispersión.

La moda de cada FE analizada en los CLPs fue representada en gráficos radiales de ocho puntas, donde cada arista representa una de las funciones ecosistémicas evaluada. Este tipo de gráfico es útil para representar datos de categorías no comparables (Benedito, 2013), vale decir, cuando los datos que se requiere comparar se desprenden de atributos de diferente naturaleza (en este caso, cada FE es de naturaleza diferente a las demás).

No obstante, para comparar el potencial global de un CLP para sostener FEs respecto de otro, hizo falta integrar los datos a un único valor de síntesis que fuera capaz de representar las ocho FEs evaluadas en un único valor global o de conjunto y fácil de comprender. Sin embargo, las FEs no son homologables o sumables unas con otras debido a que son de naturaleza diferente. En consecuencia, se utilizó como valor representativo del potencial global para sostener todas las FEs evaluadas en cada CLPs el porcentaje (%) de la superficie del polígono que cada evaluación arrojó, asumiendo que el área del octógono perfecto es igual al 100%. Por lo tanto, todas las evaluaciones que no tuvieran los máximos valores en todas FEs evaluadas tendrían valores menores a 100%. Este valor se denominó *potencial global para sostener funciones ecosistémicas* (PGFE) y se representa en la figura 6. A partir de este valor, se puede tener una idea gruesa sobre qué tipo de CLPs tiene mayor potencial para sostener funciones ecosistémicos respeto de otro.

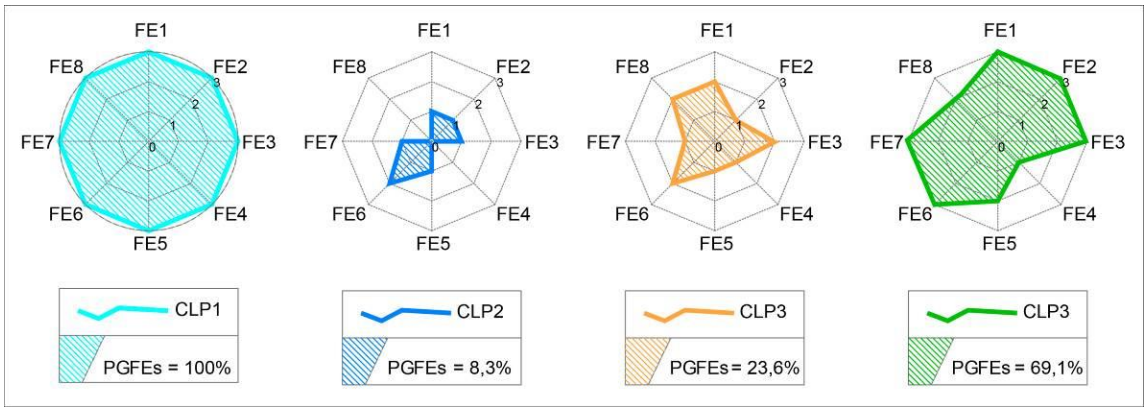


Figura 6: Gráficos radiales explicativos sobre la estimación del *potencial global para sostener funciones ecosistémicas* (PGFE) de los componentes lineales del paisaje (CLPs).

3.3.3. Representación espacial del potencial de los componentes lineales del paisaje para sostener funciones ecosistémicas

Conocido el *potencial global para sostener funciones ecosistémicas* (PGFE) de cada CLP se procedió a integrar los datos en el archivo vectorial (*shape*) que se produjo para el primer objetivo de este trabajo. De este modo se obtuvo un mapa general de las FEPs de los CLPs a escala de ciudad. Esta operación se desarrolló en ArcMap 10.1. Los mapas obtenidos constituyen una síntesis general de esta investigación, aunque contiene las limitaciones sobre la calidad de los datos espaciales base (ver 3.2).

4. RESULTADOS

4.1. Componentes lineales del paisaje de la RM de Santiago

4.1.1. Identificación de los componentes lineales del paisaje

El análisis de contenido realizado sobre los IPTs permitió identificar diversos tipos de componentes lineales del paisaje (CLPs) a escala regional y de ciudad. Estos son reconocidos por la normativa por medio de la designación de franjas de protección o resguardo sobre elementos naturales del paisaje (cursos de agua y quebradas) y sobre ciertas infraestructuras humanas (vialidad, líneas de transmisión eléctrica, canales de regadío).

En total, se identificaron ocho tipos de CLPs a escala de ciudad, tres de los cuales no figuraron a escala regional (ver Tabla 4). Dos de de los CLPs están asociados a cursos de agua (ríos y esteros y canales abiertos), tres que forman parte de la infraestructura metropolitana (líneas de transmisión eléctrica, vías ferroviarias y vialidad expresa y troncal) y, por último, tres tipos de CLP que se desprenden de las regulaciones sobre áreas verdes (parque adyacente a cauces, parque adyacente al sistema vial, parque quebrada) y que sólo tienen presencia en el área urbana y sus periferias. Estos últimos (áreas verdes), sólo se observan a escala de ciudad, a diferencia los otros tipos de CLPs que se presentan en toda la extensión de la región. Las descipciones de cada CLP se desarrollan en la tabla 5.

Tabla 4: Componentes lineales del paisaje (CLPs) a escala regional y de ciudad.

Categoría del CLP	CLPs a escala regional	CLPs a escala de ciudad
Cursos de Agua	Ríos y Esteros	Ríos y Esteros
	Canales abiertos	Canales abiertos
Infraestructura y vialidad	Líneas de Transmisión Eléctrica	Líneas de Transmisión Eléctrica
	Vialidad expresa y troncal	Vialidad expresa y troncal
	Vías Ferroviarias	Vías Ferroviarias
Áreas Verdes		Parques adyacentes a cauces
		Parques adyacentes al sistema vial
		Parques Quebradas

Tabla 5: Componentes lineales del paisaje identificados en los IPTs y su descripción.

CLP	Descripción
Sistema Metropolitano de Áreas Verdes y Recreación (Áreas Verdes)	
Parques adyacentes al sistema vial	Áreas verdes adyacentes a sistema vial metropolitano. Su función es vincular los principales elementos del Sistema Metropolitano de Áreas Verdes y recreación y aportar áreas de esparcimiento y recreación.
Parques adyacentes a cauces	Son áreas verdes de uso público, adyacentes a cursos de agua y/o franjas de protección de cauces de agua. Se función es vincular los principales elementos del Sistema Metropolitano de Áreas Verdes y Recreación y aportar áreas de esparcimiento y recreación. En ellas sólo se permitirán instalaciones mínimas complementarias a su función, tales como actividades recreativas y de esparcimiento al aire libre.
Parques Quebradas	Áreas verdes adyacentes a los cauces de las quebradas. Su función es vincular los principales elementos del Sistema Metropolitano de Áreas Verdes y Recreación y aportar áreas de esparcimiento y recreación.
Resguardo de Infraestructura Metropolitana (vialidad e infraestructura)	
Vialidad Express	Carreteras de acceso a Santiago y anillos de circunvalación. Su rol principal es establecer relaciones intercomunales y entre las diferentes áreas urbanas a nivel regional. Diseñadas para velocidades de entre 80 y 100 km/hr. Deben ser diseñadas acorde con lo indicado en el Manual de Carreteras Urbanas. A ambos lados de la calzada deben existir aceras para peatones. Deben ser diseñadas acorde con lo indicado en el Manual de Carreteras Urbanas.
Vialidad Troncal	Vialidad primaria para la conexión entre las diferentes zonas urbanas de diferentes comunas y que tiene adaptaciones para la circulación de autobuses de transporte público de gran capacidad, dándole prioridad de paso respecto al transporte particular. Diseñadas para velocidades de entre 50 y 80 km/hr. Se especifica que ambos lados de la calzada deben existir aceras para peatones. Deben ser diseñadas acorde con lo indicado en el Manual de Carreteras Urbanas.
Línea ferroviaria	Corresponden a las vías férreas y los terrenos colindantes a ella. Estas áreas pertenecen a la compañía de ferrocarriles y deben mantenerse despejadas de infraestructura y vegetación arbórea.
Líneas de Transmisión Energética	Franjas de terreno destinadas a proteger los tendidos de las redes eléctricas de alta tensión. Si bien existen líneas con distinta capacidad de tensión, dentro de las áreas urbanas de la RM son casi todas de 110 kV.
Áreas de alto riesgo natural por inundación (Cursos de agua)	
Ríos y esteros	Cursos naturales de agua permanente y de mayor jerarquía (Ríos Maipo, Mapocho y Angostura. Esteros Puangue, Alhué, Yali, Paine – El Escorial)
Canales Abiertos	Cursos de agua de origen cultural y abiertos, destinados principalmente al riego agrícola y también al drenaje de áreas urbanas. El curso de agua y su faja de resguardo pertenecen generalmente a asociaciones de canalistas y son quienes las gestionan.

Los parámetros normativos regulan principalmente el ancho de la franja de protección y los usos permitidos/restringidos. En ocasiones, los parámetros regulatorios son amplios, pudiendo acogerse un CLP a variados usos de suelo e incluso variar en su ancho de protección. Esto implica que la franja de protección de los CLPs puede ser intervenida de diferentes formas a lo largo de la misma. Por ejemplo, el ancho de protección asociada a una línea de transmisión eléctrica puede ser usada como parque lineal o destinarse a vialidad; variando de ese modo el uso de suelo y equipamiento.

A su vez, los IPTs hacen indicaciones diferenciadas sobre la regulación de algunos CLPs cuando están dentro o fuera del área urbana. En estos casos lo que cambia es esencialmente el ancho de protección, siendo los CLPs asociados a agua y a riesgos de origen natural los que más varían, volviéndose significativamente más angostos en áreas urbanas. Este punto se desarrolla con mayor profundidad en la sección 4.1.1.2.

4.1.1.1. Usos de suelo nominales y restricciones de uso

Los usos de suelo designados por los IPTs para las franjas de protección de los CLPs fueron forestación, agricultura, turismo al aire libre, espacio público, área verde, esparcimiento-recreación, culto-cultura, deporte y vialidad (ver Tabla 6).

En el caso de ríos y esteros y todos los CLPs asociados a parques, se observa una designación simultánea de usos de suelo de espacio público, área verde, esparcimiento-recreación, culto-cultura y deporte. Además, un 30% del ancho puede designarse al uso de suelo como vialidad.

Además, el año 2004, por medio de la modificación del artículo 59 de la LGUC se fijó la caducidad de entre 5 y 10 años a las declaratorias de utilidad pública, pasando entonces los terrenos a tener automáticamente el uso de suelo de los predios colindantes y no pudiendo volver a acogerse al uso de suelo que tenían designado. Desde entonces, las áreas verdes designadas han ido despareciendo (Herman, P. 2013).

Tabla 6: Usos de suelo y equipamiento designado para cada tipo CLPs**.**

CLP	Uso de suelo, equipamiento y ancho designado
Sistema Metropolitano de Áreas Verdes y Recreación	
Parques adyacentes al sistema vial	Uso de suelo: Áreas Verdes y Espacio Público. Equipamiento: Deporte, culto y cultura, esparcimiento-recreación al aire libre. Ocupación de suelo no mayor al 5%.
Parques adyacentes a cauces	Uso de suelo: Áreas Verdes y Espacio Público Equipamiento: Deporte, culto y cultura, esparcimiento-recreación al aire libre. Ocupación de suelo no mayor al 5%
Parques Quebradas	Uso de suelo: Áreas Verdes, Recreacional, Deportivo, Esparcimiento y Turismo al aire libre. Equipamiento: Mínimo necesario. Ocupación de suelo no mayor al 1%
Resguardo de Infraestructura Metropolitana	
Vialidad Express	Uso de suelo: Vialidad, y el espacio de aceras se destina al peatón. Equipamiento de aceras: Arbolado, luminarias, bancas y otras infraestructuras afines, pudiendo incluirse ciclovías
Vialidad Troncal	Uso de suelo: Vialidad, y el espacio de aceras se destina al peatón. Equipamiento de aceras: Arbolado, luminarias, bancas y otras infraestructuras afines, pudiendo incluirse ciclovías.
Línea ferroviaria	Uso de suelo: Vialidad, y el espacio de aceras se destina al peatón. Equipamiento: No podrá efectuarse construcciones definitivas, salvo las necesarias para la operación del ferrocarril.
Líneas de Transmisión Energética	Uso de suelo: Vialidad o Área Verde Equipamiento: Arboles que no sobrepasen los 4 m de altura y equipamiento mínimo necesario para las áreas verdes. Se prohíbe emplazar construcciones, realizar movimientos de tierra o disminuir la cubierta de tierra.
Cursos de agua (Áreas de alto riesgo natural por inundación)	
Ríos y esteros	Uso de suelo: Actividades agrícolas y de forestación, área verde, espacio público y todas las actividades al aire libre. Equipamiento mínimo e indispensable para esparcimiento, recreación y/o deporte.
Canales Abiertos	Uso de suelo: según Planes Reguladores Comunales (generalmente se destinan a área verde o vialidad) Equipamiento: El necesario para la operación del canal.

4.1.1.2. Ancho de las franjas de protección

El ancho de las franjas de protección de los CLPs es definido de forma genérica por los IPTs señalando parámetros mínimos y máximos (ver Figura 7), así como otras indicaciones que los dotan de variabilidad. Como se adelantó en los métodos (ver 3.2), antes de estimar el ancho de protección de cada tipo de CLPs, se identificaron los

factores de variabilidad, dando como resultado un rango de medidas del ancho de protección para cada tipo de CLPs (ver figura 7).

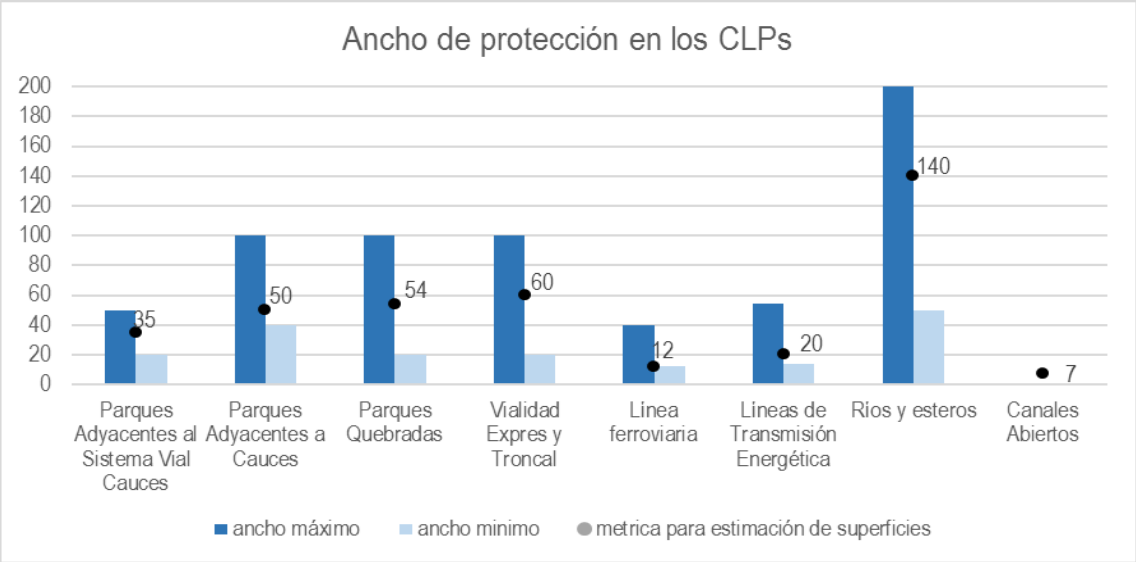


Figura 7: Ancho de protección para cada tipo de CLP. Las barras azul obscuro indican el máximo ancho de protección y las celeste el mínimo. Los puntos negros indican el ancho de protección con que se representaron los CLPs en el instrumento de evaluación.

Los factores de variabilidad del ancho de los CLPs identificados son los siguientes:

1. *Diferencias entre área urbana y área rural:* Esta diferenciación del ancho de protección afecta las líneas de tren y los cursos de agua. En el caso de los cursos de agua la protección disminuye desde 200 m a 50 m. La protección de las líneas de tren la disminuye de 40 a 24 m.

2. *Singularidad de cada CLPs:* Esta situación afecta a los cursos de agua, áreas verdes y líneas de transmisión eléctrica. Los cursos de agua (quebradas, ríos y esteros) y áreas verdes son graficados de manera variable en los planos del PRMS, siguiendo la forma de cada entidad. Las líneas de trasmisión eléctrica presentan una protección variable de acuerdo con la carga de trasmisión energética de cada una, variando entre los 14 y 54 m (OPRMS, Artículo 8.4.3.b).

3. *Mecanismos de modificación del ancho:* Los anchos de protección de los CLPs asociados a cursos de agua y área verde pueden ser alterados si la propuesta de modificación se ha *"fundado en un Estudio Técnico Específico de Riesgo, debidamente aprobado por el organismo competente"* (OGUC, pág. 119). Los permisos para establecer dichas modificaciones son otorgados por la Dirección General de Aguas del MOP, cuando se refieren a cursos de agua. Generalmente, este tipo de modificaciones son solicitadas para ampliar el ancho de las calles y las zonas urbanizables.

4. *Vialidad potencial en los CLPs:* Existe la posibilidad de entregar un 30% del ancho de protección a vialidad a lo largo de los CLPs asociados a cursos de agua y a áreas verdes.

5. *Definiciones de escala comunal y/o seccional*: En el caso de los canales, el ancho de protección se establece por instrumentos de planificación territorial (IPTs) de escala comunal o seccional. El PRMS sólo establece que el ancho de protección no puede ser menor que el 50% del ancho del cauce, pero deja abierta la posibilidad a que sea mayor, siendo labor de los IPTs de escala comunal establecer el ancho de protección de cada canal. Debido a lo anterior, no fue posible en esta investigación reflejar con precisión el ancho de protección de los canales, ya que se expresa a una escala de observación que se escapa a las posibilidades de este trabajo.

Del análisis realizado sobre los IPTs se observa que las franjas de protección están destinadas a proteger a las personas de potenciales peligros (por ej. inundaciones) o a proteger las infraestructuras para asegurar el suministro de algún servicio (por ej. energía, agua de riego, conectividad vial, entre otros). A su vez, y sólo en el caso de los CLPs asociados a cursos de agua, se indica que dicha franja tiene un rol ecológico, sin embargo, no hace referencias específicas sobre este punto.

4.1.2. Caracterización espacial de componentes lineales del paisaje

Los CLPs fueron caracterizados espacialmente, tanto a escala regional como de ciudad utilizando cartografía base provista por el GORE RM y mapas del PRMS provenientes de la SEREMI MINVU. Al reunir esta información en una única cartografía se evidenció la baja calidad de los archivos base y la incongruencia entre planos y Ordenanza. Debido a lo anterior, no fue posible soslayar todas las faltas cartográficas, a pesar de la reorganización de los datos. Por lo tanto, la información espacial expresada en este trabajo en lo que respecta a los tipos de líneas de canales, parques adyacentes al sistema vial, parques adyacentes a cauces y parques quebrada podría cambiar si se tuvieran datos espaciales de mejor calidad y consistentes entre Ordenanza y planos del PRMS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de las métricas principales de los CLPs tanto a escala regional como de ciudad.

4.1.2.1. Caracterización espacial de los componentes lineales del paisaje a escala regional

Los cinco CLPs identificados a escala regional tienen una presencia que suma 101.746,8 ha de superficie (equivalente a un 7% del total regional), 6.138,4 km lineales y 189 unidades lineales (ver Tabla 7).

Tabla 7: Métricas principales de los CLPs a escala regional.

CLPs regionales	N° de Unidades	Superficie total (ha)	Superficie promedio (ha)	Largo total (km)	Largo promedio (km)	% de la superficie total	% largo total
Ríos y Esteros	34	95.226,4	2.800,8	2.987,9	87,9	**93,6%**	**48,7%**
*Canales abiertos	112	1.175,6	10,5	1.679,4	15,0	**1,2%**	**27,4%**
Transmisión Eléctrica	11	1.171,2	106,5	585,9	53,3	**1,2%**	**9,5%**
*Vialidad expresa y troncal	27	3.889,1	144,0	648,2	24,0	**3,8%**	**10,6%**
Vías Ferroviarias	5	284,5	56,9	237,0	47,4	**0,3%**	**3,9%**

*La superficie total y promedio de los CLPs asociados a vialidad se realizó en base a su ancho promedio (60 m); y en el caso de los canales se estimó en base a un ancho continuo de 7 m.

Cada uno de estos CLPs aporta con diversas formas y extensiones, dibujando en su conjunto una red de elementos lineales espacialmente interconectada (ver figura 8).

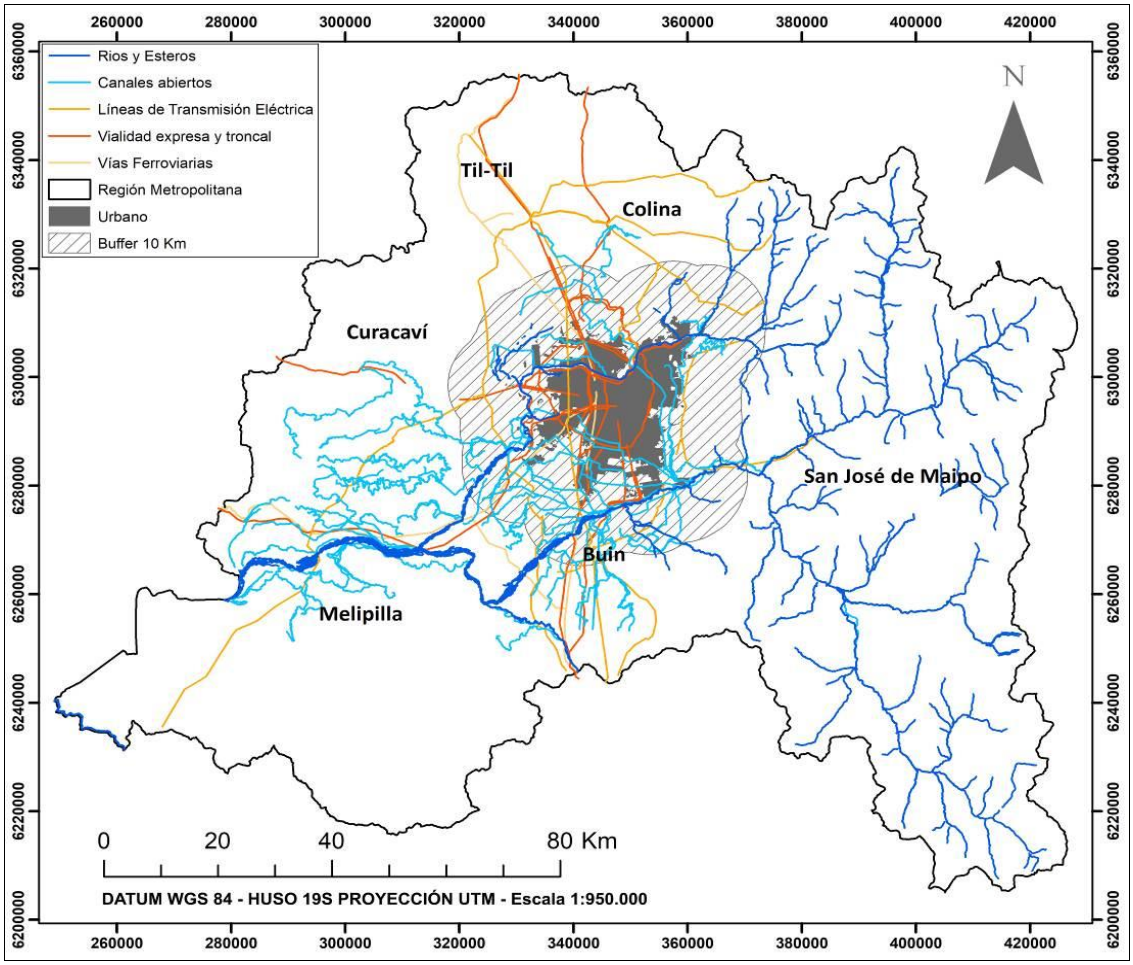


Figura 8: Mapa de los componentes lineales del paisaje a escala regional.

En la Tabla 7 se observan los ríos y esteros como el principal CLP a escala regional, tanto por su largo total (48,7% del total) como por la superficie total aportada (93,6% del total).

Según la Tabla 7, el resto de los CLPs identificados realizan aportaciones menores en cuanto al total de superficie estimada, sumando entre todos ellos menos del 7% de

superficie (vialidad= 3,8%, canales y transmisión eléctrica= 1,2%, vías ferroviarias=0,3%).

Respecto al largo total de CLPs en la región, los ríos y esteros representan casi la mitad del total, no obstante, el resto de los CLPs realizan un aporte conjunto del 51,3%. Los canales aportan con un 27,4%, vialidad expresa y troncal con 10,6%, transmisión eléctrica 9,5% (585 km) y por último las vías ferroviarias un 3,9% (ver Tabla 7).

