



Universidad de Chile  
Facultad de Arquitectura y Urbanismo  
Escuela de Postgrado  
Magíster en Geografía, mención Recursos Territoriales

**INFRAESTRUCTURA VERDE Y SUS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS POTENCIALES A  
ESCALA LOCAL EN SANTIAGO DE CHILE.**

AFE para optar al Título de Magíster en Geografía mención Recursos Territoriales.

**CONSTANZA OJEDA BUSTOS**

Profesor Guía: Dr. Alexis Vásquez Fuentes

- Santiago de Chile, Julio 2020-

*Dedicado a Raúl Bustos Marín.*

# ÍNDICE

RESUMEN .....	7
ABSTRACT.....	8
1. PROBLEMÁTICA.....	9
2. OBJETIVOS .....	12
2.1. GENERAL .....	12
2.2. ESPECÍFICOS .....	12
3. MARCO TEÓRICO .....	12
3.1. INFRAESTRUCTURA VERDE.....	12
3.1.1. DEFINICIONES Y PRINCIPIOS .....	12
3.1.2. ESCALAS Y TIPOLOGÍAS.....	17
3.2. SERVICIOS ECOSISTÉMICOS.....	19
3.2.1. TIPOS DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS .....	19
3.2.2. MODELO DE CASCADA DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS.....	21
3.3. INFRAESTRUCTURA VERDE A ESCALA LOCAL .....	23
3.3.1. TIPOS Y SU MAPEO .....	23
3.3.2. EVALUACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS.....	25
4. METODOLOGÍA .....	28
4.1. ÁREA DE ESTUDIO.....	28
4.1.1. SELECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE COMUNAS.....	28
4.2. MÉTODOS.....	30
4.2.1. MAPEO DE INFRAESTRUCTURA VERDE .....	32
4.2.2. EVALUACIÓN DE MÉTRICAS DE PAISAJE.....	34
4.2.3. EVALUACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS POTENCIALES .....	36

5.	RESULTADOS.....	38
5.1.	ANÁLISIS DE MAPEO DE INFRAESTRUCTURA VERDE .....	38
5.2.	ANÁLISIS DE MÉTRICAS DE PAISAJE .....	43
5.2.1.	ESTADO DE LA INFRAESTRUCTURA VERDE .....	43
5.2.2.	NÚMERO DE PARCHES.....	48
5.2.3.	ÁREA DE PARCHES.....	52
5.2.4.	TAMAÑO PROMEDIO DE PARCHES .....	54
5.2.5.	DENSIDAD DE PARCHES .....	56
5.2.6.	DISTANCIA PROMEDIO ENTRE PARCHES .....	59
5.3.	ANÁLISIS DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS .....	62
6.	DISCUSIONES .....	70
7.	CONCLUSIONES.....	74
7.1.	VINCULADAS A LA METODOLOGÍA .....	74
7.2.	VINCULADAS AL ÁREA DE ESTUDIO .....	76
8.	BIBLIOGRAFÍA .....	80
9.	ANEXOS .....	87

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Caracterización de infraestructura verde .....	14
Figura 2. Anillo verde de Vitoria-Gasteiz .....	15
Figura 3. Red de áreas verdes y azules en Bruselas.....	16
Figura 4. Anillos verdes en Hamburgo .....	17
Figura 5. Infraestructura verde a distintas escalas .....	18
Figura 6. Clasificación de servicios ecosistémicos. ....	21
Figura 7. Modelo de cascada de los servicios ecosistémicos.....	22
Figura 8. Tipología de infraestructura verde.....	23
Figura 9. Identificación de infraestructura verde a escala local.....	24
Figura 10. Servicios ecosistémicos a escala local.....	25
Figura 11. Matriz de servicios ecosistémicos para proyecto Anillo Verde .....	27
Figura 12. Cartografía de localización de área de estudio.....	29
Figura 13. Esquema metodológico.....	31
Figura 14. Esquema metodológico objetivo 1 .....	34
Figura 15. Matriz de servicios ecosistémicos a escala local .....	37
Figura 16. Tipología de infraestructura verde en base al área de estudio.....	39
Figura 17. Detalle de parches identificados mediante NDVI .....	40
Figura 18. Caracterización de “otras tipologías”.....	41
Figura 19. Infraestructura verde mediante NDVI .....	42
Figura 20. Estado de infraestructura verde.....	43
Figura 21. Infraestructura verde a escala local.....	44
Figura 22. Infraestructura verde en la comuna de Estación Central.....	45
Figura 23. Infraestructura verde en la comuna de Santiago .....	46
Figura 24. Infraestructura verde en la comuna de Ñuñoa .....	47
Figura 25. Número de parches de infraestructura verde.....	48
Figura 26. Desglose de parches asociados a IV en Estación Central.....	49
Figura 27. Desglose de parches asociados a IV en Santiago .....	50
Figura 28. Desglose de parches asociados a IV en Ñuñoa .....	51
Figura 29. Área de parches frente a infraestructura verde.....	52
Figura 30. Número de parches versus área total de entidades.....	53
Figura 31. Tamaño promedio de parches para cada comuna según tipología.....	55
Figura 32. Tamaño promedio en relación a subtipologías. ....	56
Figura 33. Representación de densidad de parches por subtipología.....	58
Figura 34. Distancia promedio en relación a cantidad de parches.....	61
Figura 35. Matriz de estandarización binaria de servicios ecosistémicos potenciales.....	63
Figura 36. Capacidad total de provisión de cada SSEE .....	64
Figura 37. Servicios ecosistémicos potenciales provistos por subtipología de IV .....	65
Figura 38. Servicios ecosistémicos para cada subtipología de IV.....	67
Figura 39. Infraestructura verde asociada a bandejón.....	70
Figura 40. Infraestructura verde asociada a plaza.....	71
Figura 41. Infraestructura verde asociada a recinto educacional.....	71
Figura 42. Infraestructura verde asociada a parque .....	71
Figura 43. Visualización plataforma Greendex .....	79

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipología de infraestructura verde a distinta escala espacial .....	19
Tabla 2. Caracterización de comunas de área de estudio .....	28
Tabla 3. Rangos de valoración de servicios ecosistémicos potenciales. ....	36
Tabla 4. Valoración de servicios ecosistémicos potenciales con estandarización binaria. 38	
Tabla 5. Densidad de parches por comunas. ....	57
Tabla 6. Distancia promedio de parches por tipología .....	60
Tabla 7. IV agrupada por grupos de servicios ecosistémicos potenciales.....	66
Tabla 8. Relación de métricas de IV asociadas a sus SSEE potenciales.....	69

## RESUMEN

Entre los años 1990 a 2000 Santiago de Chile comienza a vivir un fuerte proceso denominado *boom* inmobiliario, el cual deriva en una notoria urbanización de la ciudad. Por consiguiente, se observa una disminución y fragmentación de espacios verdes en y alrededor de la misma. De esta manera el estudio de la infraestructura verde (IV) en la ciudad y sus respectivos servicios ecosistémicos a escala local se vuelve una necesidad.

Este estudio realiza un mapeo de infraestructura verde a escala local de 1:2000 para tres comunas de Santiago de diferentes niveles socioeconómicos, usando información derivada del procesamiento de imágenes satelitales, catastros y georreferenciación de diversas tipologías de espacios verdes. Asimismo, a través de la generación de una matriz se logró obtener los servicios ecosistémicos potenciales de cada tipología de infraestructura verde establecida a escala local.

Los resultados del estudio muestran distintas situaciones respecto a la infraestructura verde para las comunas de Estación Central, Santiago y Ñuñoa. Se presentan diferencias respecto a las tipologías presentes, evidenciando una falta de espacios naturales en los casos de Estación Central y Ñuñoa; gran presencia de parches, siendo la mayoría de pequeño tamaño excepto los casos de parques en Santiago; y la existencia de corredores tanto naturales, como ríos y canales, como semi-naturales o urbanos, como bandejones que recorren largos tramos dentro del área de estudio. Asimismo, se observa una menor y casi nula provisión de servicios ecosistémicos de provisión que denota la fragmentación del ecosistema a nivel local; mientras que la gran cantidad de servicios ecosistémicos ligados al ámbito cultural establece una valoración para los habitantes en espacios asociados a áreas de carácter natural, tales como parques, ríos, cerros islas y huertos urbanos.