4.1.2.2. Caracterización espacial de los componentes lineales del paisaje a escala de ciudad

Los ocho CLPs identificados a escala de ciudad son, además de los cinco identificados a escala regional, los tres tipos asociados a área verde (parques quebrada, parque adyacente al sistema vial y parque adyacente a cauce de agua). En conjunto, estos 8 tipos de componentes lineales suman 168 unidades que sumadas aportan con 1.914 ha de superficie y 4232,5 km lineales (ver

Tabla 8). Cada CLPs contribuye con diversas formas y extensiones, trazando en su conjunto una red de elementos lineales espacialmente interconectada que se distribuyen en mayor número en la periferia y borde del límite urbano (ver figura 9).

Destacan con la mayor superficie los ríos y esteros (50,5%) seguidos por la vialidad expresa y troncal (28,2%). Las tres categorías de CLPs asociado a área verde aportan 297,9ha equivalentes a un 15,6% de la superficie total (ver Tabla 8).

Respecto al largo total de cada tipo de CLP los canales abiertos realizan las mayores aportaciones (36,1%), seguidos por la vialidad expresa y troncal (21,3%), los ríos y esteros (13%) y las líneas de transmisión eléctrica (10,8%). Las líneas ferroviarias aportan con un escaso 3,9% del largo total. Por su parte, las tres categorías de área verde aportan con un 14,9% del largo total.

Tabla 8: Métricas principales de los componentes lineales del paisaje a escala de ciudad.

Componentes lineales del paisaje a escala de ciudad	N° Elementos	Superficie total (ha)	Superficie media (ha)	Largo total (km)	Largo medio (km)	**% de la superficie total**	**% del largo total**
Parques ady. a cauces	8	150,1	18,8	247,0	30,9	**7,8%**	**5,8%**
Parques ady. a vialidad	3	48,6	16,2	135,0	45,0	**2,5%**	**3,2%**
Parques Quebradas	8	99,2	12,4	248,8	31,1	**5,2%**	**5,9%**
Ríos y Esteros	21	966,4	46,0	550,0	26,2	**50,5%**	**13,0%**
*Canales abiertos	85	53,4	0,6	1.526,4	18,0	**2,8%**	**36,1%**
Transmisión Eléctrica	11	45,7	4,2	457,1	41,6	**2,4%**	**10,8%**
**Vialidad expresa y troncal	27	540,2	20,0	900,4	33,3	**28,2%**	**21,3%**
Vías Ferroviarias	5	10,0	2,0	166,7	33,3	**0,5%**	**3,9%**

*La superficie de los canales se estimó en base a un ancho continuo de 7 m.
**La superficie de vialidad se estimó de acuerdo con su ancho de protección promedio (60 m.).

En la figura 9 se observa que la vialidad expresa y troncal alcanza la mayor presencia dentro del área urbana. Los canales se concentran en la periferia de la ciudad y generalmente asociados al río Maipo. Además, realizan algunas penetraciones, dos de la cuales llevan aparejadas áreas verdes adyacentes a cauce (canal las Perdices y San Carlos). Los parques adyacentes a vialidad sólo se desarrollan dentro del área urbana o en su borde inmediato, a diferencia de las demás categorías de área verde. Parques quebrada tienen una concentrada distribución en la periferia oriente de la ciudad, conformando en su conjunto un sistema de corredores que conecta zonas silvestres con el área urbana.

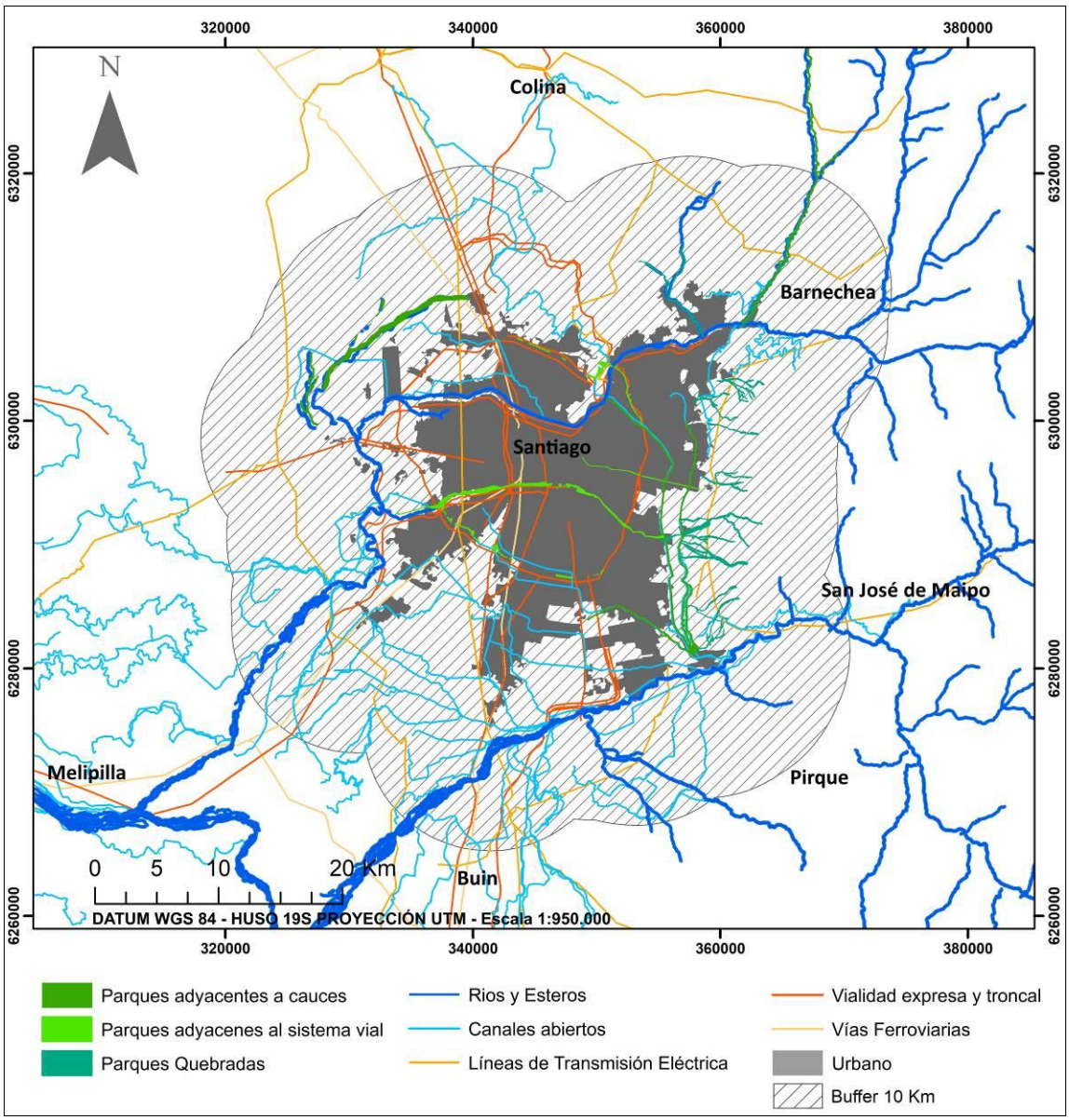


Figura 9: Mapa de los Componentes Lineales del Paisaje a escala de ciudad.

4.1.3. Caracterización individual de los componentes lineales del paisaje a escala de ciudad

Esta sección presenta una descripción en mayor detalle de cada uno de los CLPs identificados. La descripción repasa aspectos generales detectados para cada CLPs en los IPTs, utilizando fotografías[5] y observaciones realizadas en terreno.

4.1.3.1. Ríos y esteros

Son el conjunto de CLP de mayor complejidad espacial y extensión. Se originan en la cordillera de los Andes, por medio de quebradas y esteros que paulatinamente se reúnen dando lugar a los cursos de agua principales de la región: los ríos Mapocho y Maipo. Se reconocieron 21 elementos que en conjunto suman 550,03 km lineales y 966,35 ha de superficie.

Junto con algunos parques adyacentes a cauces y los parques quebrada, son los únicos CLPs de origen natural.

La forma de ocupación de los ríos y esteros es variable. En general, su estado de conservación empeora en la medida que se acercan y entran a la ciudad. De hecho, en el centro de la capital, el lecho y bordes del río Mapocho (cauce de agua entorno al cuál se fundó la ciudad) han sido impermeabilizados eliminando todo indicio del ecosistema ribereño original, así como también toda posibilidad de que la ciudadanía se conecte con el río de forma directa, más allá de la experiencia visual que unos pocos puntos de la ciudad ofrece, entregando de ese modo un concepto de río diferente de lo que son los cauces de agua de un ecosistema mediterráneo no intervenido (ver foto izquierda de la Figura 10).

---

[5] Las fotos incluidas en este capítulo (4.1.3.) fueron tomadas de *Google Street View* en julio de 2014, salvo indicación contraria en el texto.

Hacia las afueras de las áreas urbanas (tanto río arriba como abajo), los cauces logran adquirir algunas características ecológicas cercanas a su estado natural: el ancho se vuelve mayor, recuperan la porosidad del lecho y aparecen áreas de inundación; sin embargo, carecen de la vegetación ribereña original y su cauce ha sido transformado para extraer agua y áridos (ver foto derecha de la Figura 10).

Figura 10: Fotos de los ríos Mapocho (izquierda) y Maipo (derecha).

4.1.3.2. Canales abiertos

Sistema compuesto por un gran número de elementos (5 unidades), alta complejidad y continuidad espacial.

En su mayoría, los canales toman sus aguas del río Maipo y las distribuyen hacia el norte y sur de la región, atravesando el valle de Santiago (actualmente ciudad de Santiago) y configurando una red de aguas de riego. De acuerdo con los antecedentes colectados, existirían 1.526,4 km lineales y 53,43 ha de canales.

Los canales son infraestructuras que preceden el desarrollo urbano de Santiago y en algunos casos son incluso anteriores a la ocupación española (Stehberg y Sotomayor, 2012). En su origen, fueron destinados al riego del valle de Santiago, y hoy, además, sirven como vías de drenaje ante inundaciones.

Generalmente, el cauce del canal y su faja de resguardo ha sido desatendido en el diseño de la ciudad, resultando de ello un espacio residual, fondo de sitios, foco de basura y delincuencia (ver foto izquierda de la Figura 11).

Figura 11: A la izquierda, canal Lo Espejo en la comuna de San Bernardo. A la derecha, canal Las Perdices en una de sus secciones que corre bajo el pavimento, comuna de La Reina.

4.1.3.3. Parques adyacentes a cauces

Del total de 16 Parques adyacentes a cauces designados por el PRMS en su Ordenanza, sólo 6 de ellos cumplieron con el criterio de tener un largo mayor o igual a 10 km. Estos 6 parques identificados reconocen algunos de los principales cursos de agua de la RM: río Mapocho (Parque del Río Mapocho) y Maipo (Parque del Río Maipú), canal Las Perdices (Parque Canal Las Perdices) y San Carlos (Parque Tobalaba o riberas del Canal del San Carlos) y estero Colina (Parque Estero Colina).

Actualmente, estos parques presentan interrupciones en su continuidad debido al cruce de calles (ver foto izquierda de la Figura 12) y a que algunos tramos no han sido implementados (a pesar de que en algunos casos la cartografía del MINVU los presenta como un continuo). Además, los parques de esta categoría no se comunican unos con otros, aun cuando los cursos de agua si lo hacen.

A su vez, el diseño de estos parques está orientado a resolver las demandas sociales de recreación, ocio y belleza escénica (ver foto derecha de la Figura 12). De hecho, el

diseño de los parques comúnmente sigue el modelo de parques jardín y pocas veces incorpora vegetación nativa.

Los parques del río Maipo y Mapocho reciben además la designación de franjas de resguardo de cursos de agua y tienen la designación de parques Metropolitanos, una de las categorías de área verdes definidas por el PRC. La OPRMS posibilita desarrollar actividades comerciales dentro de ellos y el equipamiento pueda ocupar hasta un 3% de su superficie, lo cual es menor a lo permitido en los demás parques adyacentes a cauces, donde se permite hasta un 5% de ocupación de suelo.

Figura 12: A la izquierda: Parque Canal San Carlos en la intersección con Av. Grecia. A la derecha, Parque Estero Colina, en la comuna de Colina (Tomada de www.miparque.cl, septiembre de 2016).

4.1.3.4. Parques adyacentes al sistema vial

El PRMS designa 32 parques adyacentes al sistema vial, contando sólo 3 de ellos con un largo superior a 10 km. Aportan con 48,59 ha de superficie y 16,19 km lineales. Los nombres de estos parques no fue posible reconocerlos, debido a que los archivos base no los contenían.

Esta categoría de CLP se caracteriza por su estructura fragmentada compuesta de pequeños parches alineados unos con otros. La separación entre cada parche está relacionada con el cruce de calles.

Por ubicarse a un costado de las avenidas, estos parques reciben un alto nivel de perturbaciones antrópicas relacionadas con la gran cantidad de vehículos motorizados y algunas en ocasiones, además, por el intensivo uso recreativo que se hace de ellos.

El estado de estos parques es variable y algunos de ellos no han sido implementados (como es el caso de la foto derecha de la Figura 13). En el caso de los parques que han sido implementados, sus criterios de diseño se basan en las ideas de parques jardín. Por ejemplo, en la Figura 13, foto izquierda, el arbolado es exótico (*Platanus orientalis, Liquidámbar styraciflua L*. *Sequoia sempervirens*) y el pasto contrasta con el matorral esclerófilo del paisaje circundantes.

Figura 13: Izquierda: Av. Pie Andino, Comuna de Lo Barnechea. Derecha: Av. Pdte. Eduardo Frei Montalva, Comuna de Conchalí.

4.1.3.5. Parques quebrada

Son 79 parques quebrada los descritos en la Ordenanza del PRMS. De ellos, sólo 8 tienen una extensión mayor o igual a 10 km y se ubican casi en su totalidad en el pie de monte andino. En total, aportan con 248,84 km lineales y 99,21 ha de parque.

Se configuran como una serie de elementos lineales y semi-paralelos entre sí que conectan el sector oriente de la ciudad con áreas naturales de la precordillera de los Andes.

En esta categoría se encuentran algunos de los parques de mayor envergadura de Santiago: Parque Quebrada de Macul (ver Figura 14) y el Parque Natural Aguas de Ramón (en límite de las comunas de La Reina y Las Condes). Cabe destacar que ambos parques incluyen dentro de sus instalaciones una planta de agua potable que abastece, en parte, a la población de Santiago.

Figura 14: Izquierda: Parque Natural Quebrada de Macul, ubicado en la comuna de La Florida. A la derecha, Parque Quebrada Las Hualtatas en la comuna de Lo Barnechea.

Se observa que este tipo de parque desaparecen una vez que se encuentra con el suelo urbano o poco después. Desde ese momento se encauzan las aguas que los originan. En primera instancia, esta operación ocurre encausando el cauce en “autopistas de hormigón” que luego viajan bajo tierra (ver Figura 15). Esto implica que, junto con la cualidad de espacio público del cauce de agua, desaparece también el ecosistema ribereño asociado a la quebrada.

Figura 15: Aguas provenientes del Parque Natural Aguas de Ramón en su intersección con avenida Monseñor Edwards, comuna de La Reina.

4.1.3.6. Líneas de transmisión eléctrica

La RM es atravesada por diversas líneas de trasmisión eléctricas. Estas se agrupan en 5 categorías según su voltaje de transmisión, el cual va desde 66 kV a 500 kV. La primera categoría (66 kV) no fue analizada en este trabajo dado que se asocia a una escala de observación barrial y de mayor detalle. Sólo se consideraron las líneas de transmisión de 110 kV o más. De ellas, se identificaron 11 unidades, sumaron 457 km lineales y 45,70 ha de superficie.

En la franja de resguardo se permiten usos de suelo de área verde y vialidad. El ancho está determinando por la tensión de trasmisión, donde a mayor voltaje, mayor ancho de la franja de protección. Si bien en la RM existen líneas de 500 kV, sólo las de 110 kV se presentan dentro de área urbana. Estas últimas llevan asociadas un ancho de protección de 20 m totales. En sentido norte-sur destaca el trazado del Sistema Interconectado Central (SIC) que transmite 500 kV y conlleva una franja de protección de 54 m de ancho total. Este trazado no se introduce en zonas urbanas y recibe la energía de las líneas provenientes de la cordillera de los Andes, que hacen parte de la escala de observación de ciudad.

El estado de ocupación de las franjas de resguardo es variable. En zonas rurales es frecuente que estén integradas a usos de suelo agrícola (los cables pasan por sobre

las plantaciones) o hagan parte de las franjas de resguardo de las carreteras. En áreas urbanas, las franjas de protección suelen destinarse a vialidad y área verde de forma compartida, asignando diferentes proporciones a cada uno de estos usos (ver Figura 16). Dentro de la ciudad también hay casos donde el trazado ocurre a través de sitios privados.

Figura 16: Izquierda: Área verde asociada a la línea de transmisión en Av. Las Torres, comuna de Macul. Derecha: Av. Cuarto Centenario, Comuna de Las Condes, en un tramo donde su área verde asociada se entregó a vialidad.

4.1.3.7. Vialidad expresa y troncal

Sistema vial compuesto por 27 unidades conectando la ciudad de Santiago de forma interna y hacia otras regiones. En total, suman 900,53 km lineales y 50 ha de superficie estimadas. Este sistema se complejiza al interior del área urbana de Santiago, adquiriendo mayor número de elementos.

Estas infraestructuras gozan de una robusta continuidad espacial y han sido especialmente diseñadas para vehículos motorizados que viajan a alta velocidad, dejando pocas oportunidades para que algún rasgo de la naturaleza se exprese a través de ellas. A su vez, son espacios que implican fuertes perturbaciones de ruido, contaminación atmosférica y aumento de las temperaturas de sitio.

De acuerdo con el Manual de Vialidad, este sistema debería incorporar una acera en cada uno de sus bordes para facilitar el tránsito peatonal o bien un bandejón central,

como en la foto derecha de la Figura 17. En ambos casos (en el bandejón o en la acera) existe la oportunidad de incorporar arbolado y/o vegetación.

En algunos casos, existen avenidas densamente pobladas de árboles en sus bordes, sin embargo, la situación muchas veces no se da.

Figura 17: A la izquierda: Avenida Américo Vespucio en la comuna de los Espejo. A la derecha: Autopista del Sol (ruta 78) que destaca por su bandejón central poblado de pimientos (*Schinus molle*).

4.1.3.8. Vías ferroviarias

Conjunto de CLPs compuesto por 5 elementos de alta continuidad estructural. Se extienden atravesando la región en sentido norte a sur y desde el centro hacia el poniente. Contribuye con 10 ha y 166,72 km lineales.

El ancho de resguardo de las líneas ferroviarias varía de 20 m a 12 m por cada lado de la línea, dependiendo si es zona rural o urbana, respectivamente.

Dos características de las vías ferroviarias y sus franjas de resguardo son, por una parte, la contundente continuidad espacial, y por otra, la imposibilidad de construir sobre ellas cualquier tipo de edificación (salvo equipamiento para el funcionamiento del tren), quedando incluso excluida la posibilidad de plantar arbolado en ellas (aunque si son permitidos arbustos y hierbas).

El estado de las líneas de tren en la RM presenta dos situaciones: en uso y en abandono. En ambas situaciones, la vía ferroviaria y su faja de resguardo no están integradas con la ciudad y en ocasiones se convierten en micro-basurales informales (ver foto derecha de la Figura 18). Esta situación es similar a la observada en los canales.

Figura 18: Izquierda: Línea del tren en la comuna de Quinta Normal, intersección con Av. Carrascal. Derecha: Línea del tren en la intersección de Tres Puentes con Del Ferrocarril, comuna de Maipú.

4.2. Evaluación de los componentes lineales del paisaje para sostener funciones ecosistémicas

En lo que sigue se presentan los resultados del segundo objetivo de este trabajo, vale decir, del análisis del potencial de los componentes lineales del paisaje metropolitano de Santiago para sostener funciones ecosistémicas.

En términos generales, el instrumento fue sencillo de usar por parte de los evaluadores y los escenarios creados para cada tipo de CLP fueron aprobados de forma unánime por los expertos.

La Tabla 9 contiene el valor de síntesis (moda) de las entrevistas a expertos y refleja el potencial de los CLPs para sostener FEs (para ver los resultados de la evaluación de cada uno de los expertos ver Anexo 3). Los mayores potenciales se concentran en los

CLPs de origen natural (ríos y esteros y parques quebrada). Con valores un poco menores se observan los parques adyacentes a cauces y con potenciales relativamente altos. Con potenciales que van de medios a bajos se observan los parques adyacentes al sistema vial. Vías ferroviarias, canales y esteros y líneas de transmisión eléctrica presentan potenciales generalmente bajos. Finalmente, con potenciales nulos y bajo se observa la vialidad expresa y troncal.

Tabla 9: Tabla resumen del potencial de los CLPs para sostener funciones ecosistémicas.

	Parques adyacentes al sistema vial	Parques adyacentes a cauces	Parques quebrada	Vialidad expresa y troncal	Vías ferroviarias	Líneas de Transmisión eléctrica	Ríos y esteros	Canales abiertos
Formación y retención de suelo	1	1	3	0	1	1	3	1
Ciclado de nutrientes	2	2	3	0	1	1	3	1
Polinización	2	2	2	1	1	1	3	1
Dinámicas tróficas y de poblaciones	1	2	2	1	1	1	3	1
Hábitat	1	2	2	0	1	2	3	1
Productividad primaria	2	2	3	1	1	1	3	1
Conservación de material genético	1	2	2	0	2	1	3	1
Ciclado hidrológico	1	3	3	0	1	1	3	2
0 = potencial nulo o insignificante; 1 = potencial bajo; 2 = potencial medio; 3 = potencial alto.								

En la Tabla 10 se presenta la varianza entre las diferentes evaluaciones emitidas por los expertos. En ella se observa una dispersión baja o nula en la mayoría de las evaluaciones (55% de ellas). Pese a lo anterior, el 30% de las evaluaciones presentó una dispersión media y un 15% una dispersión alta.

En las funciones de formación y retención de suelo, así como para el ciclado de nutrientes la dispersión estuvo detonada por aspectos de gestión de los CLPs que el instrumento no consideró dentro de sus definiciones. La dispersión en la función de ciclado hidrológico se produjo entre evaluadores de distintas disciplinas, donde por un

lado coincidieron aquellos con formación en geografía, y por otro, aquellos con fromación en ecología e ingeniería forestal. El resto de los casos que detonaron alta dispersión se produjo a partir de experiencias puntuales de los evaluadores que sesgaron su evaluación hacia valores extremos.

Tabla 10: Varianza entre las evaluaciones emitidas por el grupo de expertos consultados.

	Parques adyacentes al sistema vial	Parques adyacentes a cauces	Parques quebrada	Vialidad expresa y troncal	Vías ferroviarias	Líneas de Transmisión eléctrica	Ríos y esteros	Canales abiertos
Formación y retención de suelo	0,2	0,8	0,7	0,2	0,0	0,4	0,3	0,8
Ciclado de nutrientes	0,7	0,6	0,7	0,3	0,0	0,6	0,0	0,6
Polinización	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,6	0,0	0,6
Dinámicas tróficas y de poblaciones	0,2	0,2	0,3	0,3	0,6	0,6	0,3	0,6
Hábitat	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,7	0,3	0,6
Productividad primaria	0,4	0,4	0,3	0,4	0,2	0,3	0,3	0,3
Conservación de material genético	0,2	0,6	0,3	0,3	1,0	0,6	0,2	0,7
Ciclado hidrológico	0,3	0,7	0,7	0,3	0,6	0,4	0,0	0,6
Varianza igual o menor que 0,3 =	Dispersión baja o nula							
Varianza entre 0,4 y 0,6 =	Dispersión media							
Varianza igual o mayor que 0,7 =	Dispersión alta							

La Figura 19 presenta gráficos de 8 puntas que representan el potencial de cada CLP para sostener funciones ecosistémicas. En estos gráficos se observa que todos los CLPs presentan potencial para sostener al menos tres funciones ecosistémicas de forma simultánea. También se observa que la variabilidad entre CLPs es muy amplia, existiendo potenciales muy bajos en algunos casos (vialidad expresa y troncal) y muy altos en otros (ríos y esteros y parques quebrada).

Con excepción de la vialidad expresa y troncal, todos los CLPs tienen capacidad para sostener simultáneamente todas las FEs, aunque con valores muy variables. Los ríos y

esteros presentan los valores máximos en todas las funciones evaluadas. Parques asociados a cauces y a quebradas alternan entre valores altos y medios. Canales y parques asociados al sistema vial, presentan valores medios y bajos. Vías ferroviarias y líneas de transmisión eléctrica presentan valores bajos y sólo una función con potencial medio. Vialidad expresa y troncal sólo podría sostener 3 de las 8 FEs evaluadas y con valores bajos.

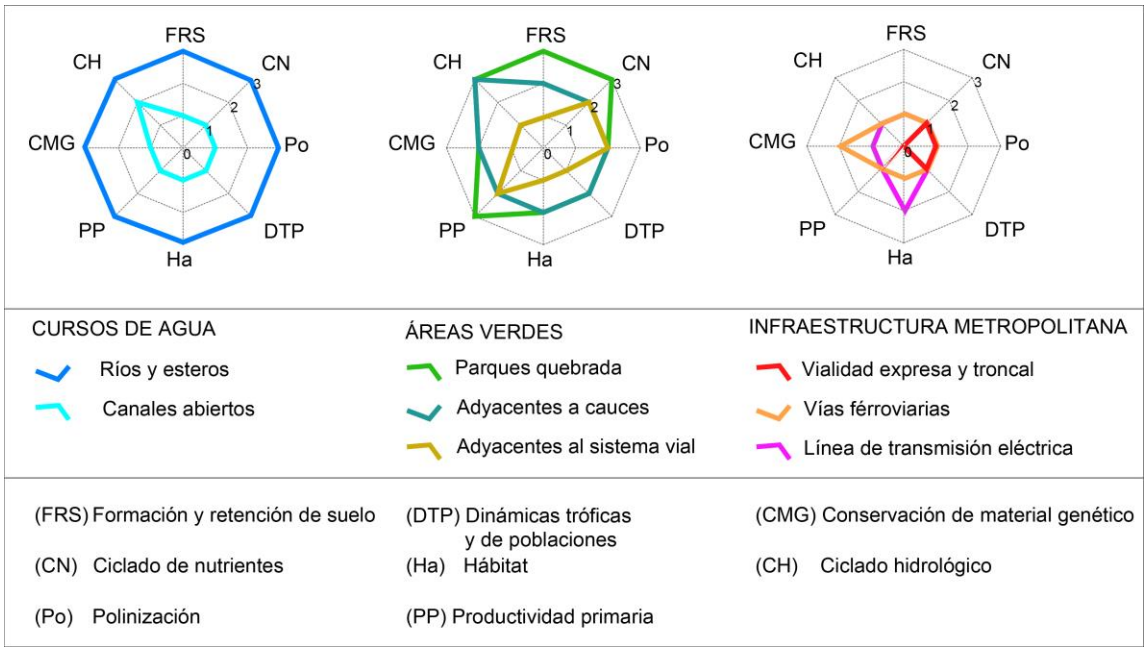


Figura 19: Gráfico comparativo de los CLPs y su potencial para sostener funciones ecosistémicas, agrupados por categorías. A la izquierda, cursos de agua, al medio, áreas verdes, a la izquierda, infraestructura metropolitana.

Finalmente, el gráfico de barras de la Figura 20 ilustra el *potencial global para sostener funciones ecosistémicas* (PGFE) de cada CLP. Los datos aquí presentados refuerzan los resultados previos, en los cuales ríos y esteros son el CLPs de mejor evaluado (PGFE =100%), seguido por los parques quebrada (PGFE =70,3%). Seguido a ellos y con alto potencial están los parques adyacentes a cauces (PGFE =50,6%). Con potencial medio se observan los parques adyacentes al sistema vial (PGFE =20,6%). Canales abiertos, vías ferroviarias y líneas de transmisión eléctrica obtuvieron una

evaluación baja (PGFE =14,1%). En último lugar, la vialidad expresa y troncal con un muy bajo potencial de sólo 2,8% de PGFE.

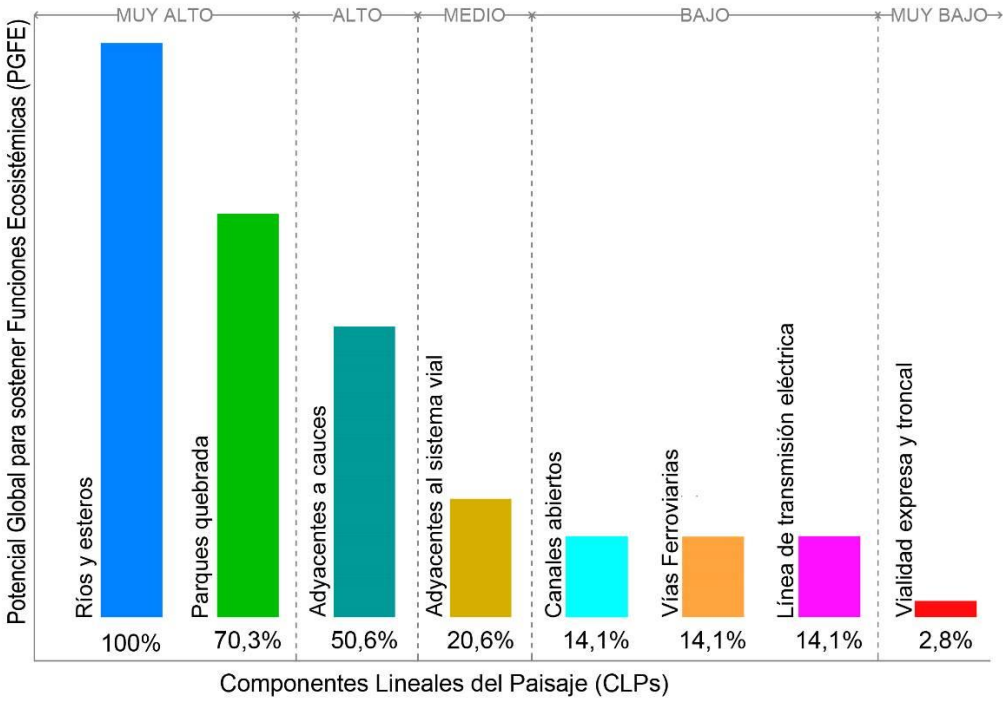


Figura 20: Potencial global para sostener funciones ecosistémicas (PGFE) de cada CLPs, ordenandos descendentemente según su potencial.

En términos espaciales, la distribución de estos potenciales se refleja en la Figura 21 (para ver cartografía completa revisar Anexo 6). Los ríos Maipo y Mapocho destacan con el mayor protagonismo debido a sus grandes dimensiones y alto valor de PGFE. En el oriente de la ciudad existe una serie de CLPs con altos niveles de PGFE que se constituye en base a los parques quebradas del pie de monte cordillerano. No obstante, este sistema denota una baja penetración en suelo urbano. Como elementos secundarios se observan CLPs con niveles medios de PGFE en los bordes de la ciudad, los cuales son canales de riego de las zonas rurales. El canal San Carlos y Las Perdices se introducen en la ciudad conectando los ríos Maipo y Mapocho y recorriendo el valle de sur a norte. Se observan CLPs de alta continuidad y bajos niveles de PGFE constituidos por infraestructuras metropolitanas (líneas de tren,

transmisión eléctrica y vialidad). Si bien estos últimos CLPs presentan una alta continuidad espacial y penetración en suelo urbano, son los más limitados desde la perspectiva de las PGFE.

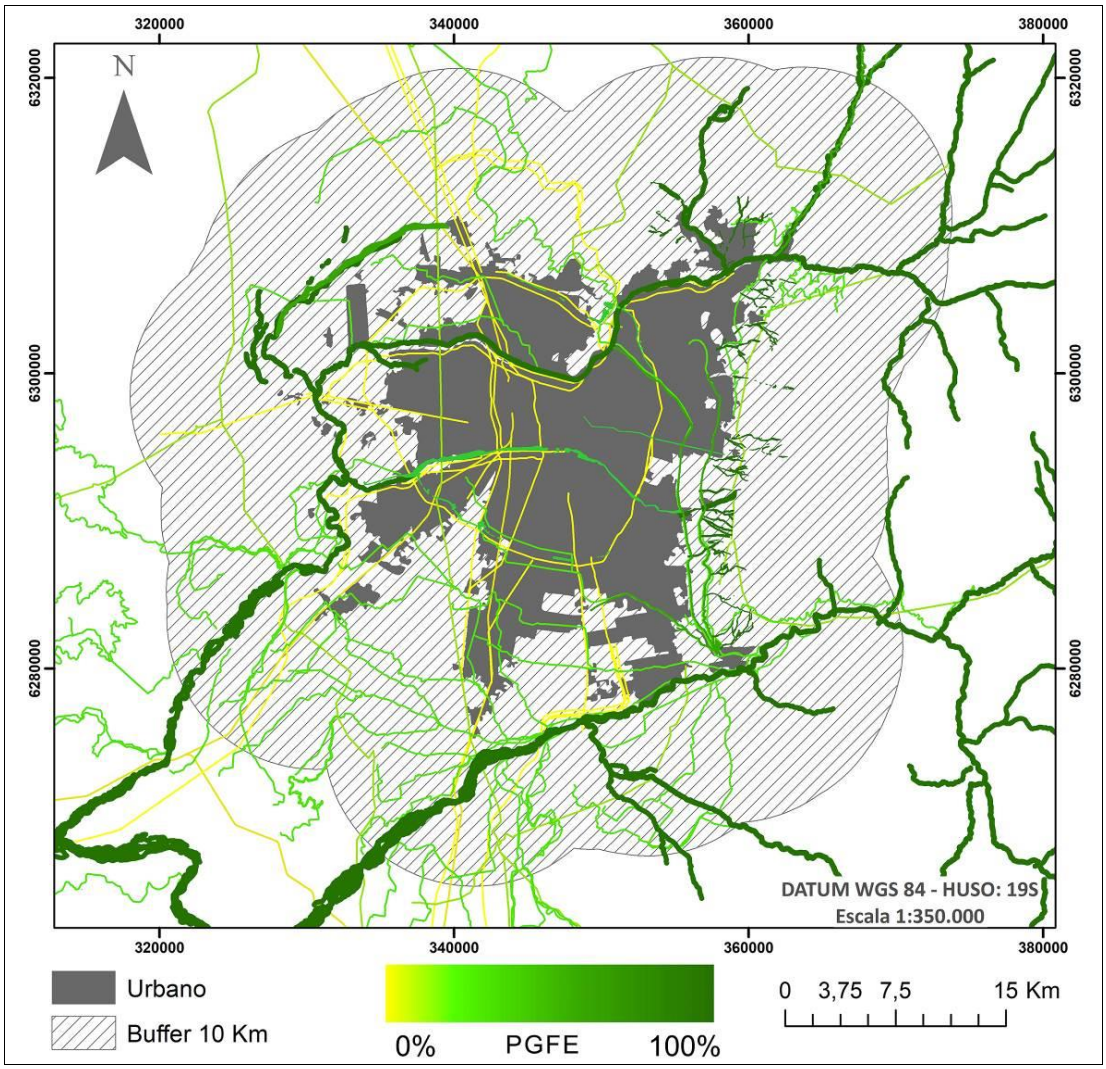


Figura 21: Mapa del potencial global para sostener funciones ecosistémicas (PGFE) de los componentes lineales del paisaje.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para cada CLPs de forma particular, ordenados descendentemente según su *potencial global para sostener funciones ecossitémicas* (en el mismo orden que se presentan en la Figura 20).

4.2.1.1. Ríos y esteros

Son el único CLP que presenta un PGFEs del 100%. Esto significa que todas las FEs se pueden dar de manera óptima a través de los ríos y esteros.

Además, los ríos y esteros fueron el CLP que menor dispersión presentó en sus evaluaciones.

4.2.1.2. Parques quebrada

Los parques quebrada presentan un PGFE del 77%, lo que representa una ponderación muy alta y siendo el segundo CLP mejor evaluado (ver Figura 20).

Las funciones de formación y retención de suelo, así como de ciclado de nutrientes y ciclado hidrológico alcanzaron valores máximos, aunque presentaron una alta dispersión. Según los entrevistados, no es claro si la hojarasca en este tipo de parques es removida del lugar o no, hecho fundamental para la dinámica de estas funciones. Las demás funciones presentaron un alto consenso.

Se observan altos valores en las funciones de ciclado hidrológico, retención y producción de suelo, ciclado de nutrientes, hábitat y productividad primaria.

4.2.1.3. Parques adyacentes a cauces

Presentan un PGFE del 58%, lo cual lo cual representa una ponderación media, respecto a los demás CLPs. Tienen la capacidad de sostener todas las FEs simultáneamente con valores principalmente. Destaca con un alto potencial la función de ciclado hidrológico, pero con un bajo potencial la función de formación y retención de suelo. Las demás funciones alcanzaron valores medios.

En general, la evaluación sobre los parques adyacentes a cauces denotó una alta dispersión. Por ejemplo, la función de ciclado hidrológico fue evaluada con potencial bajo, medio y alto por igual número de especialistas.

Así como en los parques adyacentes al sistema vial, los expertos señalaron el negativo efecto de las luminarias, el uso recreativo intensivo y quizás también del ruido en la función de hábitat.

4.2.1.4. Parques adyacentes al sistema vial

Presentan PGFE del 25%, lo cual representa una ponderación media (ver Figura 20). Estos parques tienen la capacidad de sostener todas las funciones ecosistémicas evaluadas, aunque con valores medios y bajos. En el marco de la evaluación, los expertos señalaron el efecto negativo de las luminarias, el uso recreativo intensivo y el ruido sobre la función de hábitat en los parques.

Con excepción del ciclado de nutrientes, existió alto consenso en las evaluaciones.

4.2.1.5. Canales abiertos

Presentan un PGFE del 14%, lo cual representa una ponderación baja, respecto a los demás CLPs. Tienen la capacidad de desempeñar todas las funciones evaluadas, aunque generalmente con valores bajos y medios. Destacan con los mayores potenciales las funciones relacionadas con el ciclado de nutrientes, formación y retención de suelo y la productividad primaria; alcanzando un potencial medio.

La dispersión de las evaluaciones fue relativamente alta. La opinión de los consultados estuvo dividida entre valores medios (2) y bajos (1) para cada FE.

4.2.1.6. Vías ferroviarias

Las vías ferroviarias presentan PGFE del 14%, lo cual representa una ponderación media baja respecto a los demás CLPs. Se observa capacidad para sostener todas las FEs simultáneamente, aunque su desempeño es bajo en cada una de ellas. Sólo la conservación de material genético alcanzó un valor medio.

Hubo un alto consenso entre las evaluaciones, salvo en la función de conservación de material genético, en la cual el potencial fue catalogado como nulo, bajo y medio. La

evaluación de nulo potencial provino de expertos con formación en geografía. Para los demás evaluadores, el potencial de conservación de material genético de las vías ferroviarias se relacionó con la posibilidad de acoger una amplia diversidad de especies de hierbas, flores y cactáceas, así como de microfauna (insectos).

4.2.1.7. Líneas de transmisión eléctrica

Las líneas de transmisión eléctrica presentan PGFE del 14%, lo cual representa una ponderación media baja en relación con los demás CLPs. Se observa en estas infraestructuras capacidad para sostener todas las FEs simultáneamente. Con excepción de la función de hábitat, que alcanzó una evaluación media, todas las demás obtuvieron una baja evaluación.

En términos generales las evaluaciones sobre este CLP presentaron una dispersión media. El mayor consenso se produjo en la función de productividad primaria, donde coincidieron en su bajo potencial. La mayor dispersión se produjo en la función de hábitat, en la cual se reiteró el patrón descrito previamente donde los expertos con formación de geógrafos descartaron el potencial de hábitat en este CLP.

Uno de los entrevistados señaló que la corriente eléctrica expulsa a la avifauna, aunque señaló que este tema no estaba demostrado y que por lo tanto no era claro el efecto.

4.2.1.8. Vialidad expresa y troncal

Presentan un PGFE del 3%, lo cual representa una ponderación muy baja, siendo el CLP peor evaluada de todos. Aun así, los expertos distinguieron que las funciones de polinización, dinámicas tróficas y de poblaciones y productividad primaria son posibles de desempañarse a través de estos espacios, aunque siempre con valores mínimos.

En general hubo un alto consenso entre las evaluaciones. Sólo la productividad primaria presentó una dispersión media, donde en opinión de uno de los expertos el potencial sería medio y no bajo.

5. DISCUSION

5.1. Identificación y caracterización de los componentes lineales del paisaje

Los componentes lineales del paisaje identificados en la normativa territorial analizada fueron 5 a escala regional y 8 a escala de ciudad, existiendo coincidencias respecto de los elementos reconocidos por la literatura citada sobre corredores verdes (ver Tabla 1). Este hecho induce a pensar con optimismo sobre el potencial de desarrollar corredores verdes en la RM. Esta coincidencia aplica para ríos, esteros, quebradas, líneas de trasmisión eléctrica, canales de regadío, parques lineales (en las tres categorías de parque que los IPTs definen), redes de carreteras y líneas férreas (Landscape Institute, 2009).

Los elementos lineales señalados por la literatura para el desarrollo de CVs y que no tuvieron coincidencia con los CLPs identificados en los IPTs analizados fueron: bordes costeros, gasoductos/acueductos, cinturones verdes designados, cordones montañosos, senderos de larga distancia y fallas geológicas (Landscape Institute, 2009). Debido a la condición continental del área de estudio, se explica la inexistencia de bordes costeros. En el caso de los gasoductos/acueductos y de los canales entubados, se descartaron porque sus trazados son subterráneos (y por lo tanto no rastreables desde una imagen aérea). Los cordones montañosos presentaron formas no lineales, quedando por lo tanto excluidos de la definición.

En cuanto a los senderos de larga distancia y los cinturones verdes designados no se encontró ningún elemento asimilable a ellos en los IPTs. Los cinturones verdes son un concepto relativamente reciente que se está utilizando en países de Europa, Asia y América del Norte para la conservación de áreas silvestres o agrícolas en el interfaz urbano rural (Centro de Estudios Ambientales de Vitoria-Gasteiz, 2012; Thomas y Littlewood, 2010.), pero que no ha permeado hacia Sudamérica ni Chile, con excepción de Colombia (Remolina, 2011). Los senderos de larga distancia son frecuentes en zonas de montaña (Benedit y McMahon, 2012) y en la RM existen rutas con alto nivel

de documentación (Andeshandbook, 2017), sin embargo, no cuentan con reconocimiento en los IPTs.

A diferencia de los demás elementos lineales que no tuvieron coincidencia entre lo señalado por la literatura y los identificados en los IPTs, la inexistencia de fallas geológica es difícil de argumentar, considerando que el territorio chileno y también el de la RM y la ciudad de Santiago, son parte de un territorio sísmico activo (Madariaga, 1998). En la Ordenanza del PRMS, artículo 8.2.1., se hace notar que existe interés por legislar sobre este punto, no obstante, la regulación sobre ellas no es posible dado que no aparecen en los planos del PRMS y quedan de ese modo invisibilizadas. Un caso ejemplificador y controversial sobre este punto se refiere a la falla de San Ramón, emplazada en el sector oriente del área urbana de Santiago (zonas residenciales e industriales, principalmente) y que ha suscitado estudios específicos justamente por estar inserta en la ciudad (Ferrando, 2002). Esto podría significar que la ciudad, al desarrollarse sobre fallas geológicas, genere equipamientos y usos poco seguros para la comunidad, en lugar de proveer espacios verdes seguros que además aporten resiliencia al entorno urbano.

Un mecanismo normativo que puede ser utilizado para la protección de los CLPs ante intervenciones que hagan desaparecer sus amenidades ecológicas, es su designación como Área Restringida o Excluida al Desarrollo Urbano (Artículo 8.1.6.), ya sea en la figura de Alto Riesgo para los Asentamientos Humanos, o de Valor Natural y/o de Interés Silvoagropecuario, o de Resguardo de Infraestructura Metropolitana. No obstante, si estas áreas no adquieren una valoración social y urbanística, siempre está latente su transformación como uso de suelo de vialidad e incluso industrial, si se fundamenta debidamente que el riesgo ha sido mitigado. Esto podría implicar una pérdida de opciones en la integración del funcionamiento ecológico en la trama de la ciudad, a la vez que genera entornos poco seguros para las personas, por situarse en áreas riesgo.

En el caso de los CLPs definidos como ríos, esteros, parques quebradas y parques adyacentes a cauces, la normativa se refiere a su franja de protección como “franja de

protección ecológica”, sin embargo, no explica a qué se refiere con este término. Podría ser positivo desarrollar este punto para que el funcionamiento ecológico de los cauces de agua sea regulado desde los IPTs. Como agravante, hay que destacar que el resto de los CLPs identificados no presenta ningún tipo de indicación o regulación sobre la ecología de estos. Esta situación implica que quede a criterio de quien interviene los CLPs y sus fajas de resguardo el destino del funcionamiento ecológico en ellos.

Podría resultar altamente significativo incluir en los IPTs parámetros ecológicos, tales como métricas de composición, proporción, índices de diversidad, de configuración espacial, tamaño, forma y borde de los parches, aislamiento/proximidad (Pauchard *et al.*, 2006), de forma tal, que desde la planificación territorial existan mayores y mejores herramientas para modelar el paisaje y conservar las FEs.

5.1.1. Usos de suelo nominales

Algunos de los usos de suelo designados por los IPTs para los CLPs son más compatibles que otros con intereses de conservación. En ese sentido, los usos de suelo de forestación, área verde, culto-cultura y turismo al aire libre ofrecen mayores oportunidades que, por ejemplo, el uso de suelo como vialidad. Este punto es relevante si se tiene en cuenta que el uso de suelo de vialidad aparece como una posibilidad a la cuál puede acogerse una parte del ancho de protección de los CLPs asociados a parque y cursos de agua. Si bien esta situación generalmente tiene límites (no puede exceder al 30% del ancho de la franja de protección en el caso de cursos de agua y áreas verdes), es una práctica que amenaza los espacios destinados a área verde o protección de cauce, entrando en conflicto directo con intereses e iniciativas de conservación que pudieran establecerse en ellos. Cuando se intervienen líneas de transmisión eléctrica o se entuban los canales, la condición de espacio verde puede perderse completamente fragmentando el CLP como infraestructura verde o ecológica.

A escala de ciudad, es necesario que las franjas de resguardo asociadas a los CLPs se implementen y reciban un uso efectivo como área o espacio verde, afín de que sean

valoradas como tales y evitar que se les asignen usos de suelo como vialidad o peor aún, que pierdan su declaratoria de uso público como parque (Herman, 2013). Un caso aún en desarrollo y que ilustra bien este punto se refiere a las controversias relacionadas con la ampliación de la autopista Costanera Sur del río Mapocho en una sección del Parque Monseñor Escriba de Balaguer en Vitacura, donde los vecinos están apelando a no perder el área verde en beneficio de la ampliación de las calles (Martínez, 2014).

Otro tipo de transformaciones que ilustra la pérdida de componentes lineales del paisaje se refiere al entubamiento de los canales y su conversión en vialidad, eliminándose así todo rastro del curso de agua (PRMS 8.2.1.1.c). Esta es una práctica muy extendida y fuertemente arraigada que será importante atender con estudios específicos que den cuenta sobre las dimensiones de este proceso de pérdida y delineen otras alternativas de manejo para los canales que contemplen la conservación de los cauces de agua al descubierto y su uso como área verde en los bordes; similar a lo que se observa en países como Alemania y España (Centro de Estudios Ambientales de Vitoria-Gasteiz, 2012; Prominski *et al.,* 2012). Además, y considerando el valor cultural de aquellos canales de antigua data, éstos podrías resignificarse y convertirse en una puerta de entrada hacia el reconocimiento del entorno y la identidad local, más allá incluso de la ocupación española (Stehberg y Sotomayor, 2012).

La designación de uso de suelo como vialidad contempla un ancho mínimo de calle y de acera estipulado por el Manual Vialidad Urbana (2009). A su vez, en dicho manual, el espacio destinado a acera contempla vegetación y/o arbolado, sin embargo, en la práctica, esta recomendación muchas veces es pasada por alto o es implementada sin éxito debido a diversas razones, como lo son el vandalismo, disponibilidad de agua, mala calidad de los suelos o la inadecuada elección de especies.

5.1.2. Ancho de protección de los componentes lineales del paisaje

La alta variabilidad del ancho de protección de los CLPs no hace posible establecer generalidades respecto a este punto para cada tipo de línea identificada. Del análisis

realizado al respecto, se detectaron 5 factores de variabilidad en el ancho: (1) diferencias entre área urbana y área rural, (2) singularidad de cada CLPs, (3) mecanismos de modificación del ancho, (4) vialidad potencial en los CLPs y, (5) definiciones de escala comunal y/o seccional. En general, estos factores entregan definiciones y oportunidades para disminuir el ancho de protección e incluso hacer desaparecer los CLPs. Paradójicamente, esta situación se agrava en áreas urbanas, que es justamente donde existen mayores necesidades por espacios de esparcimiento y resiliencia ecológica (Gómez-Baggethun y Barton, 2013; Elmqvist *et al.,* 2015; Schneider *et al.,* 2010).

Otra característica relevante que se desprende del análisis del ancho de protección es que la faja de resguardo está destinada a proteger a las personas de potenciales peligros (inundaciones) o a proteger las infraestructuras para asegurar el suministro de algún servicio (energía, agua de riego, conectividad vial, entre otros). Sólo en el caso de los cursos de agua naturales se establecen indicaciones de orden ecológico señalándose que en el punto 8.2.1.1.a.1.4 de la OPRMS (p.118) que *"estas franjas de protección cumplen, además, la función de espacios de recreación, corredores de ventilación y corredores biológicos de fauna"*. Sin embargo, no se entregan mayores detalles que hagan operativa la definición. Por lo tanto, en ninguno de los casos el ancho de protección tiene un rol ecológico que esté debidamente respaldado por los IPTs por medio de métricas de paisaje.