*Palabras claves:* infraestructura verde, servicios ecosistémicos, escala local.

## ABSTRACT

Between the 90's and 2000's, Santiago de Chile began to experience a strong process known as "boom *inmobiliario*", which leads to a notorious urbanization of the city. Consequently, a decrease and fragmentation of green spaces in and around the city it's observed. In this context, the study of green infrastructure (GI) and its corresponding ecosystem services at a local scale becomes an urgent need.

In order to prove the current reality, a mapping of green infrastructure is carried out at 1:2000 scale for three different municipalities in Santiago. It gathers information from three different sources: the processing of satellite images, bibliographic review of some data, and georeferencing of various types of green spaces. Likewise, through the generation of a matrix of ecosystem services, it's possible to obtain the potential value for each one of the typologies of green infrastructure established in a local scale.

The main results of this research set out unequal scenarios regarding green infrastructure for the communes of Estación Central, Santiago and Ñuñoa. Differences are presented within the typologies, evidencing a lack of natural spaces in Estación Central and Ñuñoa; also, a great presence of patches is detected, the majority being small except the cases of parks in Santiago; and the existence of corridors, natural as rivers and channels, and semi-natural or urban as trays that cross the study area. Likewise, a lower and sometimes null provision of ecosystem provision services denotes the fragmentation of the ecosystem in a local scale; while the large amount of ecosystem services linked to culture establishes an assessment for the inhabitants in natural spaces such as parks, rivers, hills and urban gardens.

*Keywords:* green infrastructure, ecosystem services, local scale.

## 1. PROBLEMÁTICA

En el transcurso de las últimas décadas, se ha estimado que más de la mitad de la población mundial habita en áreas urbanas (Andersson et al., 2014; Organización de Naciones Unidas (ONU), 2017). Este notable incremento de la población se vuelve evidente en América Latina, donde la mayoría de los países que la componen presentan una tasa de urbanización sobre el 75% (ONU, 2017).

Si bien este crecimiento poblacional da a suponer que existen mejoras en todos los aspectos, ello dista de las situaciones actuales vividas en los territorios latinoamericanos.

Problemáticas y conflictos asociados tanto a ámbitos sociales, urbanos y ambientales, por nombrar algunos, son tónica permanente en áreas que han sufrido procesos antrópicos de forma rápida y exacerbada, tal como la urbanización (Sapena & Ruiz, 2015). Esto se debe principalmente al débil planeamiento y ordenación del territorio que resulta posible evidenciar a través de la fragmentación de dichas ciudades (Aedo, 2016; Benedict & McMahon, 2002; Fernández & De la Barrera, 2018; Vásquez et al., 2016).

Gran parte del crecimiento urbano se produce a expensas de los ecosistemas existentes y por tanto afectan principalmente a los servicios ecosistémicos (SSEE) que éstos proveen, generando un cambio a nivel mundial (Andersson et al., 2014). En la misma línea, Pickett et al. (2011) plantea que *“una de las acciones humanas que generan los efectos más drásticos en los ecosistemas, son los procesos de urbanización”*. De esta manera se entiende que la alteración y transformación de los ecosistemas ha generado una crisis ambiental a nivel global.

Es así como al expandirse las ciudades, se producen modificaciones en el cambio de uso de suelo, generando mayor intensificación asociada a actividades industriales o de mayor impacto. Lo que provoca la incapacidad de autoabastecimiento en zonas urbanas, como también daños y efectos negativos sobre la diversidad y magnitud de los servicios ecosistémicos que brindan las áreas verdes en las que se encuentran insertas o aquellas localizadas en zonas contiguas (Benedict & McMahon, 2002; Fernández & De la Barrera, 2018; Rojas, 2016).

Los servicios ecosistémicos que sustentan el bienestar humano, poseen un alto valor puesto que la población depende de ellos, de su capacidad de producción y rendimiento; no obstante, con frecuencia son poco valorados y estudiados (Schmidt, 2009). Su mantenimiento, restauración y capacidad de recuperación se vinculan íntimamente con la calidad de vida de las personas que habitan a su alrededor, por tanto, son fundamentales y de gran importancia en el diario vivir (Gaston et al., 2005).

Bajo este mismo punto, Corredor et al. (2012) señala que *“las comodidades de la sociedad se han obtenido a costos muy altos, pues se hallan cimentados sobre el uso constante y la degradación de los servicios de los ecosistemas”*.

Se ha evidenciado una baja de los servicios ecosistémicos a nivel mundial debido principalmente a la pérdida y/o disminución de áreas naturales. La fragmentación de ecosistemas genera pequeños parches aislados, la degradación de recursos hídricos como

humedales y su control de inundaciones y filtro de toxinas, dentro de otros. Sumado a ello se vislumbran las consecuencias sociales de estos procesos tales como una mayor exposición a una serie de desastres naturales (Benedict & McMahon, 2002; Satterthwaite, 1993; Vásquez et al., 2016).

A modo de contrarrestar los efectos negativos producidos por y en las ciudades, se propone el desarrollo de infraestructura verde como una de varias estrategias claves para mantener y aumentar la sostenibilidad de los ecosistemas urbanos (Centro de Estudios Ambientales, 2012). De esta manera, la infraestructura verde se vuelve primordial en la ciudad puesto que ayuda a la promoción de servicios ecosistémicos derivando en beneficios para la comunidad que les rodea (Andersson et al., 2014; Vasquerizo, 2015).

La infraestructura verde se compone de variados elementos, tanto naturales como antrópicos, entendiéndose estos últimos como aquellos implementados por la sociedad para cumplir funciones, servicios y beneficios característicos de los ecosistemas. De igual modo, existen ciertas clasificaciones asociadas a la jerarquía<sup>1</sup>, en otras palabras, a la diferenciación de infraestructura verde según a la escala espacial. Frente a ello es que se presenta una diferenciación entre escala regional, escala comunal y escala local (Bartesaghi et al., 2017; EEA, 2011; Landscape Institute, 2009; Vásquez et al., 2016).

Bajo este contexto, desde una escala regional es posible identificar grandes parches urbanos, tales como reservas naturales, sitios prioritarios, parques nacionales y grandes extensiones de bosques, por nombrar sólo algunos ejemplos; éstos por su parte, fomentan la biodiversidad existente en estas zonas, debido a la conexión entre parches de mayor tamaño (Aedo, 2016).

No obstante, a escala local o barrial la presencia de áreas verdes naturales disminuye considerablemente, por lo que la solución ha sido implementar equipamiento que compense esta falta, tales como bandejones centrales, plazas y parques. Asimismo, se ha constatado una serie de infraestructura verde asociada al aprovechamiento de edificaciones, como techos o fachadas verdes, huertos urbanos y patios interiores (Satterthwaite, 1993). Si bien ello fomenta y aumenta la cantidad de parches a pequeña escala, no hay que olvidar que éstos normalmente se encuentran aislados y desconectados entre sí. Esto último sumado a la naturaleza de los componentes de infraestructura verde identificables a diferentes escalas, hace que tanto los servicios ecosistémicos y beneficios que éstos ofrecen sean diferentes.

El caso chileno no resulta muy ajeno a la situación descrita hasta aquí, ya que según datos de ONU (2017), Chile presentaba un 68% de población urbana al año 1960, mientras que en la actualidad esta cifra llega hasta un 87%. Esta concentración de la población en ciudades, se presenta principalmente en la zona central del país, teniendo especial predominancia en la Región Metropolitana. Así, la urbanización de Santiago presenta su inflexión denominada *boom* inmobiliario hacia el año 1998, pasando de 33.963 hectáreas

---

<sup>1</sup> *Hierarchy and significance*, términos utilizados por Bartesaghi et. Al., (2017) para referirse a la clasificación de Infraestructura Verde a distinta escala espacial.

en 1975 a 61.679 hectáreas en 2009, denotando una expansión cercana a las 28 hectáreas (Rojas, 2016; Romero et al., 2012).

Santiago, como capital del país, se encuentra cada vez más inserta en un mundo globalizado y es frecuentemente visitada por una gran cantidad de turistas. A una gran escala presenta amplias áreas verdes tales como sus característicos cerros, variados parques comunales e intercomunales, y reservas y parques naturales a las afueras de la ciudad, por mencionar algunos ejemplos. Sin embargo, el Área Metropolitana de Santiago (AMS) se encuentra compuesta de diversas comunas, cada cual con sus respectivas y propias características que difieren enormemente entre sí.