Podría resultar altamente positivo incluir en los IPTs parámetros ecológicos, tales como métricas de composición de los parches, índices de diversidad, configuración espacial, tamaño, forma y borde de los parches (Pauchard *et al.*, 2006), de forma tal, que desde la planificación territorial existan mayores y mejores herramientas para modelar el paisaje y conservar las FEs.

5.1.3. Caracterización espacial de los componentes lineales del paisaje

La cartografía base aportada por el Gobierno Regional y la Subsecretaría Regional de Vivienda y Urbanismo presentó omisiones e incongruencias entre sí y respecto a lo

señalado en el PRMS. A pesar de lo anterior, los resultados aportados en este trabajo arrojan un panorama válido desde la perspectiva de los métodos previamente establecidos, consistente con la escala de observación y legítimo debido a que los datos se obtuvieron en base a fuentes oficiales (cartografía base del Gobierno Regional y planos del PRMS provistos por la SEREMI MINVU).

Es de suma importancia el hecho descrito anteriormente ya que, si dentro del mismo PRMS existe este tipo de inconsistencias, cabe esperar que a otras escalas de planificación -como en los planes reguladores comunales- las decisiones no siempre se encaucen debidamente en la visión de conjunto que pretende entregar el PRMS por medio de sus planos y Ordenanza.

De los mapas obtenidos destaca la abundante presencia de CLPs en las periferias y borde del área urbana de Santiago, disminuyendo fuertemente hacia el centro de la ciudad. Posiblemente, para identificar mayor cantidad de CLPs dentro del área urbana se requiere de análisis a una escala de observación a mayor detalle que incluya estructuras lineales menores a 10 km (por ejemplo, de 5 km o menos). Además, el uso de cartografía base de mejor calidad podría arrojar cambios sobre esta cuestión. No obstante, los CLPs aquí detectados permitirían una comprensión multiescalar, dado que presentan continuidad a escala regional y de ciudad simultáneamente, contribuyendo así a una visión de ciudad-región, concepto relevante en el marco de la infraestructura verde y del funcionamiento ecológico (Ahern, 2005; Centro de Estudios Ambientales de Vitoria-Gasteiz, 2012; Flores *et al.*, 1998).

Los ríos y esteros son el principal tipo de CLPs identificado, representando el 93,6% de la superficie de CLPs a escala regional y el 50,5% a escala de ciudad. La importante disminución a escala de ciudad se explica por la incorporación de los CLPs asociados a área verde y porque la infraestructura metropolitana adquiere mayor protagonismo a esta escala. A su vez, dentro del área urbana los ríos y esteros, así como los canales y parques quebradas tienden a desaparecer cuando se adentran en la ciudad (ver figura 8). Como se indicó anteriormente, la normativa permite este tipo de modificaciones en tanto se justifiquen desde la perspectiva de la seguridad de las personas y de los

servicios metropolitanos. Sin embargo, la literatura es insistente en declarar los ríos y esteros como espacios de suma relevancia ecológica y con alto potencial para el desarrollo de corredores (Bindorf y Karty, 2006.).

A escala de ciudad aparecen tres tipos de CLPs asociados a áreas verdes: avenidas parques adyacentes a cursos de agua, parques adyacentes al sistema vial y parques quebrada. Lo interesante de estas figuras es que se solapan a otros tipos de CLPs previamente identificados (ríos y esteros, canales, quebradas líneas de transmisión eléctrica y vialidad). En estos casos la operación consiste en asignar sobre la franja de resguardo la designación de área verde, orientando de ese modo a la consolidación de dichas franjas de resguardo como espacios verdes.

Volviendo a los canales, cabe destacar que en el pasado la red de canales de la RM fue más rica en número de elementos y más robusta su continuidad espacial. Muchas veces ocurre que el entorno de los canales se convierte en foco de basura y delincuencia. Posiblemente lo anterior esté detonando la tendencia urbana a entubarlos y dejarlos bajo tierra y del pavimento. Lamentablemente, de mantenerse esta tendencia los canales desaparecerán del área urbana de la RM y con ello, la posibilidad de convertirlos en espacios verdes con presencia de agua y con potencial de evidenciar el uso pasado del territirio. Es importante insistir en el hecho de mantener los canales al descubierto y consolidarlos como espacios del agua y de oportunidad para la reconexión con la naturaleza. Existe amplia evidencia local e internacional que informa sobre los canales como espacios de regeneración del tejido social y natural en ciudades (Binford y Karty, 2006; Stimberg *et al.,* 2017).

5.2. Componentes lineales del paisaje en su potencial para sostener funciones ecosistémicas

En esta sección se discutirá de forma general y particular sobre el potencial de los CLPs para sostener FEs. Además, se reflexionará sobre la dispersión los resultados.

La dispersión de los resultados podría deberse al menos a tres motivos. Primero, a la no consideración de aspectos de gestión en la creación del escenario. Segundo, a la diversidad formativa de los entrevistados. Tercero, a experiencias específicas de los entrevistados en relación con los espacios de los CLPs.

En general, cuando hubo mayor dispersión, esta se concentró en funciones ecosistémicas que eran altamente influidas por el modo de gestión de los espacios, tema no abordado en el instrumento de análisis y que sería positivo incluir en futuros trabajos. Este punto afectó principalmente la evaluación de las funciones de ciclado de nutrientes y retención y formación de suelo; posiblemente debido a que la gestión de los espacios verdes suele involucrar la remoción de hojarasca.

Otro elemento que pudo haber alimentado la dispersión de datos se refiere a la la estandarización de las tipologías espaciales de los CLPs, siendo que en la realidad estos espacios presentan una gran variedad de situaciones, en las cuales se conjugan factores ecológicos y sociales, como la historia de los lugares, las condiciones de sitio y expericiencias personales de los usuaros.

No obstante las limitantes del instrumento, es interesante observar que todos los CLPs presentan algún grado de potencialidad frente a las funciones ecosistémicas. A su vez, estas potencialidades despliegan grados diversos entre sí, pudiendo existir énfasis en algunas FEs en particular. Por lo mismo, podría ser conveniente que el desarrollo de corredores verdes en CLPs desarrolle estrategias diferenciadas para capturar estas potencialidades específicas de cada tipo de CLPs. Por ejemplo, la implementación de CVs en base a líneas de transmisión eléctrica podría explorar de manera especial su potencial como hábitat (ver 4.1.3.6), en tanto que las líneas de ferrocarriles enfocarse con mayor cuidado en la función de conservación de material genético en base vegetación nativa de pequeñas dimensiones (ver 4.1.3.8). Del mismo modo, la normativa podría favorecer y resguardar estas funciones mediante reglamentaciones específicas que queden gravadas en los IPTs.

En el oriente de la ciudad destaca el sistema de parques quebradas del pie de monte cordillerano con un PGFE del 77%, siendo junto a los ríos y esteros los mejores prospectos para el desarrollo de corredores verdes. No obstante, este sistema denota una baja penetración en suelo urbano. Esto último es negativo desde la perspectiva ecológica, por cuanto implica fragmentar los cursos de agua y sus ecosistemas asociados (Grez, Simonetti y Bustamante, 2007). Además, podría resultar peligroso para las comunidades asentadas en estas zonas, debido a potenciales aluviones e inundaciones (Romero y Vásquez, 2005).

Las áreas verdes constituyen un grupo especial de CLPs que sólo existen en el área urbana y sus periferias. De lo observado, resulta interesante el rol que asumen en la consolidación de las franjas de resguardo de los CLPs de quebradas, ríos y esteros, canales e infraestructuras metropolitanas en general. No obstante, si estas áreas verdes han sido designadas, pero no implementadas, corren peligro de desaparecer en su categoría de parque y ser asimiladas a usos de suelo que la LGUC permite, tales como vivienda, equipamiento y vialidad (Herman, 2013).

De forma aislada se observan algunos CLPs de alta continuidad y bajo nivel de PGFEs constituidos por infraestructuras metropolitanas (líneas de tren, transmisión eléctrica y vialidad). Si bien estos últimos presentan una alta continuidad espacial, son los más limitados desde la perspectiva del funcionamiento ecológico. No obstante, cada uno de estos CLPs presenta sus propias potencialidades ecológicas, las que se reflejan en FEs específicas que pudieran ser desplegadas en ellos. Por ejemplo, las vías ferroviarias podrían adquirir un rol relevante en la conservación de material genético. Por su parte, las líneas de transmisión eléctrica podrían hacer una importante contribución como hábitat de vida silvestre.

A continuación, se discute cada uno de CLPs en su potencial para sostener funciones ecosistémicas. Estos se presentan ordenados descendentemente según su PGFE (ver Figura 20).

5.2.1.1. Ríos y esteros

Debido a la presencia espacial que tienen en la región, constituyen el componente ideal para desarrollar espacios “naturales” que penetran y atraviesan la ciudad, aprovechando la red de drenaje natural, bajo el concepto de corredores verdes (Bryant, 2006.). Además, son el único CLPs con PGFE del 100%, siendo el mejor prospecto para el soporte de funciones ecosistémicas entre todos los CLPs evaluados. Este hecho viene a reforzar lo que la literatura informa sobre la importancia ecológica de los ríos (Hellmund y Smith, 2006; Stimberg *et al*., 2017; Vásquez, 2016) y la necesidad de establecer ecosistemas ribereños similares a los descritos en el instrumento de evaluación (ver detalles en anexo 2).

Este hecho es importante sobre todo para aquellas FEs que los demás CLPs no pueden sostener o lo hacen con valores bajos y medios. En ese sentido, interesa destacar el rol positivo que pueden jugar los ríos y esteros en la conservación de material genético, polinización y las dinámicas tróficas y de poblaciones.

Sin embargo, existe un fuerte contraste entre las condiciones actuales de los ríos y esteros urbanos con el escenario evaluado. Al observar las condiciones en que estos se encuentran, salta a la vista que la franja de protección tiende a adquirir características que no propician el despliegue de funciones ecosistémicas. Esto ocurre porque las modificaciones permitidas sobre los cauces y sus franjas de resguardo no consideran parámetros que resguarden su integridad ecológica o funcionamiento ecosistémico, sino más bien, velan exclusivamente por la seguridad humana. Este hecho implica que las obras de modificación de cauces se orienten a la evacuación de las aguas de la manera más rápida, simple y acotada posible, dando como resultado verdaderas autopistas de agua. En contraste, los ríos y esteros en condiciones naturales tienden a tener bordes difusos y altamente complejos capaces de amortiguar las crecidas y sostener múltiples FEs a la vez.

En ese sentido, es importante recordar que los resultados obtenidos aquí no son necesariamente representativos de las FEs que actualmente desempeñan los ríos y esteros de Santiago.

5.2.1.2. Parques quebrada

Los parques quebrada presetan un muy alto PGFE, estando sólo por debajo de los ríos y esteros y siendo por lo tanto excelentes prospectos para el desarrollo de corredores verdes (Schaefer, 2003; Yokohari y Amati, 2005).

Estos CLPs hacen parte de un conjunto mayor de quebradas que existen en el pié de monte andino de Santiago. Romero y Vásquez (2005) destacan la alta funcionalidad ambiental de estas quebradas y hacen incapié en su fragilidad frente a los procesos de urbanización, de los cuales deriban su fragmentación y cambios de cobertura. Los autores concluyen que "*los parches vegetacionales existentes, considerados como corredores vegetales de protección en torno a la red hídrica de las cuencas, no son suficientes en número ni ancho, por lo que no ejercerían la función de protección integral del piedemonte*" (Romero y Vásques, 2005, p116).Estas circunstancias hacen notar la importancia de designar como parque quebradas a las demás quebradas del pie de monte, a fin de evitar mayor fragmentación y pérdida de estas.

Posiblemente, debido a que a que se originan en zonas de difícil acceso y porque se ubican en sectores de la ciudad que no han sido urbanizados, estos CLPs han sufrido menores perturbaciones que otras quebradas del pie de monte.

La vegetación que albergan es preexistente a su condición de área verde, siendo muchas veces elocuentes representantes del bosque y matorral esclerófilo de la región y por lo tanto, son también reservorios naturales de material genético (Por ejemplo, Parque Natural Quebrada de Macul o Parque Aguas de Ramón).

No obstante, dichas quebradas reconocidas como parque pierden su condición de área verde al adentrarse en la ciudad (generalmente en la cota 900 o 800 s.n.m.) y sus cursos de agua suelen ser entubados (Figura 15), perdiendo así la condición de parque

y de quebrada. Según Romero y Vásquez (2005), quienes constataron este proceso de pérdida entre los años 1989 y 2003, el deterioro ambiental de las quebradas ha incidido en la degradación de las funciones y servicios ecosistémicos.

Por su estructura lineal y originarse en una matriz silvestre (precordillera) que penetra hasta el área urbana, este tipo de parques son conectores particularmente aptos para acercar la naturaleza a la ciudad (Flores *et al*., 1998).

Si esta condición topológica es examinada a partir de su alto potencial como hábitat, los parques quebrada podrían tener un rol relevante como corredores biológicos de fauna silvestre y por lo tanto para mejorar la biodiversidad dentro de las áreas urbanas. Esta idea se condice con las observaciones realizadas por Flores *et al.,* (2013) en las que se señala el importante rol de la precordillera como fuente de biodiversidad.

No obstante, y como bien lo hicieron notar los evaluadores, esta condición tiene una doble lectura, dado que estos corredores también pueden actuar como trampas ecológicas (ver sección 2.1.1) en las que especies exóticas perjudican a las nativas y aprovechan de propagarse (Ahern, 1995). Posiblemente, esta fue la razón por la que la función de dinámicas tróficas y de poblaciones sólo alcanzó una evaluación de valor medio. Es bastante reconocido que las áreas urbanas son foco de amenazas para la fauna nativa. Sin ir más lejos, la interacción con perros y gatos es muy negativa para muchas especies de fauna, tanto por depredación y desplazamiento de hábitat, como por transmisión de enfermedades (Muñoz y Muñoz-Santibáñez, 2016).

Por último, hay que señalar que el alto potencial en la función de ciclado hidrológico está estrechamente relacionada con el amortiguamiento de crecidas de cauces, inundaciones y aluviones. Este punto es muy notable de considerar en la RM donde ocasionalmente las poblaciones del pie de monte son amenazadas e incluso arrasadas por aluviones.

5.2.1.3. Parques adyacentes a cauces

Este tipo de componente lineal se origina al designar como área verde las zonas de resguardo de los ríos, esteros y canales. Presentan un alto potencial para sostener FEs (PGFE del 50%), estando por debajo solamente de los ríos, esteros y parques quebrada.

Los valores alcanzados por este tipo de área verde mejoran respecto a los parques adyacentes al sistema vial, posiblemente, debido a la presencia de agua y redundando en valores altos para el ciclado hidrológico y formación y retención de suelo.

La designación de esta categoría de parque podría ser uno de los mecanismos a través de los cuales un curso de agua y su ecosistema ribereño puede ser conservado y/o restaurado en un entorno urbano (Stimberg *et al.,* 2017). Sin embargo, el tratamiento tradicional que han recibido en Santiago no ha incorporado la visión multifuncional propuesta por la infraestructura verde en sus diseños. Por ejemplo, en los parques Renato Poblete (en el borde del río Mapocho) y del canal San Carlos, se observa la desconexión entre el cauce de agua y sus bordes por medio de infraestructuras de hormigón armado, en circunstancias que ese tipo de medidas limita fuertemente la posibilidad de restaurar el ecosistema ribereño o propiciar el ciclado hidrológico.

Otros aspectos que este tipo de parque no ha considerado son, primero, la no utilización del curso de agua para regar el área verde y, segundo, la no filtración de las aguas lluvias urbanas por medio de zonas de amortiguación antes de que se incorporen al cauce de agua. Ambas acciones apuntan a una mirada sistémica que se resuelve desde el diseño y la gestión de los parques (Stimberg *et al.,* 2017).

Con todo, este tipo de parque podría ser un excelente prospecto para el desarrollo de corredores verdes, tanto por su alto potencial ecológico, como por contar con presencia de agua y por gozar de la categoría de área verde, lo cual debería asegurar un uso de baja intensidad y la proliferación de arbolado.

Finalmente, la figura “parque adyacente a cauce de agua” constituye una designación urbanística deseable desde la perspectiva de este trabajo para el tratamiento de las áreas colindantes a los canales, ríos y esteros, dado que abre un espectro de posibilidades de conservación y restauración al generar un área que puede ser tratada como área de amortiguamiento al cauce de agua.

5.2.1.4. Parques adyacentes al sistema vial

Estos parques se caracterizan por su estructura fragmentada compuesta de pequeños parches alineados unos con otros, pero separados entre sí por pequeñas distancias. Estos parques entrarían en la clasificación de corredores verdes tipo “*stepping stone*” o “trampolines” (Hellmund y Smith, 2006), aspecto relevante a considerar si se pretende aumentar la conectividad biológica a través de ellos.

La alta dispersión observada en la FE de hábitat se produjo debido a que las perturbaciones que afectan a este tipo de parques fueron percibidas de forma diferente por cada evaluador. Dichas perturbaciones se refieren a la alta demanda de usuarios, luz artificial y la influencia del tráfico motorizado aledaño.

Por otra parte, el efecto negativo de estas perturbaciones podría ser mitigado si el diseño de la avenida parque considera zonas de amortiguación en los deslindes con las calles, desempeñando así la funcionalidad de “barrera”, de acuerdo con señalado por Hellmund y Smith (2006) (ver Figura 1-C).

Otro aspecto que fue resaltado por de los evaluadores, se refiere al alto potencial que tendrían estos parques para la regulación de partículas atmosférica y ruido, debido a que se encuentran adyacentes a la fuente de contaminantes (los vehículos). Estos servicios son muy apetecidos en las zonas urbanas de la RM. En ese sentido, futuras investigaciones podrían explorar formas en que este servicio pudiera potenciarse en la RM.

5.2.1.5. Canales abiertos

Presentan un PGFE del 14%, lo cual representa una ponderación baja, respecto a los demás CLPs y el curso de agua peor evaluado. Esto, debido principalmente a lo estrecho de su ancho de protección.

Los resultados indican que tiene un potencial medio para la función de ciclado hidrológico, en tanto que las demás funciones sólo presentan un potencial bajo. Lo limitado de su potencial ecosistémico (PGFE del 21%) fue relacionado por los evaluadores con lo constreñido del ancho de protección, el cual es por regla no menor a la mitad del ancho del cauce, siendo de ese modo de unos escasos metros hacia cada lado. Este hecho deja ver que los canales han sido concebidos con el objetivo exclusivo de trasladar aguas de riego. Sin embargo, al ser uno de los pocos CLPs con presencia de agua, dicho potencial podría aumentar significativamente si recibieran un tratamiento multifuncional, se aumenta el ancho de protección y si se acopla al canal un área verde bajo la figura de parque adyacente al cauce (como ocurre en algunos tramos del canal San Carlos), pudiendo de ese modo aumentar significativamente su potencial ecosistémico.

Otro punto que resaltar y que no se condice directamente con los resultados de este trabajo, se refiere la práctica habitual de entubar los canales bajo tierra. Esto podría verse reflejado en que los canales se concentren en las periferias de Santiago y disminuyen fuertemente su presencia hacia el centro de la ciudad (ver sección 4.1.2.). Este hecho es relevante, ya que con ello se pierden todas las FEs que pudieran aportar. Si bien no tenemos datos para cuantificar la tendencia de entubar los canales y futuras investigaciones podrían dar cuenta de este proceso, es necesario resaltar el valor ecológico que pueden tener desde la perspectiva las FEs.

5.2.1.6. Vías ferroviarias

De acuerdo con los datos obtenidos, todas las FEs en evaluación podrían ser desempeñadas a través de las líneas ferroviarias y sus fajas de resguardo, aunque con

valores principalmente bajos. La principal limitante para el aumento de las FEs se relacionó con la imposibilidad de albergar vegetación arbórea.

La función de conservación de material genético fue la mejor evaluada alcanzando una evaluación media debido a que en la faja de resguardo sería posible el establecimiento de una alta diversidad especies de gramíneas, flores y matorrales nativos.

Por lo demás, y debido a que las franjas de resguardo tienen una intensidad de uso relativamente baja, podrían ser utilizadas como hábitat por pequeños mamíferos y herpetozoos, además de insectos. Lagartos y lagartijas podrían encontrar hábitat en la gravilla que acompaña la línea del tren, además de alimento entre la vegetación (Demangel, D. 2016).

Las funciones anteriormente citadas podrían verse fortalecidas si se tiene en cuenta la robusta continuidad espacial que poseen las líneas de tren y sus franjas de resguardo, y por el hecho de que ya existen casos en Santiago donde son usadas como áreas verdes (ver Figura 18). Fuera del país existen casos donde las líneas de tren se han reconvertido en parques lineales, tales como, el Skyline de Nueva York y el sistema de Vías Verdes en España (Riveros y Vásquez, 2013).

A diferencia de otros CLPs -como las líneas de transmisión eléctrica-, estos espacios son tuición íntegra de una sola institución (Empresa de Ferrocarriles del Estado), lo cual simplifica aspectos de gestión relacionados con su uso y la implementación de posibles acciones de conservación.

5.2.1.7. Líneas de transmisión eléctrica

Se observa que todas las FEs en evaluación podrían ser desempeñadas a través de las líneas de transmisión eléctrica y sus fajas de resguardo, aunque casi todas ellas con valores bajos. La función de hábitat destaca con una evaluación media.

Según los evaluadores, la combinación matorral-pradera que se describe en el instrumento de evaluación es propicia como hábitat para diversas aves. Noss (2006)

confirma estos datos indicando que estos espacios pueden albergar mayor biodiversidad que muchos otros lugares de la ciudad y sus periferias, debido en parte, a las bajas perturbaciones a las que suelen estar sometidas y a la vegetación que pueden albergar.

Posiblemente, la principal limitante para el aumento de las FEs está fundamentada en la imposibilidad de contener vegetación arbórea, hecho que inhibe la complejidad estructural y también la biodiversidad de la vegetación.

Aunque se escapa de los objetivos de esta investigación, sería interesante reconocer aquellos tramos de las líneas de transmisión eléctrica que cuentan con áreas verdes y cuáles no. De ese modo, habría un reconocimiento más claro aún de los espacios de oportunidad que de ellas se desprenden.

Las líneas de transmisión tienen una alta continuidad espacial si se observa su tendido eléctrico, sin embargo, dicha continuidad a nivel de suelo suele ser interrumpida por predios privados (observaciones en terreno). Esta condición dificulta establecer formas de manejo e implementación que sean continuas a todo lo largo de las líneas de transmisión y sus franjas de resguardo.

5.2.1.8. Vialidad expresa y troncal

Son el componente lineal que menos potencial ofrece para sustentar FEs. Sin embargo, y sólo con valores bajos, las funciones de ciclado de nutrientes, formación y retención de suelo y productividad primaria podrían desempañarse a lo largo de estas infraestructuras. Este punto se vuelve importante si se considera la gran extensión (648 km lineales) y superficie (3.889 ha) de este tipo de CLP a escala de ciudad.

Para que estas potencialidades sean aprovechadas, la vialidad expresa y troncal necesitaría estar acondicionada con aceras poblada de vegetación arbórea. Esta medida es parte de las recomendaciones contenidas en el Manual de Vialidad Urbana (REDEVU), instrumento de carácter indicativo al cual todo proyecto de vialidad debe referirse y en el que se señalan los estándares de las aceras. No obstante, las

indicaciones referidas al arbolado podrían ser complementadas con un listado de árboles nativos adaptados al ecosistema urbano.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el marco del presente trabajo se llegó a las conclusiones y recomendaciones que se ofrecen a continuación.

El objetivo de este trabajo fue evaluar los componentes lineales del paisaje metropolitano (CLP) de Santiago en su potencial para sostener funciones ecosistémicas (FE) y entregar lineamientos de planificación y diseño urbano con base en el enfoque de infraestructura y corredores verdes. Para ello, se propuso dos objetivos específicos, el primero, referido a la identificación y caracterización de los tipos de CLPs. El segundo, referido al análisis del potencial de dichos componentes del paisaje para sostener FEs.

En la primera parte del trabajo se constata la existencia de más de 100.000 ha y 6.700 km de componentes lineales del paisaje. Estos representan el 7% de la RM, siendo por lo tanto una porción importante del territorio.

Los CLPs se concentran en las áreas rurales y en las periferias del área urbana de Santiago, disminuyendo fuertemente hacia el centro de la ciudad. Posiblemente, para identificar mayor cantidad de estructuras lineales dentro del área urbana se requiere de análisis a una escala de observación de mayor detalle. Investigaciones futuras a escalas de ciudad y barrio podrían obtener una visión más certera respecto a la magnitud de los componentes lineales dentro del área urbana, y quizás también identificar otros tipos de estructuras lineales no captadas en este estudio.

La distinción de 8 tipos de CLPs revela diversidad en la regulación sobre estas estructuras. Sin embargo, los Instrumentos de Planificación Territorial (IPTs) no reglamentan sobre el funcionamiento ecológico del paisaje. Por lo tanto, existe una brecha entre la normativa actual y la regulación de funciones ecosistémicas (FEs). A pesar de lo anterior, esta distancia podría ser atenuada con la incorporación de criterios de infraestructura verde en los mismos IPTs y para cada componente lineal del paisaje en particular.

Al analizar el potencial de los CLPs para sostener FEs se observa que, con excepción de la vialidad expresa y troncal, todos los CLPs tienen capacidad para desempeñar simultáneamente todas las funciones ecosistémicas, aunque con rendimientos muy variables. En ese sentido, resulta estratégico que se incorporen en los IPTs regulaciones dirigidas a las FEs que con mayor intensidad pueden ser sostenidas por cada tipo de CLP.

Más aún, regulaciones sobre los CLPs basados en indicadores o estándares con fines ecológicos podrían ser desarrollados para cada función ecosistémica en particular e integrados a los Instrumentos de Planificación Territorial (IPTs), especialmente en la OGUC.

El instrumento que se desarrolló para evaluar el potencial de los CLPs propuso soluciones tipológicas de diseño urbano enmarcadas en la regulación vigente y considerando los principios de la infraestructura verde (ver Anexo 2). Por lo tanto, este material podría actuar como base para una guía o manual que oriente procesos de diseño urbano en los CLPs para la optimización de las funciones ecosistémicas en ellos.

Hacer este esfuerzo en los componentes lineales del paisaje es doblemente estratégico, ya que son elementos desatendidos desde la dimensión ecológica en la planificación territorial y que, sin embargo, pueden presentar un alto potencial para el despliegue de funciones ecosistémicas dentro y fuera de las ciudades. De acuerdo con los resultados de este trabajo, esto es especialmente importante para la protección de cauces de agua y la dispersión de material genético.

Otros estándares podrían orientarse al manejo de la vegetación con el objetivo de darle continuidad espacial a la cobertura, complejidad a la estructura y diversidad a la composición de especies de flora. Estos estándares están alineados con la discusión que actualmente se está dando en torno a la nueva Política Nacional de Desarrollo Urbano. Regular este aspecto de la vegetación redundaría en mejorar todas las FEs de manera simultánea.

Algunas regulaciones podrían aplicar no sólo dentro de lo que hemos denominado CLP, sino que también dentro de otros componentes del paisaje urbano, sean estos espacios públicos o privados, tal como lo hace la norma urbanística actual para regular coeficientes de ocupación de suelo, rasantes, usos de suelo y otros aspectos que modelan el territorio. Por ejemplo, y en relación con la función de ciclado hidrológico, se podría establecer un estándar de porosidad del suelo en función del tamaño y tipo de CLP.

Estas regulaciones deberían aplicarse a diferentes escalas y de forma coordinada. A nivel nacional, se pueden integrar en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC), a escala regional en los Planes Reguladores Intercomunales o metropolitanos (PRMS en el caso de la RM), y a escala comunal, en los Planes Reguladores Comunales y ordenanzas locales. De este modo, los IPTs estarían contribuyendo a la visión de ciudad-región y multiescalaridad, conceptos fundamentales en el enfoque de la infraestructura verde y del funcionamiento ecológico (Ahern, 2002; Centro de Estudios Ambientales de Vitoria-Gasteiz, 2012; Flores *et al.*, 1998).

Adicionalmente, estas medidas podrían realizarse de forma coordinada a los Planes de Evacuación de Aguas Lluvias o incluso ser parte de las recomendaciones de diseño del Manual de Carreteras (REDEVU).

A su vez, estas regulaciones sobre las funciones ecosistémicas son quizás más pertinentes y urgentes de desarrollar para las áreas verdes, dado que están llamadas a cumplir un importante rol ambiental y paisajístico en las ciudades (OGUC, Art. 5.2.2.).

Futuras investigaciones podrían avocarse al desarrollo de indicadores o métricas ecológicas claves susceptibles de incorporarse en los Instrumentos de Planificación Territorial. De similar forma a la actualmente se regula la ocupación del suelo, altura y constructibilidad, podrían reglamentarse aspectos de biodiversidad, ciclado hidrológico y de nutrientes, entre otras funciones del ecosistema.

Asimismo, otros trabajos podrían identificar los actores involucrados en la gobernanza de los CLPs, a fin de detectar tempranamente sinergias y tensiones.

Adicionalmente, sería interesante evaluar el estado actual de los CLPs y compararlos con los escenarios tipológicos que se desarrollaron para este trabajo, ya que esto permitiría estimar los esfuerzos que se requieren para implementar corredores verdes en la RM.

A partir de lo ya mencionado, se concluye que componentes lineales del paisaje regulados, diseñados e implementados en consideración de sus funciones ecosistémicas potenciales pueden constituir prospectos estratégicos para el desarrollo de corredores verdes que se integren en la planificación territorial de la región y sus áreas urbanas, sean estos cursos de agua, áreas verdes o infraestructuras metropolitanas.

La incorporación de criterios de infraestructura verde en la planificación y diseño urbano podría significar un aumento significativo de las funciones ecosistémicas a través de los componentes lineales del paisaje. Esto a su vez, contribuiría a la construcción de un proyecto sustentable de ciudad que asume su relación de dependencia con la naturaleza.

7. BIBLIOGRAFÍA

ÁNGEL, S., CARMONA, M. y VILLEGAS, R. 2001. Gestión ambiental en proyectos de desarrollo. 3ª ed. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia. 237p.

AHERN, J. 1995. Greenways as a planning strategy. Landscape and Urban Planning 33(1-3): 131–155.

AHERN, J. 2002. Greenways as strategic landscape planning: theory and application. Wageningen, Wageningen University, The Netherlands. 156p.

ANDESHANDBOOK. Explora Los Andes, descubre y comparte sus montañas, rutas y senderos. 2017. [en línea] <http://www.andeshandbook.org/> [consulta: 21 de mayo de 2017].

ARTEAGA, M. A., DELGADO, J. D., OTTO, R., ARÉBALO, J. R. y FERNÁDEZ-PALACIOS, J. M. 2009. Efecto de borde de las carreteras en la flora nativa y exótica de Tenerife (Islas Canarias). EN: 3er CONGRESO NACIONAL sobre Especies Exóticas Invasoras: 24 al 27 de noviembre de 2009. Zaragoza, España. Departamento de Ecología, Universidad de La Laguna, Tenerife, Islas Canarias.

BENEDICT, M. A. y MCMAHON, E. 2006. Green infrastructure: linking landscapes and communities. Washingtong, Island Press. 299p.

BENEDITO, M. A. 2013. La aplicación de los gráficos radiales en el análisis contable del sector pesquero en Cataluña: Gráfico radial y análisis contable. Revista Internacional de Economía y Gestión de las Organizaciones. 1(2):99-128.

BENNETT, A. F. 2004. Enlazando el paisaje: el papel de los corredores y la conectividad en la conservación de la vida silvestre. 3ª ed. Costa Rica UICN- Unión internacional para la Conservación de la Naturaleza. 278p. (Serie No. 1, Conservando los Ecosistemas Boscosos).

BINDORF, M. y KARTY, R. 2006. Riparian Greenways and water resources. EN: HELLMUND, P. y SMITH, D. Designing greenways: sustainable landscapes for nature and people. Island Press, Washington. pp. 108-157.

BOLUND, P. y HUNHAMMAR, S. 1999. Ecosystem services in urban areas. Ecological Economics 29 (1999): 293–301.

BORSDORF, A. e HIDALGO, R. 2005. Los Mega-Diseños residenciales valladores en las periferias de las Metrópolis Latinoamericanas y el advenimiento de un nuevo concepto de ciudad. Alcances en base al caso de Santiago de Chile. Scripta Nova, Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales 9(194): 3.

BRYANT, M. M. 2006. Urban landscape conservation and the role of ecological greenways at local and metropolitan scales. Landscape and Urban Planning 76(1–4): 23–44.

BURKHARD, B., KROLL, F., MÜLLER, F. y WINDHORST, W. 2009. Landscapes' capacities to provide ecosystem services–a concept for land-cover based assessments. Landscape Online 15(1): 22.

BURKHARD, B., KROLL, F., NEDKOV, S. y MÜLLER, F. 2012. Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. Ecological Indicators 21(0): 17–29.

CENTRO DE ESTUDIOS AMBIENTALES DE VITORIA-GASTEIZ. 2012. El Anillo Verde Interior: Hacia una Infraestructura Verde Urbana en Vitoria-Gasteiz. Centro de Estudios Ambientales. 56p.

CERDA, A., ROJAS, J. y GARCÍA, L. 2007. Disposición a pagar por un mejoramiento en la calidad ambiental en el Gran Santiago, Chile. Lecturas de Economía 67: 143–60.

CERDA, C. 2011. Disposición a pagar para proteger servicios ambientales: un estudio de caso con valores de uso y no uso en Chile central. Interciencia 36(11): 796–802.

CHILE. Ministerio de Agricultura. 1984. Ley 18.362: Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado. Diciembre de 1984. 10p.

CHILE. Ministerio de Vivienda y Urbanismo. 2013. Ley 458: Ley General de Urbanismo y Construcciones (LGUC). Diciembre de 1975. 59p.

COSTANZA, R., D'ARGE, R., DE GROOT, R., FARBER, S., GRASSO, M., HANNON, B., LIMBURG, K., NAEEM, O., O'NEILL, R., PARUELO, J., RASKIN, R. G., SUTTON, P. y VAN DEN BELT, M. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature 387(6630): 253-260.

DÍAZ, I. A. y ARMESTO, J. J. 2003. La conservación de las aves silvestres en ambientes urbanos de Santiago. Ambiente Y Desarrollo 19(2): 31–38.

ELMQVIST, T., SETÄLÄ, H., HANDEL, S. N., VAN DER PLOEG, S., ARONSON, J., BLIGNAUT, J. N., GÓMEZ-BAGGETHUN, E., NOWAK, D. J., KRONENBERG, J. y DE GROOT, R. 2015. Benefits of restoring ecosystem services in urban áreas (Current Opinion). Environmental Sustainability 14: 101-108.

ESCOBEDO, F. J., KROEGER, T. y WAGNER, J. E. 2011. Urban forests and pollution mitigation: analyzing ecosystem services and disservices. Environmental Pollution 159(8): 2078–2087.

FABOS, J. G. 1995. Introduction and overview: the greenway movement, uses and potentials of greenways. Landscape and Urban Planning 33(1-3): 1–13.

FERNÁNDEZ, F. 2002. El análisis de contenido como ayuda metodológica para para la investigación. Revista de Ciencias Sociales (Costa Rica) II(96): 35-53.

FERNÁNDEZ-JURICIC, E. 2000. Avifaunal use of wooded streets in an urban landscape. Conservation Biology 14(2): 513–521.

FERRANDO, F. 2002. Falla de Ramón: análisis de las noticias aparecidas en la prensa. Revista de Urbanismo, Universidad de Chile 6: 1-7.

FLORES, A., PICKETT, S. T., ZIPPERER, W. C., POUYAT, R. V. y PIRANI, R. 1998. Adopting a modern ecological view of the metropolitan landscape: the case of a greenspace system for the New York City region. Landscape and Urban Planning 39(4) 295–308.

FLORES-MESA, S, KATUNARIC-NUÑEZ, M., ROVIRA-SOTO, J. y REBOLLEDO-GONZÁLEZ, M. 2013. Identificación de áreas favorables para la riqueza de fauna vertebrada en la zona urbana y periurbana de la Región Metropolitana, Chile. Revista Chilena de Historia Natural 86: 265 277

FORMAN, R. 1995. Some general principles of landscape and regional ecology. Landscape Ecology 10(1995): 133-142

GODDARD, M. A., DOUGILL, A. J. y BENTON, T. G. 2010. Scaling up from gardens: biodiversity conservation in urban environments. Trends in Ecology and Evolution 25(2) 90–98.

GÓMEZ-BAGGETHUN, E. y BARTON, D. N. 2013. Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. Ecological Economics 86(2013): 235–245.

GREZ, A., SIMONETTI, J. Y BUSTAMANTE, R. 2007. Biodiversidad en Ambientes Fragmentados de Chile: Patrones y Procesos a Diferentes Escalas. Ciencia e investigación agraria 34(2), 159.

GRIMM, N. B., FAETH, S. H., GOLUBIEWSKI, N. E., REDMAN, C. L., WU, J., BAI, X. y BRIGGS, J. M. 2008. Global change and the ecology of cities. Science 319(5864): 756–760.

HAASE, D., SCHWARZ, N., STROHBACH, M., KROLL, F. y SEPPELT, R. 2012. Synergies, Trade-offs, and Losses of Ecosystem Services in Urban Regions: An Integrated Multiscale Framework Applied to the Leipzig-Halle Region, Germany. Ecology and Society 17(3):1–22.

HAINES-YOUNG, R. y POTSCHIN, M. 2013. Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): Consultation on Version 4, August-December 2012. EEA Framework Contract No EEA/IEA/09/003. 34p.

HELLMUND, P. y SMITH, D. 2006. Designing Greenways: Sustainable Landscapes for Nature and People. 1° ed. IslanPress. 283p.

LI, F., WANG, R., PAULUSSEN, J. y LIU, X. 2005. Comprehensive concept planning of urban greening based on ecological principles: a case study in Beijing, China. Landscape and Urban Planning. 72(4): 325-336.

HERMAN, P. 2013. Un Nuevo lucro: la desafectación de las áreas verdes. CIPER Chile, Centro de Investigación Periodística, 19 de febrero de 2013. Opinión

LANDSCAPE INSTITUTE, 2009. Green infrastructure: connected and multifunctional landscapes. Longo, England. 32p.

LEÓN-LOBOS, P. BARRA-BUCAREI, L. y ORTEGA, F. 2018. Gestión para la Conservación de la Biodiverisdad, Conservación Ex Situ. EN: MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Biodiversidad de Chile. Patrimonio y Desafíos. 3ª ed. Tomo II. Santiago de Chile. pp.225-235.

LIVERPOOL CITY COUNCIL PLANNING SERVICE. (2010). Green Infrastructure Strategy. Liverpool City Council, Planning Service. 424p.

LÓPEZ, F. 2002. El análisis de contenido como método de investigación. Revista de Educación Universidad de Huelva 4(2002): 167-179

LUNDHOLM, J.T. y RICHARDSON, P.J. 2010. MINI-REVIEW: Habitat analogues for reconciliation ecology in urban and industrial environments. Journal of Applied Ecology. 47: 966-976

MADARIAGA, R. 1998. Sismicidad de Chile. Física de la Tierra (10):221-258.

MANSO, J., RONDA, F. y ROJO, A. 2005. Los ríos en el entorno urbano de Ávila: problemas actuales y soluciones ambientalmente adecuadas. En: CONGRESOS FORESTALES ESPAÑOLES. Zaragoza del 26 al 30 de septiembre. Sociedad Española de Ciencias Forestales y Gobierno de Aragón. pp. s.p.

MARCONI, L. y D'AMELIO, A. 2009. Medidas de Tendencia Central y de Variabilidad. [en línea]. < http://www.academia.edu/10749870/Medidas_de_Tendencia_Central_y_de_Variabilidad_Contenidos> [consulta: 01 de mayo 2017]

MARTÍNEZ, C. 2014. Parque Monseñor Escrivá de Balaguer: ¿Por qué marcharon los vecinos? <http://www.plataformaurbana.cl/archive/2014/11/24/parque-monsenor-escriva-de-balaguer-por-que-marcharon-los-vecinos/> [consulta: 13 de marzo de 2017].

MAYNARD, S., JAMES, D. y DAVIDSON, A. 2010. The Development of an Ecosystem Services Framework for South East Queensland. Environmental Management 45:881-895

MEA (Millennium Ecosystems Assesment). 2005. Ecosystems and human well-being: Health Synthesis: report of the Millennium Ecosystem Assessment. World Health Organization Francia. 45 pp.

MINVU (Ministerio de vivienda y Urbanismo). 2014. Hacia una nueva política Urbana para Chile: Política Nacional de Desarrollo Urbano. Gobierno de Chile y PNUD (4) 83p.

MUÑOZ, F. A. y MUÑOZ-SANTIBAÑEZ, P. 2004. Soluciones en conjunto con la Comunidad, Conflictos entre fauna silvestre y agricultura en Chile. Voz académica, revista de agronomía y forestal 53(10)10-17.

MYERS, N., MITTERMEIER, R. A., MITTERMEIER, C. G., DA FONSECA, G. A. y KENT, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature 403(6772): 853–858.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. 2002. Riparian Areas: Functions and Strategies for Management. Washington, D.C. National Academy Press. 449p.

NOSS, R. 2006. Greenways as wildlife corridors. En: HELLMUND y SMITH. Designing greenways: sustainable landscapes for nature and people. Island Press, Washington. pp. 70-99.

ORELLANA, A. 2009. La gobernabilidad metropolitana de Santiago: la dispar relación de poder de los municipios. EURE (Santiago) 35(104): 101–120.

PAUCHARD, A., AGUAYO, M. y ALABACK, P. 2006. Cuantificando la fragmentación del paisaje: las métricas y sus siginificados ecológicos. EN: Biodiversidad en Ambientes Fragmentados de Chile: Patrones y Procesos a Diferentes Escalas. 1ª ed. Santiago de Chile, Editorial Universitaria. pp. 41-67

PETTER, M., MOONEY, S., MAYNARD, S. M., DAVIDSON, A., COX, M. y HOROSAK, I. 2012. A Methodology to Map Ecosystem Functions to Support Ecosystem Services Assessments. Ecology and Society 18(1): 31.

PLISCOFF, P. y FUENTES, T. 2008. Análisis de representatividad ecosistémica de las áreas protegidas públicas y privadas en Chile, Informe Final. Santiago de Chile, GEF, CONAMA y PNUD. 103p.

RABOLINI, N. M. 2009. Técnicas de muestreo y determinación del tamaño de la muestra en investigación cuantitativa. Revista argentina de humanidades y ciencias sociales 7(2).

REMOLINA, F. 2011. Figuras municipales de conservación ambiental en Colombia: ¿áreas protegidas, redes ecológicas o infraestructuras verdes? Nodo: Arquitectura. Ciudad. Medio Ambiente, 6(11):65-76.

RIEDEMANN, P. y ALDUNATE, G. 2001. Flora Nativa de Valor Ornamental Zona Centro de Chile. Editorial Andrés Bello: Chile, p. 186-187.

RIVEROS, A. y VASQUEZ, A. 2013. Líneas de tren en abandono y su potencial para el desarrollo de Corredores Verdes multipropósito. [en línea]. Plataforma Urbana. 16 de julio, 2013. <http://www.plataformaurbana.cl/archive/2013/07/16/lineas-de-tren-en-abandono-y-su-potencial-para-el-desarrollo-de-corredores-verdes-multiproposito/> [consulta: 30 de marzo de 2015].

RIVEROS, A., VÁSQUEZ, A., LUDEÑA, B. y VERGARA, J. 2015. Infraestructura verde urbana: tipos, funciones y oportunidades para el desarrollo de corredores verdes urbanos en Santiago de Chile. En: CARBONNEL, A (Ed.). Ciudad y calidad de vida, Indagaciones y propuestas para un habitar sustentable. Santiago, USACH. pp. 93-102.

ROMERO, H., SALGADO, M. y FUENTES, C. 2009. Segregación socioambiental en espacios intraurbanos de la ciudad de Santiago de Chile. Periurbanización, Sustentabilidad y Gobernanza en Grandes Ciudades. En: IV SEMINARIO SOBRE Procesos Metropolitanos y Grandes Ciudades: 17-29 de febrero de 2009. Ciudad de México, Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México. 29p.

ROMERO, H., AZÓCAR, G., ORDENES, F., VÁSQUEZ, A. y TOLEDO, X. 2001. Ecología Urbana de las Ciudades Intermedias Chilenas. Ambiente y Desarrollo XVII(4): 45–51.

SCHAEFER, V. 2003. Green links and urban biodiversity–an experiment in connectivity. EN: PROCEEDINGS OF the Georgia Basin/Puget Sound Research Conference. Georgia, Institute of Urban Ecology, Douglas College. 9pp.

SCHNEIDER, A., FRIEDL, M. A. y POTERE, D. 2010. Mapping global urban areas using MODIS 500-m data: New methods and datasets based on 'urban ecoregions'. Remote Sensing of Environment 114(8): 1733-1746.

SETO, K. C., FRAGKIAS, M., GÜNERALP, B. y REILLY, M. K. 2011. A meta-analysis of Global Urban Land Expansion. PLoS ONE 6(8): e23777

SETO, K. C., GÜNERALP, B. y HUTYRA, L. R. 2012. Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. Proceedings of the National Academy of Sciences PNAS 109(40): 1683-1688.

STEHBERG, R. y SOTOMAYOR, G. 2012. Mapocho Incaico. Boletín del Museo de Historia Natural 61:85-149.

STIMBERG, D. STOKMAN, A. ZELLER, S., STIMBERG, D., VOERMANEK, H. y BAJC, K. 2017. River. Space. Design: Planning Strategies, Methods and Projects for Urban Rivers. Birkhäuser. 328p.

SUBDERE RM (SUBSECRETARIA DE DESARROLLO REGIONAL DE LA REGIÓN METROPOLITANA). 2018. Gobierno Regional de Santiago. [en línea] < http://www.subdere.cl/divisi%C3%B3n-administrativa-de-chile/gobierno-regional-metropolitano-de-santiago > [consulta: 05 diciembre 2018]

TEEB – The Economics of Ecosystems and Biodiversity. 2011. TEEB Manual for Cities: Ecosystem Services in Urban Management. 43p.

THOMAS, K. y LITTLEWOOD, S. 2010. From Green Belts to Green Infrastructure? The Evolution of a New Concept in the Emerging Soft Governance of Spatial Strategies. Planning Practice and Research 25(2): 203-222.

UNITED NATIONS, DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS, POPULATION DIVISION (2014). World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights (ST/ESA/SER.A/352). UNITED NATIONS, 2014. Nueva York. 32p.

UNIVERSITY OF ARKANSAS COMMUNITY DESIGN CENTER (UACDC). 2010. Low Impact Development: a design manual for urban areas. Fayetteville, Arkansas. USA. 117p.

VÁSQUEZ, A. 2014. Infraestructura verde, servicios ecosistémicos y sus aportes para enfrentar el cambio climático en ciudades: El caso del corredor ribereño del Río Mapocho en Santiago de Chile. Revista de geografía Norte Grande (63), 63-86. <https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34022016000100005&lng=es&nrm=iso> [consulta: 15 julio 2017].

VÁSQUEZ, A. 2016. An integrative approach to assess urban riparian greenways potential: The case of Mapocho River in Santiago de Chile. Memoria de Doctor Rerum Naturalium. Alemania. Universität der Leipzig, Fakultät für Physik und Geowissenschaften. 229 p.

VÁSQUEZ, A., DEVOTO, C., GIANNOTI, E. y VELÁSQUEZ, P. 2016. Green Infraestructure Systems Facing Fragmented Cities in Latin America – Case of Santiago, Chile. Procedia Engineering 1161: 1410-1416.

VERGARA, P. M., PEREZ-HERNANDEZ, C. G., HAHN, I. J. y SOTO, G. E. 2013. Deforestation in central Chile causes a rapid decline in landscape connectivity for a forest specialist bird species. Ecological Research 1–12.

VIHERVAARA, P., KUMPULA, T., TANSKANEN, A. y BURKHARD, B. 2010. Ecosystem services–A tool for sustainable management of human–environment systems. Case study Finnish Forest Lapland. Ecological Complexity 7(3): 410–420.

WALLACE, K. 2007. Classification of ecosystem services: Problems and solutions. Biological Conservation 139 (2007): 235–246.

YOKOHARI, M. y AMATI, M. 2005. Nature in the city, city in the nature: case studies of the restoration of urban nature in Tokyo, Japan and Toronto, Canada. Landscape and ecological engineering 1(1): 53-59.

8. ANEXOS

8.1. Anexo 1: Lista y referencias de los entrevistados.

8.1.1. Alexis Vásquez (alexvasq@u.uchile.cl)

Investigador y académico del Departamento de Geografía de la Universidad de Chile. Geógrafo, Universidad de Chile, 2002. MSc. en Gestión y Planificación Ambiental, Universidad de Chile, 2008. Phd en Geografía, Universidad de Leipzig, Alemania, 2012. Sus intereses de investigación se relacionan con la planificación ambiental, justicia ambiental y ecología urbana y de paisaje. Su trabajo pone énfasis en el estudio transdiciplinario de sistemas socio-ecológicos incluyendo interacciones específicas, propiedades emergentes y funcionamiento global. Ha participado en proyectos científicos y consultorías para organismos tanto estatales como privados, posee artículos en revistas científicas y de difusión además de capítulos de libros en los temas antes señalados. Algunos de sus trabajos como investigador son:

- 2013 – 2015. Coinvestigador. Estudio y modelación del clima urbano a escala local, como base para la proposición de lineamientos de adaptación frente al cambio climático en una red de ciudades chilenas. FONDECYT 1130305.

- 2013 – 2014 Investigador Responsable. Corredores verdes urbanos multifuncionales: conectando ciudades ecológica y socialmente fragmentadas. FONDECYT 1130311.

- 2009-2012. Investigador Responsable. An integrative approach to assess urban riparian greenways potential: The case of Santiago de Chile. Investigación doctoral CONICYT-DAAD.

- 2010-2011. Investigador Responsable. Desarrollo de una aproximación para la planificación de corredores verdes ribereños multifuncionales en Santiago de Chile: bases para la creación de infraestructura verde y una ciudad resiliente. FAU 04/11.

- Romero, H. and Vásquez, A. 2005. Evaluación ambiental del proceso de urbanización de las cuencas del Piedemonte Andino de Santiago de Chile. Revista EURE de Estudios Urbanos Regionales, Pontificia Universidad Católica de Chile, Vol.XXXI, Nº94, diciembre 2005: 97-118.

- Romero, H., Molina, M., Moscoso, C., Sarricolea, P. and Vásquez, A. E. 2009. Climate change and urban sustainabiliy of Chilean metropolitan cities. Capítulo en: Da Silva, P., Costa, W., Lima, J. and Zullo, J. Public policy, mitigation and adaptation to climate change in South America. Universidade de Sao Paulo, Instituto de Estudios Avancados. 211 – 227 pp.

- Romero, H. and Vásquez, A. 2007. Geography for urban sustainable development: Student's Proposals to Deal with Santiago de Chile Urban Sprawl. Capítulo en: Robertson, M. Sustainable Futures. Editorial ACER Press, Australia. 125-151 pp.

- Romero, H., Molina, M., Moscoso, C., Sarricolea, P., Smith, P. and Vásquez, A. 2007. Caracterización de los Cambios de Usos y Coberturas de Suelos Causados por la Expansión Urbana de Santiago, Análisis Estadístico de sus Factores Explicativos e Inferencias Ambientales. Capítulo en: De Mattos, C. and Hidalgo R. Reconfiguración Metropolitana y Movilidad Espacial en Santiago. Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales e Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile. 251 – 270 pp.

- Romero, H., Vásquez, A. y Ordenes, F. 2003. Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sustentable a Escala Regional, Ciudad de Santiago y Ciudades Intermedias en Chile. Capítulo en: Figueroa, E. y Simonetti, J. (editores). Globalización y Biodiversidad: Oportunidades y Desafíos Para la Sociedad Chilena. Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo de la Universidad de Chile. Editorial Universitaria, Santiago Chile. 167-224 pp.

8.1.2. Cinnamon Dobbs (cdobbsbr@gmail.com)

Académica de la Pontificia Universidad Católica de Chile, Departamento de Ecosistemas y Medio Ambiente / Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Chile. Ingeniero Forestal de la Universidad de Chile, MSc en Conservación y Recursos Forestales de la Universidad de Florida (USA) y doctor de la Universidad de Melbourne (Australia). Especialista en estudios de servicios ecosistémicos en áreas urbanas e indicadores de ecosistemas urbanos. Trabajó con ecólogos y zoólogos en el Laboratorio de Ecología Urbana de la universidad de Melbourne así como también en el municipio de la ciudad de Melbourne como ingeniero forestal urbano, haciendo investigación y planificación. Algunos de sus trabajos son:

- Article: The influence of climate and drought on urban tree growth in southeast Australia and the implications for future growth under climate change. 2017. Landscape and Urban Planning.

- Chapter: Smart Ecology of Cities: Integrating Development Impacts on Ecosystem Services for Land Parcels: Foundations, Principles, and Applications. 2017.

- Technical Report: Urban Forest Climate Adaptation Framework for Tree Species Selection, Planting and Management. 2017.

- Article: Planning for the Future of Urban Biodiversity: A Global Review of City-Scale Initiatives. 2017. BioScience.

- Article: Assessing the drivers shaping global patterns of urban vegetation landscape structure. 2017. Science of The Total Environment.

- Chapter: Smart Ecology of Cities: Integrating Development Impacts on Ecosystem Services. 2016.

- Article: Spatio-Temporal Changes in Structure for a Mediterranean Urban Forest: Santiago, Chile 2002 to 2014. 2016. Forests.
- Article: Landscape trajectories and their effect on fragmentation for a Mediterranean semi-arid ecosystem in Central Chile. 2016. Journal of Arid Environments.
- Article: Urban trees worldwide have low species and genetic diversity, posing high risks of tree loss as stresses from climate change increase. 2016. Acta horticulturae.
- Article: La infraestructura verde como estrategia de adaptación al cambio climático. 2015.
- Chapter: La visión del bosque urbano en la ciudad de Melbourne, Australia. Chapter. 2015.
- Chapter: Evaluación y Seguimiento de la Vegetación Urbana. 2015.
- Chapter: Global Drivers and Tradeoffs of Three Urban Vegetation Ecosystem Services. 2015.
- Article: Global patterns of diversity in the urban forest: Is there evidence to support the 10/20/30 rule? 2014. Urban Forestry & Urban Greening.
- Article: Multiple ecosystem services and disservices of the urban forest establishing their connections with landscape structure and sociodemographics. 2014. Ecological Indicators.
- Article: Cities as Global Biodiversity Hotspots. 2012.
- Article: Above ground biomass and leaf area models based on a non destructive method for urban trees of two communes in Central Chile. 2011. Bosque.

8.1.3. Francisco de la Barrera (fdelabarrera@gmail.com)

Doctor en Geografía y Magíster en Gestión Ambiental y Planificación Territorial de la Universidad de Barcelona. Biólogo Ambiental de la Universidad de Chile. Área de investigación: Ecología urbana y del paisaje, servicios ecosistémicos, teledetección. Investigador postdoctoral. Algunos de sus trabajos son:

- 2015 – 2017. Nuevas relaciones urbano-rurales en la sustentabilidad ambiental de la macrorregión Santiago-Valparaíso. Proyecto FONDECYT Regular N°1150422. Coinvestigador. 2015-2017.

- 2014-2017. Modelación de servicios ecosistémicos de parques urbanos en sectores metropolitanos. Proyecto FONDECYT de Postdoctorado N°3150403. Investigador responsable.

- 2016. De la Barrera F, Reyes-Parece S, Harris J, Bascuñán D, Farías J. People's perception influences on the use of green spaces in socio-economically differentiated neighborhoods. Urban Forestry & Urban Greening 20, 254-264.

- 2016. Inostroza L, Palme M, De la Barrera F. A heat vulnerability index: spatial patterns of exposure, sensitivity and adaptive capacity for Santiago de Chile. PLOS ONE 11(9):e0162464.

- 2016. De la Barrera F, Reyes-Paecke S, Banzhaf E. Indicators for green spaces in contrasting urban settings. Ecological Indicators 62: 212-219.

- 2016. De la Barrera F, Rubio P, Banzhaf E. The value of vegetation cover for ecosystem services in the suburban context. Urban Forestry & Urban Greening 16: 110-122.

- 2015. De la Barrera F, P Bachmann, A Tironi. Investigación sobre servicios ecosistémicos en Chile: una revisión sistemática. Investigaciones geográficas 50: 3-18

- 2014. Moreira D, De la Barrera F, Bustamante R. “Distance to suburban/wildland border interacts with habitat type for structuring exotic plant communities in a natural area surrounding MAS”. Plant Ecology and Diversity 8(3), 363–370.

- 2014. Banzhaf E., De la Barrera F, Kindler A, Reyes-Paecke S, Schlink U, Welz J, Kabisch S. “A conceptual framework for integrated analysis of environmental quality and quality of life”. Ecological Indicators 45, 664-668

- 2014. Correa-Galleguillos P, De la Barrera F. “Análisis de la estructura y de la composición del arbolado en parques del Área Metropolitana de Santiago”. Chloris chilensis 17(1).

- 2011. De la Barrera F. “Aplicación de servicios ecosistémicos para la gestión ambiental de ciudades”. En VV.AA. 2011.Socializar conocimientos. Primer Encuentro de Investigadores Chilenos en Barcelona. Icaria Editorial.

8.1.4. Jaime Hernández Palma (jhernand@uchile.cl)

Ingeniero Forestal (Universidad de Chile, 1994). Doctor Ingeniero de Montes (Universidad Politécnica de Madrid, 1999). Ha realizado estadías de postítulo en Geomática en Imperial College y University College de Londres (1999). Profesor asociado de la Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza. Su investigación se focaliza en la aplicación y desarrollo de técnicas de análisis espacial para la evaluación y monitoreo de recursos naturales, la conservación de la naturaleza y la ecología de paisajes naturales y urbanos. Algunos de sus trabajos son:

- 2014 – 2016. Vegetation knowledge-based indicators for urban sustainable planning. Financiamiento: Fondecyt (No. 1140319)

- 2005. Ceballos, A., Hernández, H.J., Corvalán, P. & Galleguillos, M. Comparison of Airborne LiDAR and Satellite Hyperspectral Remote Sensing to Estimate Vascular Plant Richness in Deciduous Mediterranean Forests of Central Chile. Remote Sensing 7, 2692-2714; doi:10.3390/rs70302692 (ISI. Indice de Impacto = 2.623)

- 2014. Pérez-Hernández C.G., Vergara, P.M., Saura, S. & Hernández, H.J. Do corridors promote connectivity for bird-dispersed Trees? The case of Persea lingue in Chilean fragmented landscapes. Landscape Ecology, Volume 30, Issue 1, pp 77-90 On-line, DOI 10.1007/s10980-014-0111-2 (ISI. Indice de Impacto = 3.574).

- 2009 – 2011. FONDECYT: CORREDOR FLUVIAL DEL RÍO MAPOCHO SIGLO XXI: hacia un conjunto de variables para la definición y el manejo de un polígono de intervención multifacética e integral entre Quinta Normal y El Monte. Co-investigador. Análisis Espacial y bio-corredores.

- 2010. Hernández, H.J. & Gutiérrez, M.A. Patrones espaciales de expansión urbana de Santiago de Chile, período 1975-2003. Revista de Urbanismo, 0(22), Pág. 92-106. DOI:10.5354/0717-5051.2010.8792.

- 2009. FONDECYT: CORREDOR FLUVIAL DEL RÍO MAPOCHO SIGLO XXI: hacia un conjunto de variables para la definición y el manejo de un polígono de intervención multifacética e integral entre Quinta Normal y El Monte. Coinvestigador. Análisis Espacial y bio-corredores.

- 2005 – 2006. Proyecto U. de Chile. Cambios en la estructura de los paisajes urbanos de Santiago de Chile en el período 1975-2003. Director. Uso de Imágenes Landsat, análisis espectrales y métricas de paisaje.

8.1.5. Jorge Pérez (jorgepq@uchile.cl)

Investigador y académico del departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales Renovables. Sus áreas de interés principal son Ecología de Ecosistemas Planes de Manejo Predial. Es Ph.D. Ecology, University of California. M.S. Horticulture & Agronomy, U. California. Ingeniero Agrónomo, Universidad de Chile. Algunos de sus trabajos son:

- 2016. Assessment of quality of input data used to classify ecosystems according to the IUCN Red List methodology: The case of the central Chile hotspot. Alaniz, A., Galleguillos, M., Pérez-Quezada, J.F. Biological Conservation (In Press).

- 2015. Evaluation of impacts of management in an anthropogenic peatland using field and remote sensing data. Cabezas J., Galleguillos M., Valdés A., Fuentes J.P, Pérez, C., Pérez-Quezada, J.F. Ecosphere 6(12): 282.

- 2015. Estudio para la definición de áreas de protección natural y/o patrimonial, en el piedemonte andino del sector oriente. PNUD - SCT 2015-19. Investigador principal.

- 2014. Soil respiration across a disturbance gradient in sclerophyllous ecosystems in Central Chile. Bown, H.E., Fuentes, J.P., Pérez-Quezada, J.F., Franck, N. Ciencia e Investigación Agraria 41(1):89-106.

- 2012 – 2014. Guía para la regeneración y recuperación de bosque y matorral de ecosistemas de montaña en la Región Metropolitana. Fondo de Investigación en Bosque Nativo, CONAF 022/2012. Investigador principal.

- 2011. Carbon pools in an arid shrubland in Chile under natural and afforested conditions. Pérez-Quezada, J.F., Delpiano, C.A., Franck, N., Snyder, K.A. and Johnson, D.A. Journal of Arid Environments.75: 29-37.

- 2009 – 2012. Efecto de perturbaciones antrópicas en la calidad y flujos de carbono orgánico del suelo en vegetación esclerófila de Chile Central. Financiamiento FONDECYT Nº 1090283. Coinvestigador.

- 2008 – 2011. Sistemas de Producción Sustentable para Ecosistemas de Montaña, Implementación Plan Santiago Andino; Sitios Prioritarios N° 4, 5 y 10. Financiamiento: CORFO-INNOVA 07CN13IYM-16.

- Cambio climático desde la era preindustrial y el efecto de las actividades humanas. Pérez Quezada, J. 2006. Ecoamerica Año 7 (61): 72-73.

- 1995 – 1997. Environmental Information Modeling System for Sustainable Development. Centro AGRIMED, Universidad de Chile. Financiamiento: Environmental Research Program (ERP) de la empresa IBM International Foundation.

8.1.6. Pamela Smith Guerra (pamelasmit@uchilefau.cl)

Geógrafa de la U. de Chile (2007). Magíster en Gestión y Planificación Ambiental, U. de Chile (2012). Estudiante Doctorado en Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile, obtención candidatura año 2014. Se desempeña como Académica del Departamento de Geografía de la Universidad de Chile. Participación en proyectos de investigación asociados al Laboratorio de Medioambiente y Territorio, profundizando en las temáticas de medio ambiente urbano, ecología urbana, clima urbano a escala local y microescala, sustentabilidad urbana y cambio climático en la ciudad. Actualmente trabaja en el proyecto FONDECYT Estudio y modelación del clima urbano a escala local, como base para la proposición de lineamientos de adaptación frente al cambio climático en una red de ciudades chilenas. Algunos de sus trabajos son:

- Investigadora Responsable Proyecto FAU N° 1130305, Título: Evaluación de los sistemas socio-ecológicos: Aportes a la reconstrucción de la resiliencia en el Área Metropolitana de Concepción. Marzo 2014 – 2015.

- Coinvestigadora Proyecto FONDECYT N° 1130305, Título: Estudio y modelación del clima urbano a escala local, como base para la proposición de lineamientos de adaptación frente al cambio climático en una red de ciudades chilenas. Investigador Responsable: Cristian Henríquez R., Pontificia Universidad Católica de Chile. Marzo 2013 – 2016.

- Coinvestigadora Proyecto FONDECYT N° 1130311, Título: Corredores verdes urbanos multifuncionales: conectando ciudades ecológica y socialmente fragmentadas. Investigador Responsable: Alexis Vásquez F., Universidad de Chile. Marzo 2013 – 2016.

- Coinvestigadora Proyecto FONDECYT N° 1080080, Título: Sustentabilidad ambiental urbana, justicia socioambiental y escenarios de calidad de vida futura en la metrópolis de Santiago – Valparaíso y en la ciudad intermedia de Chillán. Investigador responsable: Hugo Romero A, Universidad de Chile. 2009 – 2011.

- Romero, H., Vásquez, A. Y Smith, P. 2010. Evaluación ambiental estratégica del turismo y el desarrollo sustentable de los paisajes prístinos de la Patagonia chilena. Contra la Domesticación del Turismo: los laberintos del turismo rural. Monterroso, N. y Zizumbo, L. (Editores). Universidad Nacional Autónoma del Estado de México, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, p. 159-204.

- Romero, H; Moscoso, C y Smith, P. 2009. Lecciones y conclusiones sobre la falta de sustentabilidad ambiental del crecimiento espacial de las ciudades chilenas. Hidalgo, R., De Mattos, C. y Arenas F. (editores). “Chile: del País Urbano al País Metropolitano”. Serie GEOlibros N°12, Eure Libros, 2009, Chile, 89 – 110.

- Romero, H., Smith, P. and Vásquez, A. 2009. Global Changes and economic globalization in The Andes. Challenges for developing nations. En Alpine Space – Man & Environment, vol. 7, “Global Change and Sustainable Development in Mountain Regions”, 71-95p. Psenner, R., Lackner, R. Borsdorf, A. (Editores). Innsbruck University Press, University of Innsbruk, Vice-rectorate for Research, Austria.

- Romero, H.; Irarrázaval, F.; Opazo, D.; Salgado, M.; Smith, P. 2010. Climas urbanos y contaminación atmosférica en Santiago de Chile. Revista EURE Vol. 36, Nº 109: 35-62. ISSN 0717-6236. (ISI).

-

8.1.7. Sonia Reyes (sonia.reyes@uc.cl)

PhD., Geographie. Universität Leipzig – Alemania. Magíster en Asentamientos Humanos y Medio Ambiente UC. Licenciada en Ciencias con Mención en Biología de la Universidad de Chile. Trabaja en el Departamento de Ecosistemas y Medio Ambiente de la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal de la Pontificia Universidad Católica de Chile en temáticas relacionadas con Arbolado urbano, Planificación territorial y sustentabilidad y Servicios ecosistémicos. Académica de la Pontificia Universidad Católica de Chile, Departamento de Ecosistemas y Medio Ambiente / Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Chile. Algunos de sus trabajos son:

- 2016-2019. Contribución del enfoque de los servicios ecosistémicos a la planificación urbana y las políticas de áreas verdes: evaluación de las potencialidades y restricciones del concepto en diferentes escalas territoriales. FONDECYT. Investigador Responsable.

- 2015-2016. Patrones espacio-temporales de la vegetación urbana en ciudades chilenas. Financiamiento del Centro de Desarrollo Urbano Sustentable (CEDEUS). Investigadora principal.

- 2015-2016. Composición vegetacional y servicios ecosistémicos de plazas en Santiago. Financiamiento VRI-PUC 2015-2016. Investigadora principal.

- S. Reyes-Paecke, C. Pavez. 2016. Riego de la vegetación urbana en el contexto del cambio climático: lecciones del Área Metropolitana de Santiago. En “Cambio climático: Lecciones de y para ciudades de América Latina” Ed. Sylvie Nail. Bogotá: Universidad Externado de Colombia.

- S. Reyes Paecke. 2015. Contribución de la vegetación urbana a la calidad ambiental y la sustentabilidad en el Área Metropolitana de Santiago de Chile. En "Ciudad y Calidad de Vida: Indagaciones y propuestas para un habitar sustentable" Editor A. Carbonell. Santiago: Editorial USACH.

- Krellenberg, K., Welz, J. and Reyes-Packe, S. 2014. Urban green areas and their potential for social interaction A case study of a socio-economically mixed neighbourhood in Santiago de Chile. Habitat International 44:11-21.

- Reyes-Mendy, F., Arriagada, R. A., Reyes-Paecke, S., Tobar, A. 2014. Policy statement coherence: A methodological proposal to assess environmental public policies applied to water in Chile. Environmental Science & Policy 42:169-180.

- Banzhaf, E., de la Barrera, F., Kindler, A., Reyes-Paecke, S., Schlink, U., Welz, J., Kabisch, S. 2014. A conceptual framework for integrated analysis of environmental quality and quality of life. Ecological Indicators 45:664-668.

- Banzhaf, E., Reyes-Paecke, S., Mueller, A., Kindler, A.. 2013. Do demographic and land-use changes contrast urban and suburban dynamics? A sophisticated reflection on Santiago de Chile. Habitat International 39: 179-191.

- Reyes-Paecke, S., Meza L. 2011. Residential gardens of Santiago, Chile: extent, distribution and vegetation cover. Revista Chilena de Historia Natural 84 (4), 581-592.

8.2. Anexo 2: Instrumento de evaluación utilizado por los expertos para evaluar el potencial de los CLPs para sostener funciones ecosistémicas

TÍTULO TESIS: "Funciones ecosistémicas potenciales en componentes lineales del paisaje regional de Santiago"

INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN DE FUNCIONES ECOSISTÉMICAS POTENCIALES EN COMPONENTES LINEALES

ANDRÉS FELIPE RIVEROS CRISTOFFANINI
Arquitecto | Magister © en Áreas Silvestres y Conservación de la Naturaleza | ariverosc@gmail.com
Laboratorio de Medio Ambiente y Territorio, U. de Chile

ALEXIS VÁSQUEZ, Profesor Guía

ENTREVISTADO / EVALUADOR:
FECHA ENTREVISTA:

Componentes Lineales del Paisaje en consideración (obj.1)

La identificación y definición de componentes lineales del paisaje (CLPs) se realizó un análisis de contenido sobre el Plan Regulador Metropolitano de Santiago (PRMS), su Ordenanza y el conjunto de Instrumentos Planificación Territorial (IPTs), leyes y decretos a los que el PRMS hace referencia.

Para este trabajo, sólo se han incluido aquellos CLPs que sean nombrados y regulados por los IPTs, tales como ríos, autopistas y líneas de transmisión eléctrica. A su vez, y en razón de la escala de trabajo, se ha incluido aquellos CLPs de escala intercomunal (es decir, atravesar más de una comuna) o tener un largo mayor a 10 km, y ser observables con una imagen aérea.

Los CLPs han sido caracterizados en términos de su definición formal, usos de suelo propuestos, restricciones de uso y ancho de la franja de protección.

Clasificación de CLP	Nombre del CLP	
ÁREAS VERDES	Parques adyacentes al sistema vial	
	Parques adyacentes a cauces	
	Parques quebradas	
VIALIDAD	Vialidad expresa y troncal	
	Vías ferroviarias	
INFRAESTRUCTURA METROPOLITANA	Líneas de Transmisión eléctrica	
CURSOS DE AGUA	Ríos y esteros	
	Quebradas	
	Canales abiertos	

Funciones ecosistémicas en consideración (obj.2)

Función ecosistémica	Descripción de la función ecosistémica
Formación y retención de suelo	Capacidad de los ecosistemas para producir suelo y minimizar su pérdida. Comprende rocas de sujeción, desgaste mineral, biota del suelo, biomasa de raíces y sucesión vegetacional
Ciclado de nutrientes	El papel de los ecosistemas en el transporte, recuperación y almacenamiento de nutrientes; así como de la eliminación o descomposición de sus excesos
Polinización	Rol de la biota (insectos, aves y mamíferos) en el movimiento de gametos florales para la reproducción de las plantas
Dinámicas tróficas y de poblaciones	Interacciones predador-presa. Las interacciones dentro de las comunidades bióticas que actúan como fuerzas restrictivas para controlar poblaciones. En términos antropocéntrico equivaldría al término "control biológico"
Hábitat	Ecosistemas naturales y semi-naturales como espacio de vida adecuado para las comunidades bióticas silvestres y especies focales, sean estas residentes o en tránsito. Se incluyen la noción de espacios para crianza, reproducción, refugio y corredores (conectividad)
Productividad primaria	Producción de biomasa por fotosíntesis
Conservación de material genético	Conservación, mantenimiento y/o evolución de biodiversidad *in-situ* o *ex-situ*. Medible en genes y especies
*Regulación de gases y partículas atmosféricas	Influencia de los ecosistemas naturales y artificiales sobre los procesos biogeoquímicos atmosféricos, incluyendo gases de efecto invernadero y sobre el abatimiento de material particulado, como el smog y compuestos orgánicos volátiles
* Regulación del clima local	Regulación de temperatura, humedad (del aire y suelo) y otros procesos climáticos locales mediados por la cobertura del suelo
* Amortiguación ante las fluctuaciones ambientales	Capacidad del suelo y la vegetación para amortiguar los efectos del agua y viento
* Ciclado hidrológico	Influencia de la cobertura del suelo en la regulación de la escorrentía, descarga y distribución del agua en suelos, acuíferos, cursos y cuerpos de agua y la atmósfera (evapotranspiración de la vegetación)
* Almacenamiento y retención de agua	Rol de los ecosistemas para la infiltración de agua en acuíferos, la retención o difusión de agua por medio de cuerpos de agua y la retención de humedad en el suelo

Para este trabajo las funciones ecosistémicas (FEs) se refieren indistintamente a las propiedades, procesos y componentes biológicos, geoquímicos y físicos que tienen lugar en un ecosistema, hábitat o sistema biológico (Costanza *et al.,* 1997; Maynard *et al.*, 2010).

A diferencia de los servicios ecosistémicos (SEs), las FEs consideran al mismo tiempo el valor intrínseco de la naturaleza y potenciales valores antropocéntricos; en tanto que los SEs sólo valoran la naturaleza en tanto reporta beneficios a la sociedad (Petter *et al.,* 2012). Por ejemplo, la FE de productividad primaria es vital para la alimentación de diferentes especies de animales pero pasa a ser un SE cuando esa productividad se da en forma de alimentos que son consumidos por el ser humano.

El presente listado ha sido elaborado a partir del trabajo de Costanza *et al.*, (1997); De Groot *el at.*, (2002), EEB (2010); Petter *et al.,* (2012) y de las entrevistas a expertos que se hicieron para el diseño del instrumento de evaluación de esta investigación. Algunas de las FEs incluidas en este listado han sido clasificadas en ocasiones como como SEs (especialmente de regulación), sin embargo, se decidió incluirlas debido a la pertinencia de estas para la investigación y la RM de Santiago. Estas han sido marcadas con un (*) y ubicadas al final de la lista.

Tabla de evaluación de FEs en CLPs

	Componentes lineales a evaluar (0 a 3)								
Funciones Ecosistémicas	Parques adyacentes al sistema vial	Parques adyacentes a cauces	Parques quebradas	Vialidad expresa y troncal	Vías ferroviarias	Líneas de Transmisión eléctrica	Ríos y esteros	Quebradas	Canales abiertos
Formación y retención de suelo									
Ciclado de nutrientes									
Polinización									
Dinámicas tróficas y de poblaciones									
Hábitat									
Productividad primaria									
Conservación de material genético									
*Regulación de gases y partículas atmosféricas									
* Regulación del clima local									
* Amortiguación ante las fluctuaciones ambientales									
* Ciclado hidrológico									
* Almacenamiento y retención de agua									
0 = no hay relación significativa entre el componente y la FE 1 = hay una relación muy débil o efectos muy indirectos 2 = hay una relación media o efectos indirectos 3 = hay una relación directa fuerte o muy fuerte									

Fecha:_____ Evaluador:_____.

Ficha de evaluación: Parque Adyacente al Sistema Vial

Definición desde la normativa

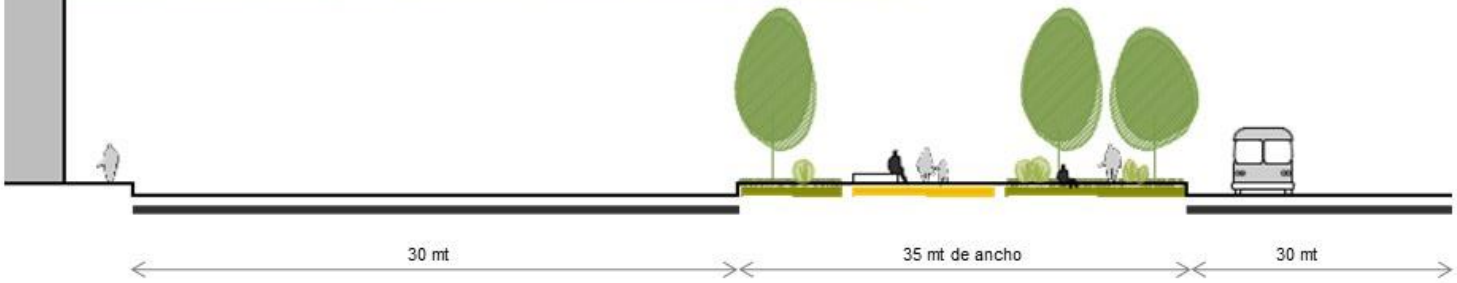
Son áreas verdes de uso público adyacentes al Sistema Vial Metropolitano. Su función es vincular los principales elementos del Sistema Metropolitano de Áreas Verdes y Recreación y aportar áreas de esparcimiento y recreación. Ancho variable de entre 20 y 50 mt que podrá ser disminuido hasta en un 30% para vialidad.

Escenario urbano a evaluar

Área verde lineal de 35 m de ancho asociada a una avenida intercomunal. Presenta distintos usos/coberturas de suelo entre los que se cuentan áreas de matorral y arbolado (especies del bosque esclerófilo como peumo, quillay y belloto del norte) (60%), zonas de césped (30%), paseos peatonales (10%), ciclovías, juegos infantiles y luminarias. Cerca del 80% del suelo es permeable.

Funciones Ecosistémicas	Evaluación (0 a 3)
Formación y retención de suelo	
Ciclado de nutrientes	
Polinización	
Dinámicas tróficas y de poblaciones	
Hábitat	
Productividad primaria	
Conservación de material genético	
*Regulación de gases y partículas atmosféricas	
* Regulación del clima local	
* Amortiguación ante las fluctuaciones ambientales	
* Ciclado hidrológico	
* Almacenamiento y retención de agua	

0 = no hay relación significativa entre el componente y la FE
1 = hay una relación muy débil o efectos muy indirectos
2 = hay una relación media o efectos indirectos
3 = hay una relación directa fuerte o muy fuerte



5

Ficha de evaluación: Parques adyacentes a cauces

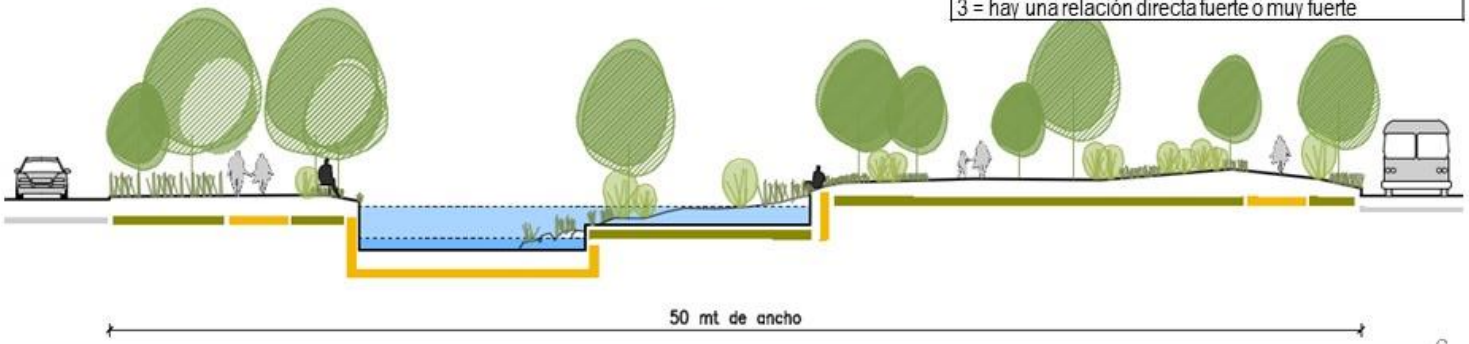
Definición desde la normativa

Son áreas verdes de uso público, adyacentes a los cauces de aguas. Su función es vincular los principales elementos del Sistema Metropolitano de Áreas Verdes y Recreación y aportar áreas de esparcimiento y recreación. Ancho variable mayor a 20 mt

Escenario urbano a evaluar

Áreas verdes de uso público adyacente a ambos lados de un curso de agua y de 50 m de ancho por cada lado. Dominado por vegetación propia del bosque esclerófilo que incluye hierbas, arbustos y árboles, albergando una gran diversidad de especies ribereñas nativas. Más del 80% del suelo es permeable. Cuenta con equipamiento social como paseos peatonales, juegos infantiles, luminarias y bancas.

Funciones Ecosistémicas	Evaluación (0 a 3)
Formación y retención de suelo	
Ciclado de nutrientes	
Polinización	
Dinámicas tróficas y de poblaciones	
Hábitat	
Productividad primaria	
Conservación de material genético	
*Regulación de gases y partículas atmosféricas	
* Regulación del clima local	
* Amortiguación ante las fluctuaciones ambientales	
* Ciclado hidrológico	
* Almacenamiento y retención de agua	
0 = no hay relación significativa entre el componente y la FE 1 = hay una relación muy débil o efectos muy indirectos 2 = hay una relación media o efectos indirectos 3 = hay una relación directa fuerte o muy fuerte	



Ficha de evaluación: Parques quebradas

Definición desde la normativa

Son áreas verdes adyacentes a los cauces de las quebradas. Destinados a área verde, recreación, deporte y turismo al aire libre. Ancho variable de entre 20 y 100 m hacia cada lado del borde de la quebrada, siendo la mayoría de 80 m de ancho totales. Se ubican principalmente en el contrafuerte cordillera no de Santiago.

Escenario urbano a evaluar

Área verde de uso público de 27 m de ancho hacia ambos lados del eje de una quebrada. Dominado por vegetación propia del bosque esclerófilo que incluye hierbas, arbustos y árboles, albergando una gran diversidad de especies nativas. Más del 80% del suelo es permeable. Cuenta con equipamiento social como paseos peatonales, juegos infantiles, luminarias y bancas.

Funciones Ecosistémicas	Evaluación (0 a 3)
Formación y retención de suelo	
Ciclado de nutrientes	
Polinización	
Dinámicas tróficas y de poblaciones	
Hábitat	
Productividad primaria	
Conservación de material genético	
*Regulación de gases y partículas atmosféricas	
* Regulación del clima local	
* Amortiguación ante las fluctuaciones ambientales	
* Ciclado hidrológico	
* Almacenamiento y retención de agua	

0 = no hay relación significativa entre el componente y la FE
1 = hay una relación muy débil o efectos muy indirectos
2 = hay una relación media o efectos indirectos
3 = hay una relación directa fuerte o muy fuerte

Ficha de evaluación: Vialidad Exprés y Troncal

Definición desde la normativa

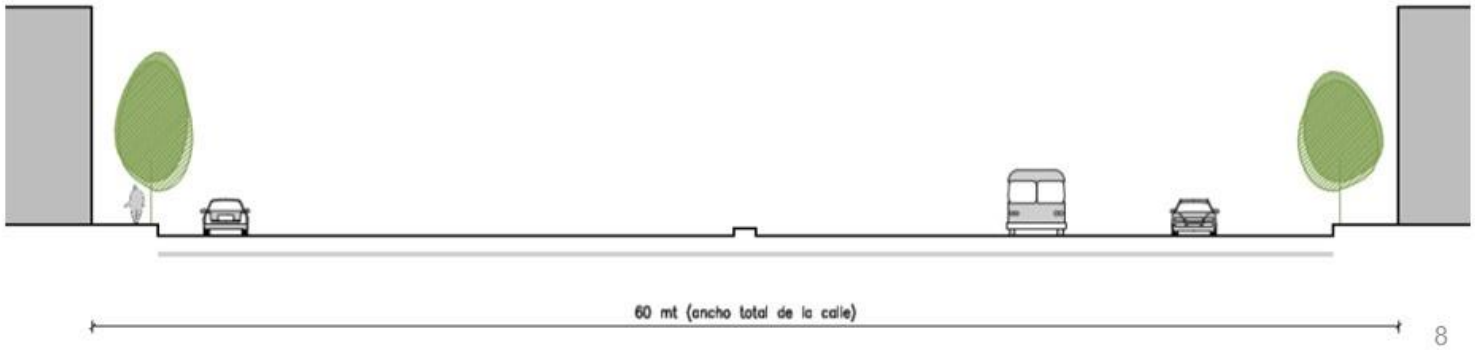
Su función principal es la vialidad motorizada de transporte público o privado, tales como carreteras de acceso a Santiago, anillos de circunvalación y avenidas intercomunales. Ancho variable entre 80 y 20 mt. El arbolado y todo tipo de equipamiento urbano están supeditados a los requerimientos de vialidad.

Escenario urbano a evaluar

Calle de alto tráfico con una franja continua de árboles nativos a ambos lados de la calzada dispuestos en nichos excavados en las veredas y espaciados a cada 6 m unos de otros. Zonas de pasto y matorral de forma discontinua y con cobertura no mayo al 10%.

Funciones Ecosistémicas	Evaluación (0 a 3)
Formación y retención de suelo	
Ciclado de nutrientes	
Polinización	
Dinámicas tróficas y de poblaciones	
Hábitat	
Productividad primaria	
Conservación de material genético	
*Regulación de gases y partículas atmosféricas	
* Regulación del clima local	
* Amortiguación ante las fluctuaciones ambientales	
* Ciclado hidrológico	
* Almacenamiento y retención de agua	

0 = no hay relación significativa entre el componente y la FE
1 = hay una relación muy débil o efectos muy indirectos
2 = hay una relación media o efectos indirectos
3 = hay una relación directa fuerte o muy fuerte



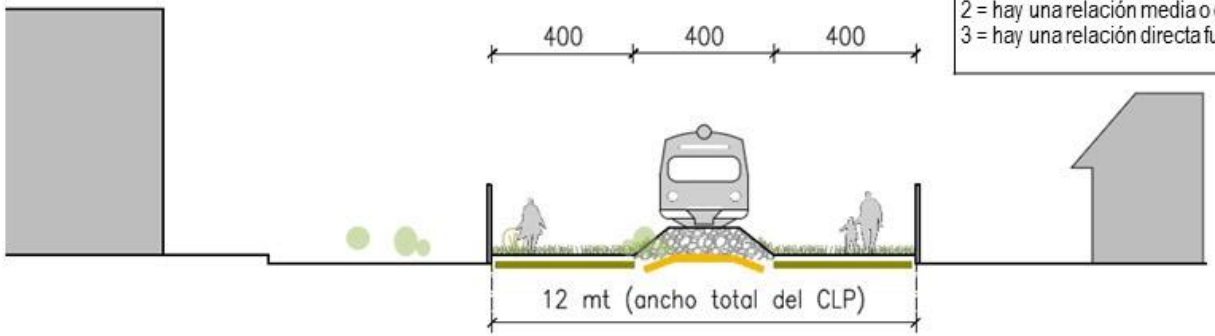
Ficha de evaluación: Línea Ferroviaria

Definición desde la normativa

Corresponden a las vías férreas y los terrenos colindantes a ella. Ancho de 20 mt a ambos costados y 12 mt en áreas urbanas. Estas áreas deben mantenerse despejadas de infraestructura y vegetación arbórea.

Escenario urbano a evaluar

Espacio lineal de 12 mts de ancho que combina usos/coberturas de matorral esclerófilo (30%), agricultura urbana (10%), praderas (20%) y suelo desnudo alto en gravilla (20%).



Funciones Ecosistémicas	Evaluación (0 a 3)
Formación y retención de suelo	
Ciclado de nutrientes	
Polinización	
Dinámicas tróficas y de poblaciones	
Hábitat	
Productividad primaria	
Conservación de material genético	
*Regulación de gases y partículas atmosféricas	
* Regulación del clima local	
* Amortiguación ante las fluctuaciones ambientales	
* Ciclado hidrológico	
* Almacenamiento y retención de agua	

0 = no hay relación significativa entre el componente y la FE
1 = hay una relación muy débil o efectos muy indirectos
2 = hay una relación media o efectos indirectos
3 = hay una relación directa fuerte o muy fuerte

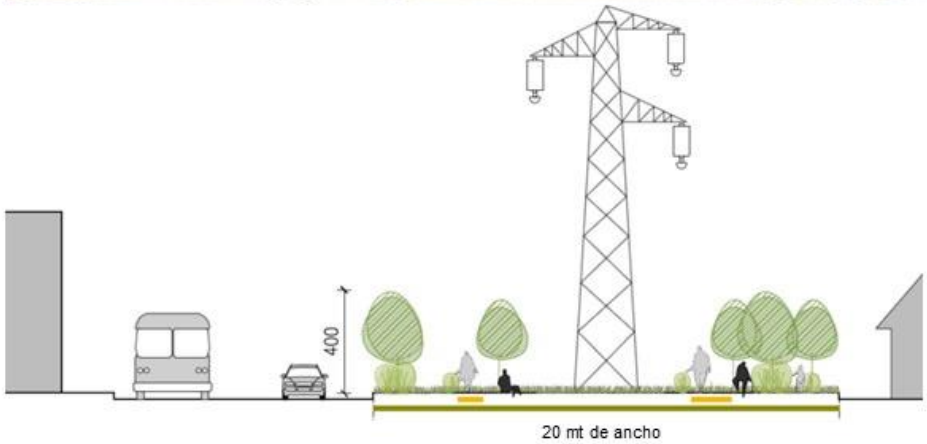
Ficha de evaluación: Líneas de transmisión eléctrica

Definición desde la normativa

Las líneas llevan asociadas una faja de resguardo a ambos lados y pueden acoger infraestructura que no involucre hábitat permanente de personas, en particular, vialidad o área verde. El arbolado no podrá superar los 4 mt de altura. Ancho variable de entre 14 y 54 mt según voltaje.

Escenario urbano a evaluar

Área verde lineal de 20 mt de ancho asociada a una línea de una transmisión eléctrica de 110 kV que corre por el centro del parque. Presenta vegetación propia del bosque esclerófilo que incluye hierbas, arbustos y algunos árboles de hasta 4 m de alto. Además, presenta equipamiento público, como ciclovías, huertas, paseos y luminarias. Cerca de un 70% del suelo es permeable.



Funciones Ecosistémicas	Evaluación (0 a 3)
Formación y retención de suelo	
Ciclado de nutrientes	
Polinización	
Dinámicas tróficas y de poblaciones	
Hábitat	
Productividad primaria	
Conservación de material genético	
*Regulación de gases y partículas atmosféricas	
* Regulación del clima local	
* Amortiguación ante las fluctuaciones ambientales	
* Ciclado hidrológico	
* Almacenamiento y retención de agua	

0 = no hay relación significativa entre el componente y la FE
1 = hay una relación muy débil o efectos muy indirectos
2 = hay una relación media o efectos indirectos
3 = hay una relación directa fuerte o muy fuerte

Ficha de evaluación: Ríos y Esteros

Definición desde la normativa

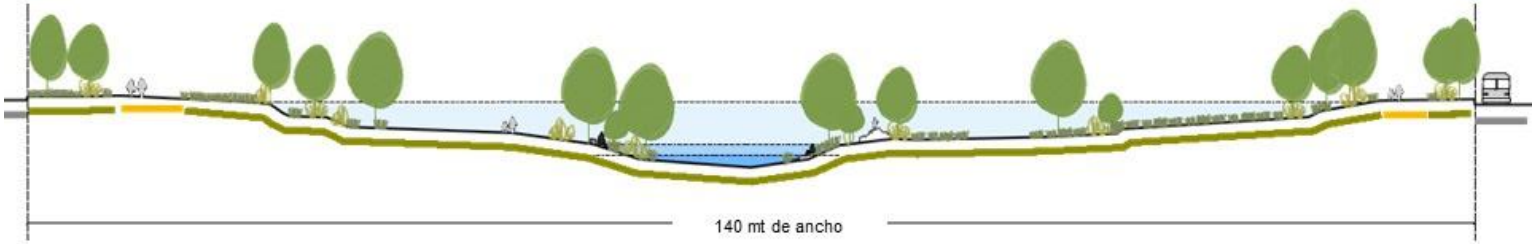
Los ríos y esteros son cursos naturales de agua permanente y de gran jerarquía. Entre ellos se cuentan los ríos Maipo, Mapocho y Angostura y los esteros Puangue, Alhué, Yali y Paine. Por normativa están destinados a actividades agrícolas, forestación, área verde, equipamiento de esparcimiento y deporte. Están protegidos por una faja de protección de 200 mts mínimo adyacente y paralela a cada costado de los bordes del cauce. La franja de protección podrá disminuirse en un 30% de para vialidad y un 60% si la totalidad de la franja restante se arboriza.

Escenario urbano a evaluar

Espacio verde adyacente al curso de agua con 140 m de ancho. Dominado por vegetación ribereña propia del bosque esclerófilo que incluye hierbas, arbustos y árboles albergando una gran diversidad de especies de plantas. Más del 90% del suelo es permeable. No cuenta con equipamiento social.

Funciones Ecosistémicas	Evaluación (0 a 3)
Formación y retención de suelo	
Ciclado de nutrientes	
Polinización	
Dinámicas tróficas y de poblaciones	
Hábitat	
Productividad primaria	
Conservación de material genético	
*Regulación de gases y partículas atmosféricas	
* Regulación del clima local	
* Amortiguación ante las fluctuaciones ambientales	
* Ciclado hidrológico	
* Almacenamiento y retención de agua	

0 = no hay relación significativa entre el componente y la FE
1 = hay una relación muy débil o efectos muy indirectos
2 = hay una relación media o efectos indirectos
3 = hay una relación directa fuerte o muy fuerte



Ficha de evaluación: Quebradas

Definición desde la normativa

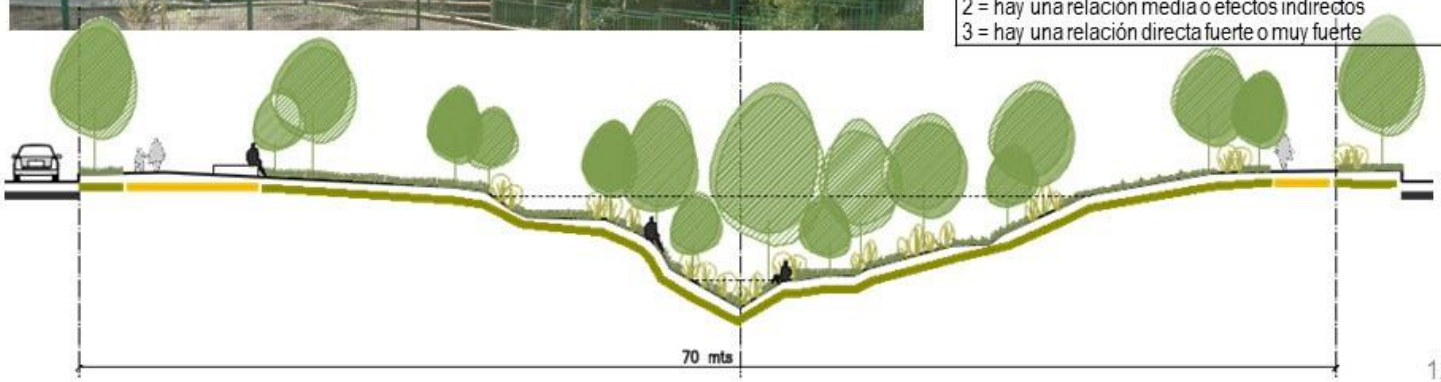
Terrenos correspondientes al cauce de la quebrada y fajas adyacentes delimitadas por líneas paralelas a cada uno de sus bordes, destinados a forestación y esparcimiento. Ancho variable de entre 20 y 100 mt a cada borde según lo graficado en el PRMS. Se podrá destinar un 30% del ancho de la faja de resguardo a vialidad.

Escenario urbano a evaluar

Espacio verde de 70 mt de ancho hacia ambos lados del eje de la quebrada. Dominado por vegetación propia del bosque esclerófilo que incluye hierbas, arbustos y árboles, albergando una gran diversidad de especies. Más del 90% del suelo es permeable. Su equipamiento consiste en un senderos peatonal.

Funciones Ecosistémicas	Evaluación (0 a 3)
Formación y retención de suelo	
Ciclado de nutrientes	
Polinización	
Dinámicas tróficas y de poblaciones	
Hábitat	
Productividad primaria	
Conservación de material genético	
*Regulación de gases y partículas atmosféricas	
* Regulación del clima local	
* Amortiguación ante las fluctuaciones ambientales	
* Ciclado hidrológico	
* Almacenamiento y retención de agua	

0 = no hay relación significativa entre el componente y la FE
1 = hay una relación muy débil o efectos muy indirectos
2 = hay una relación media o efectos indirectos
3 = hay una relación directa fuerte o muy fuerte



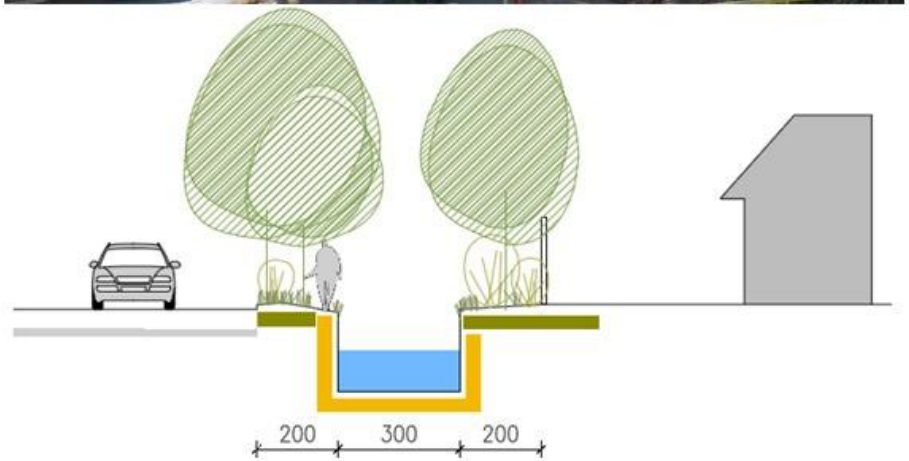
Ficha de evaluación: Canales

Definición desde la normativa

Cursos de agua abiertos y de origen cultural. Destinados riego. En áreas urbanas asumen el rol contribuir en el drenaje de la ciudad. Tienen fajas de reguardo no menores al 50% del ancho del canal hacia cada lado. Faja de resguardo destinada a área verde o en su defecto y hasta un 30% de su superficie a vialidad.

Escenario urbano a evaluar

Espacio verde adyacente al canal con dos metros de ancho por cada lado del curso de agua. Presenta vegetación ribereña nativa compuesta por árboles, arbustos y hierbas. Bordes del canal confeccionados con gaviones de piedra y grava. Equipada con una senda peatonal no pavimentada en uno de los bordes.



Funciones Ecosistémicas	Evaluación (0 a 3)
Formación y retención de suelo	
Ciclado de nutrientes	
Polinización	
Dinámicas tróficas y de poblaciones	
Hábitat	
Productividad primaria	
Conservación de material genético	
*Regulación de gases y partículas atmosféricas	
* Regulación del clima local	
* Amortiguación ante las fluctuaciones ambientales	
* Ciclado hidrológico	
* Almacenamiento y retención de agua	

0 = no hay relación significativa entre el componente y la FE
1 = hay una relación muy débil o efectos muy indirectos
2 = hay una relación media o efectos indirectos
3 = hay una relación directa fuerte o muy fuerte

www.corredoresverdes.cl

Muchas gracias!

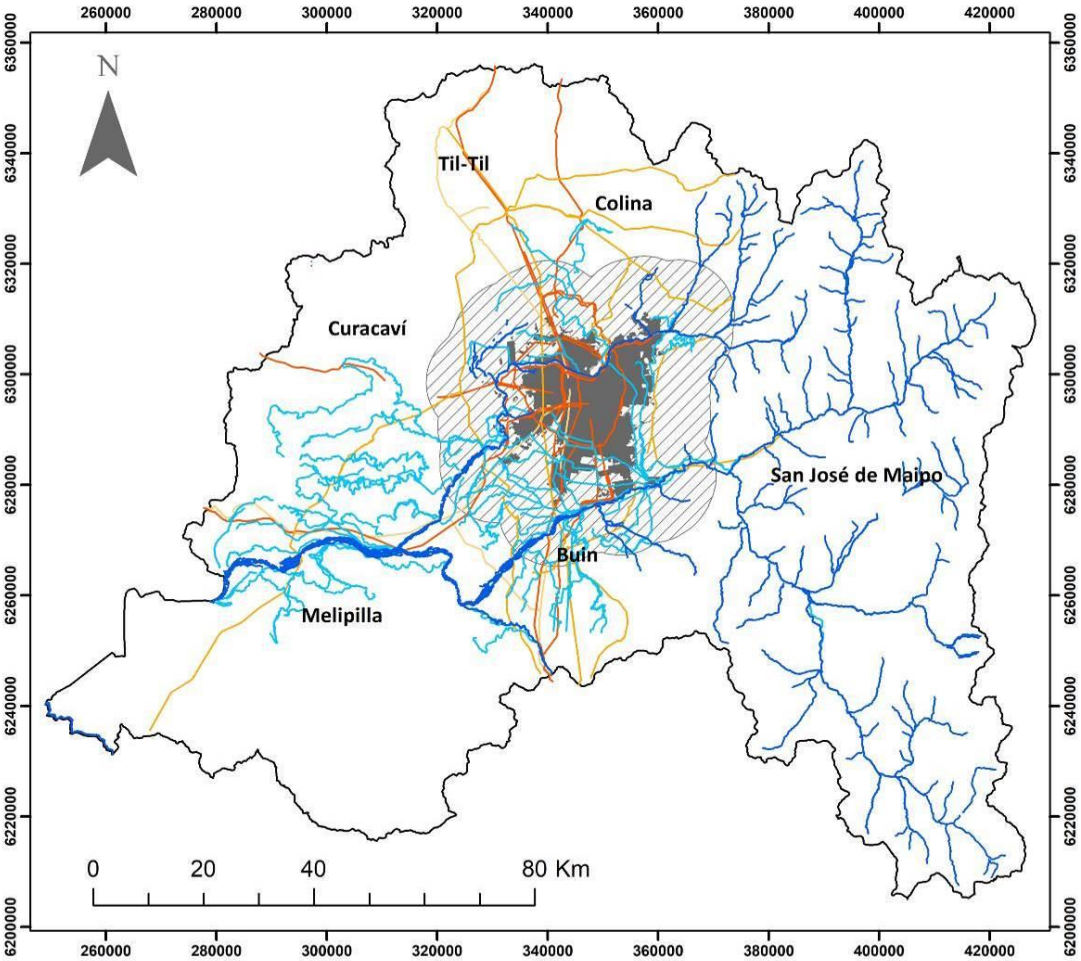
ANDRÉS RIVEROS CRISTOFFANINI
Laboratorio de Medio Ambiente y Territorio, U. de Chile
Arquitecto | Estudiante Magister en Áreas Silvestres y Conservación de la Naturaleza | ariverosc@gmail.com

Proyecto Fondecyt 1130311 | Julio de 2016

8.3. Anexo 3: Tabla resumen con todas las evaluaciones de expertos

FUNCIONES ECOSISTÉMICAS POTENCIALES GLOBALES EN COMPONENTES LINEALES DEL PAISAJE (TABLA RESUMEN DE TODAS LAS EVALUACIONES INCLUIDA MODA Y VARIANZA)	Parques adyacentes al sistema vial							Parques adyacentes a cauces							Parques quebradas							Vialidad expresa y troncal							Vías ferroviarias							Líneas de Transmisión eléctrica							Ríos y esteros							Canales abiertos						
	A	B	C	D	E	F	VARIANZA	MODA	A	B	C	D	E	F	VARIANZA	MODA	A	B	C	D	E	F	VARIANZA	MODA	A	B	C	D	E	F	VARIANZA	MODA	A	B	C	D	E	F	VARIANZA	MODA	A	B	C	D	E	F	VARIANZA	MODA	A	B	C	D	E	F	VARIANZA	MODA
Formación y retención de suelo	1	1	2	1	1	1	0,17	1	2	1	3	2	3	1	0,8	1	2	1	3	2	3	3	0,67	3	1	0	0	0	0	0	0,17	0	1	1	2	0	1	1	0,4	1	3	3	3	3	2	0,27	0,27	1	0	2	0	2	1	0,8	1
Ciclado de nutrientes	2	0	2	1	1	2	0,67	2	2	1	3	2	3	2	0,57	2	2	1	3	2	3	3	0,67	3	1	0	1	0	0	1	0,3	0	1	0	1	0	1	2	0,57	1	3	3	3	3	3	0	0	3	1	0	1	0	2	1	0,57	1
Polinización	2	2	1	1	2	2	0,27	2	2	2	3	2	3	2	0,27	2	2	2	2	2	3	2	0,17	2	1	1	1	1	1	1	0,17	1	2	1	0	1	2	1	0,57	1	3	3	3	3	3	0	0	3	1	1	2	0	2	1	0,57	1
Dinámicas tróficas y de poblaciones	1	1	1	1	1	2	0,17	1	2	2	1	2	2	2	0,17	2	2	2	2	2	3	3	0,27	2	1	0	1	0	2	1	0,27	1	0	1	0	2	1	2	0,57	1	3	3	3	3	2	0,27	0,27	1	3	3	3	2	2	1	0,57	1
Hábitat	1	2	2	1	1	2	0,3	1	2	3	2	1	2	2	0,4	2	2	3	2	2	3	3	0,3	2	0	1	0	0	0	1	0,27	0	1	2	1	1	2	1	0,27	1	3	3	3	3	2	0,27	0,27	1	3	3	3	2	2	1	0,27	1
Productividad primaria	2	1	2	2	2	3	0,4	2	2	1	2	2	3	2	0,4	2	3	3	3	2	3	2	0,27	3	1	0	1	1	1	2	0,4	1	1	1	2	1	1	1	0,17	1	3	3	3	3	2	0,27	0,27	1	3	3	3	2	2	1	0,27	1
Conservación de material genético	1	1	1	2	1	1	0,17	1	1	2	2	3	2	1	0,57	2	2	3	2	2	3	2	0,27	2	0	1	0	1	1	0	0,3	0	0	1	0	2	2	2	0,97	2	1	1	2	2	2	0,17	0,17	1	1	1	2	3	1	0,7	1
* Ciclado hidrológico	2	1	1	1	2	1	0,27	1	3	1	3	2	3	2	0,67	3	3	1	3	2	3	3	0,7	3	1	0	1	0	0	0	0,27	0	2	0	2	1	1	1	0,57	1	1	1	2	0	1	1	0,4	1	3	3	3	3	3	0	3	2	1	2	1	3	2	0,57	2

8.4. Anexo 4: Mapa de los componentes lineales del paisaje a escala regional



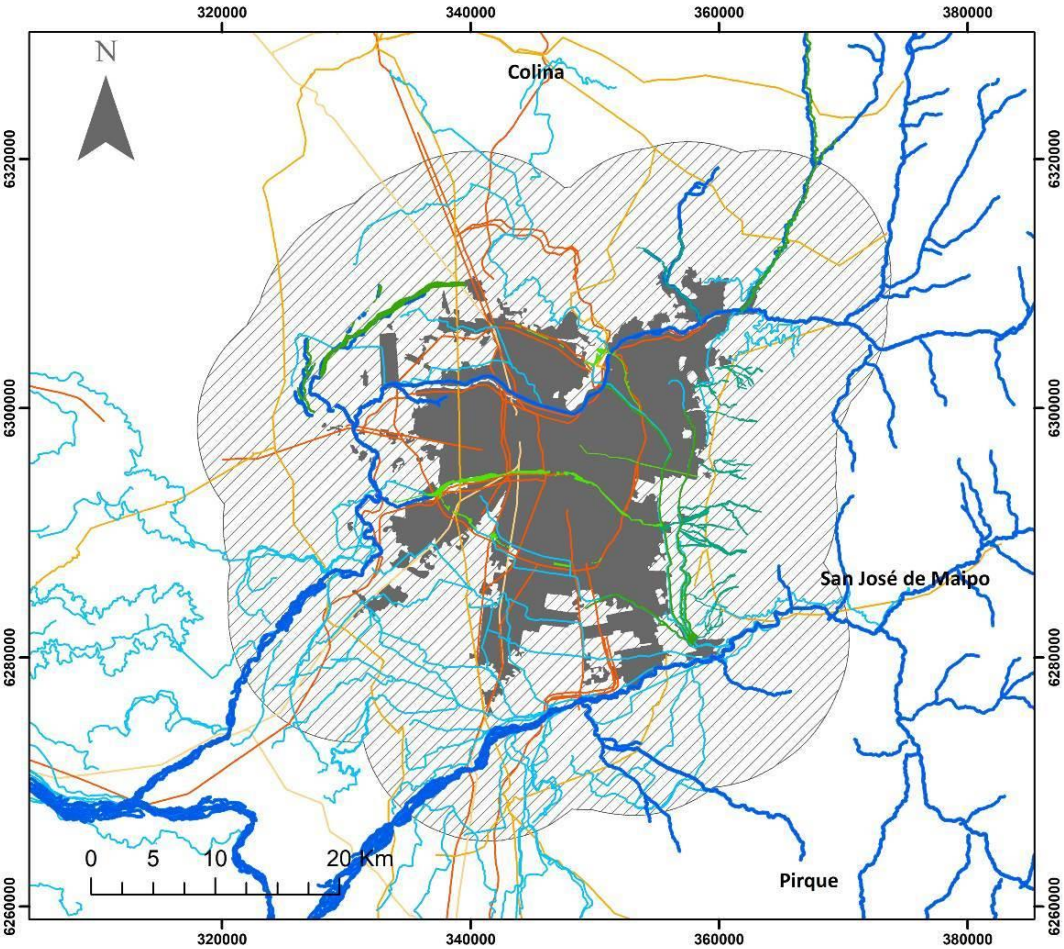
Componentes Lineales del Paisaje (CLPs)

	N° Elementos	Superficie Total (ha)	Superficie Media (ha)	Largo Total (Km)	Largo Medio (Km)
Ríos y Esteros	34	95226,421	2800,7771	2987,8667	87,8784
Canales abiertos	112	1175,6214	13,6700	1679,3877	19,5278
Límeas de Transmisión Eléctrica	11	1171,1744	97,5979	585,9151	48,8263
Vialidad expresa y troncal	27			648,1809	24,0067
Vías Ferroviarias	5	284,4670	56,8934	237,0144	47,4029

- Rios y Esteros
- Canales abiertos
- Líneas de Transmisión Eléctrica
- Vialidad expresa y troncal
- Vías Ferroviarias
- Región Metropolitana
- Urbano
- Buffer 10 Km

DATUM WGS 84 - HUSO: 19S
PROYECCIÓN UTM - Escala 1: 950.000
Autor: Andrés Riveros - 2016

8.5. Anexo 5: Mapa de los componentes lineales del paisaje a escala de ciudad



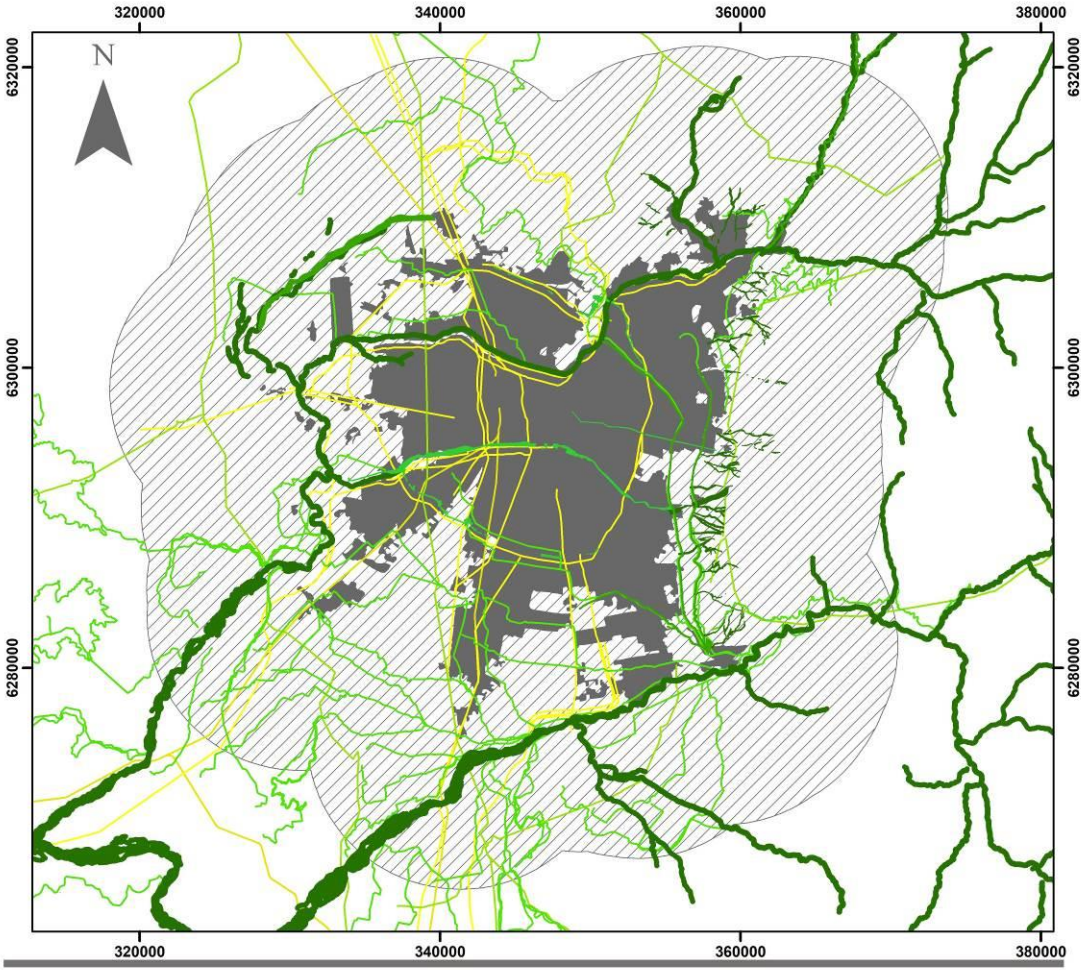
Componentes Lineales del Paisaje (CLPs)

	N° Elementos	Superficie Total (ha)	Superficie Media (ha)	Largo Total (Km)	Largo Medio (Km)
Parques adyacentes a cauces	8	150,0977	18,7622	247,0446	30,8806
ırques adyacentes al sistema vial	3	48,5913	16,1971	134,9919	44,9973
Parques Quebradas	8	99,2136	12,4017	248,8433	31,1054
Ríos y Esteros	21	966,3565	46,0170	550,0348	26,1921
Canales abiertos	85	53,4356	0,6287	1526,4131	17,9578
Límeas de Transmisión Eléctrica	11	45,7077	4,1552	457,0817	41,5529
Vialidad expresa y troncal	27			900,3690	33,3470
Vías Ferroviarias	5	10,0042	2,0008	166,7277	33,3455

- Parques adyacentes a cauces
- Parques adyacenes al sistema vial
- Parques Quebradas
- Rios y Esteros
- Canales abiertos
- Líneas de Transmisión Eléctrica
- Vialidad expresa y troncal
- Vías Ferroviarias
- Urbano
- Buffer 10 Km

DATUM WGS 84 - HUSO: 19S
PROYECCIÓN UTM - Escala 1: 350.000

8.6. Anexo 6: Mapa del PGFEs en los CLPs a escala de ciudad.



Potencial Global para sostener Funciones Ecosistémica (PGFE) de los Compoenetes Lineales del Paisje de Santiago

Urbano

Buffer 10 Km

0 3,75 7,5 15 Km

DATUM WGS 84 - HUSO: 19S
Escala 1:350.000

100%

0%

	Potencial
Parques adyacentes a cauces	50,6%
Parques adyacentes al sistema vial	20,6%
Parques quebrada	70,3%
Vialidad expresa y troncal	2,8%
Vías ferroviarias	14,1%
Líneas de transmisión eléctrica	14,1%
Ríos y Esteros	100,0%
Canales abiertos	14,1%

8.7. Anexo 7: Reflexiones sobre las funciones ecosistémicas en los componentes lineales del paisaje

En esta sección se presenta una serie de reflexiones que relacionan los componentes lineales del paisaje con las funciones ecosistémicas y viceversa.

8.7.1. Una mirada desde los componentes del paisaje hacia su funcionalidad ecológica

En relación con las quebradas y los CLPs asociados a cursos de agua (ríos, esteros, canales y parques adyacentes a cauces) se recomienda que sus fajas de resguardo sean designadas con un uso de suelo de bajo impacto, en lo posible como área verde y que mantengan su continuidad estructural (Flores *et al.*, 1998. Noss, 2006). Además, y de haber modificaciones de cauces, estas podrían incorporar áreas de inundación y la persistencia de bosque ribereño, considerando un mínimo de equipamiento para que la comunidad haga uso de estos espacios y tenga la oportunidad de conectarse con la naturaleza. Con estas medidas se evitarían modificaciones del cauce que aceleran los procesos de drenaje e impermeabilización (Manso *et al.,* 2005), situaciones que impactan directa y negativamente en la función de ciclado hidrológico (National Academy of Sciences, 2002; UACDC, 2010). A su vez, cabría esperar un efecto positivo de estas medidas en las funciones de hábitat (Flores *et al.*, 2003), ciclado de nutrientes y formación y retención de suelo (Bennet, 2004).

En relación con los canales, la recomendación es mantenerlos abiertos, exhibiendo sus aguas en la superficie y de ser posible, con bordes semipermeables y vegetados e incluso asociados a un parque o vegetación ribereña (UACDC, 2010).

En cuanto a los CLP de vialidad, se recomienda que las aceras sean aprovechadas para plantar arbolado, y con ello aportar a la productividad primaria, polinización y dinámicas tróficas. A su vez, esta media podría contribuir con servicios como la

mitigación de contaminación atmosférica, del ruido y el efecto de isla de calor (Bolund y Hunhammar, 1999; Escobedo *et al., 2011;* MEA, 2005).

En las líneas ferroviarias sería conveniente propiciar la vegetación nativa no leñosa compuesta de flores y gramíneas nativas para así aumentar la función de conservación de material genético. Además, y tomando el ejemplo de Vías Verdes en España, estas podrían ser acondicionadas para la movilidad no motorizada y el esparcimiento, especialmente aquellas líneas en desuso (Riveros y Vásquez, 2013).

Las líneas de transmisión eléctrica podrían realizar aportes significativamente mayores si son tratadas con vegetación nativa de mayor complejidad y diversidad, producto de lo cual cabría esperar un efecto positivo sobre las funciones de hábitat, productividad primaria y ciclado de nutrientes (Reed Noss, 2006).

8.7.2. Una mirada desde la funcionalidad ecosistémica hacia los componentes lineales del paisaje

La función de hábitat de vida silvestre destaca como la de mayor potencial respecto a las demás FEs, dando cuenta que los CLPs podrían acoger fauna silvestre y por lo tanto ser un espacio de oportunidad para hacer conservación de biodiversidad (Bennett, 2004; Bryant, 2006; Díaz y Armesto, 2003; Fernández-Juricic, 2000; Flores, 2003). Según Noss (2006), inclusos los corredores verdes estrechos pueden jugar un rol importante como hábitat, sobre todo para especies de borde que encuentran condiciones propicias a lo largo de las líneas férreas, franjas de trasmisión eléctrica y más aún en quebradas y cursos de agua.

En este contexto, es oportuno dar cuenta de la corriente teórica y de diseño urbano conocida como *arquitectura de la reconciliación ecológica.* Esta corriente plantea el desarrollo de edificaciones destinadas a servir de hábitat a fauna silvestre de cada localidad dentro de ambientes antrópicos, dada la necesidad de hacer conservación de biodiversidad más allá de las áreas protegidas (Lundholm y Richardson, 2010).

Según lo comentado por los expertos, el potencial para la conservación de material genético en los ecosistemas urbanos estaría principalmente orientado a la conservación de flora nativa de forma *ex-situ*. Para ello, bastaría incluir vegetación nativa cada vez que sea posible en los CLPs y reemplazar paulatinamente la exótica. Árboles, arbustos y también las hierbas y flores anuales son susceptibles de considerar. A su vez, la linealidad que ofrecen las franjas de vegetación posibilita la dispersión de semillas y propagación de flora.

Así como las franjas de carreteras y líneas de tren han servido para dispersar especies invasoras, podrían tener el mismo efecto con las especies nativas. Según Arteaga *et al.* (2009) esta medida sería eficaz si los trabajos de mantenimiento de bordes de la infraestructura viaria contemplasen el control y la eliminación de floras exóticas y una adecuada gestión de conservación de las comunidades vegetales nativas. Si esta práctica adquiere volumen y consistencia, los CLPs, sobre todo aquellos asociados a áreas verdes, podrían convertirse en verdaderos museos abiertos de flora nativa y biodiversidad.

Según León-Lobos (2018), en las últimas décadas las iniciativas de conservación de material genético bajo las diferentes formas de bancos de germoplasma (banco genético de campo o de semillas, arboreto, jardín de variedades, y por qué no, parques urbanos) han trascendido la misión original de conservación de especies asociadas a la agricultura y la alimentación, para ocuparse también de plantas silvestres amenazadas. En consecuencia, los CLPs podrían ser percibidos y manejados como reservorios de material genético y ser usados para actividades de educación y sensibilización ambiental dentro de la ciudad.

Riedemann y Aldunate (2014) exploran el valor ornamental de la flora nativa que crece en Chile. De la mano de este trabajo sería relativamente sencillo conciliar las demandas estéticas que dominan la elección de especies vegetales en los espacios verdes urbanos, con los intereses de conservación de material genético que los CLPs podrían desplegar. De este modo, los parques tendrían valor ya no sólo desde la

perspectiva ornamental, sino que también como reservorios de material genético de flora nativa.

Este punto es particularmente relevante para la flora nativa de la zona central, dado que está escasamente representada y resguardada por el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado y se encuentra muy amenazada por las dos mayores áreas metropolitanas del país (Pliscoff y Fuentes, 2008).

En los ecosistemas urbanos existe una artificialización de las dinámicas tróficas y de poblaciones. La importación de recursos alimenticios, la introducción de especies exóticas, así como el florecimiento y control de plagas producen alteraciones en la competencia y depredación entre especies (Grimm *et al.,* 2008). De acuerdo con los entrevistados, el hecho de aumentar la vegetación nativa y reemplazar sistemáticamente la vegetación exótica tendría un efecto positivo en el equilibrio de las dinámicas tróficas.

En CLPs asociados a parques, tanto el potencial para el ciclado de nutrientes como la de formación y retención de suelo estaría fuertemente ligado, en primer lugar, al manejo paisajístico que se haga de los CLPs, y, en segundo lugar, al diseño de estos. Actualmente las hojas caídas y el rastrojo del arbolado pocas veces permanecen en el sitio donde caen, ya que son removidas del lugar interrumpiendo el proceso natural de ciclado de nutrientes y formación de suelo (conversaciones con los entrevistados y observaciones *in situ* en parques plazas). Desde la perspectiva ecológica, es deseable que la ciudad sea capaz de gestionar sus espacios verdes de forma que la hojarasca sea integrada al suelo urbano. Esta práctica disminuiría la importación de nutrientes desde lugares alejados. La implementación de compostaje urbano y comunitario podrían dar soluciones al respecto.

La polinización tendría lugar en todos aquellos espacios que poseen vegetación con flores, ya sea hierbas, arbustos o árboles. Por lo tanto, es muy importante que más allá de las áreas verdes, los CLPs sean diseñados a la luz de la función de polinización. En este sentido, sería conveniente incluir vegetación que florezca en distintos momentos

del año (Riedemann y Aldunate, 2014). Las franjas de resguardo de las líneas de tren y del tendido eléctrico si bien tienen un rango restringido para el establecimiento de plantas de gran tamaño, podrían acoger gran diversidad de arbustos y hierbas que potencien esta función.