Diversos estudios han evaluado la cobertura, distribución y abundancia de vegetación urbana en el AMS, no obstante, en su mayoría, sólo han considerado la vegetación presente en espacios públicos. Es así como investigaciones asociadas a jardines residenciales, áreas verdes privadas o de menor tamaño poseen potencial como contribución en términos de biodiversidad a menor escala (Gaston et al., 2005). Desgraciadamente, existe una clara falta de información asociada a la escala local, tanto para ámbitos de estudios, políticas públicas y, por ende, decisiones al planificar (Burkhard et al., 2012; De Groot et al., 2010; De la Barrera et al., 2016). Dichos espacios verdes han sido poco indagados.

Reyes-Paecke & Meza (2011) indican que es probable que la ausencia de este tipo de estudios se explique por la condición de propiedad privada y alto grado de fragmentación, condiciones que dificultan el estudio de estas áreas a nivel local.

Así, es relevante comprender la infraestructura verde existente a escala local en diferentes situaciones urbanas, específicamente en tres comunas de Santiago, evaluando los tipos de infraestructura verde, sus características espaciales y sus servicios ecosistémicos potenciales.

De esta manera, se abordan interrogantes esenciales en la investigación, tales como:

¿Cómo es la infraestructura verde a escala local en Santiago, en términos de su tipología, estructura espacial y provisión de servicios ecosistémicos?

- ¿Cuál es la tipología de infraestructura verde que predomina y dónde?
- ¿Cuál es la cantidad y tamaño de parches existentes a escala local?

¿Cuáles son los servicios ecosistémicos brindados por ella?

- ¿Cómo varía la infraestructura verde a escala local en condiciones urbanas diferentes en Santiago?

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. GENERAL

Evaluar la infraestructura verde y sus servicios ecosistémicos potenciales a escala local en tres comunas seleccionadas de Santiago de Chile.

### 2.2. ESPECÍFICOS

- Identificar la infraestructura verde existente a escala local (1:2000) para las tres comunas seleccionadas de Santiago.
- Analizar la infraestructura verde bajo parámetros espaciales y funcionales para las tres comunas seleccionadas de Santiago.
- Comparar la infraestructura verde existente en las tres comunas seleccionadas de Santiago.

## 3. MARCO TEÓRICO

### 3.1. INFRAESTRUCTURA VERDE

#### 3.1.1. DEFINICIONES Y PRINCIPIOS

En su origen el concepto de infraestructura verde estuvo ligado al de red ecológica, pero fueron los investigadores del *Green Infrastructure Working Group* los primeros en definir el concepto como tal (Rodríguez et al., 2015). Si bien este término aparece en la década de los años 90, su concepción americana sienta raíces en los siglos XVIII y XIX y deriva de dos ideas fundamentales: la idea de que los parques unen áreas verdes para el beneficio de las personas, y la idea de preservación de áreas naturales en beneficio de las personas en la lucha contra la fragmentación del hábitat (Benedict & McMahon, 2002; Cantó, 2014; Dennis et al., 2018).

En palabras de la *European Environmental Agency* (EEA) (2011), no es posible reconocer una única definición de infraestructura verde urbana, ello puesto que el término ha sido implementado y utilizado desde diversas disciplinas.

Dentro de estas acepciones, se distingue que la infraestructura verde es una herramienta de conservación que busca preservar áreas naturales y seminaturales, así como usar de manera sostenible áreas manejadas para lograr beneficios no sólo para la naturaleza, sino también para el hombre (Remolina, 2011). Siguiendo esta línea, Bartesaghi et al. (2017), agrupa los conceptos proporcionados por diversos autores, generando su propia definición, en la que hace mención a “*una red interconectada de elementos naturales y seminaturales capaces de proveer múltiples funciones y servicios ecosistémicos, abarcando beneficios ecológicos, económicos y sociales, tanto para humanos, como para otras especies*”. Bajo estos mismos preceptos, el Centro de Estudios Ambientales (CEA) (2012) añade que “*se denomina infraestructura verde a una red estratégicamente planificada de espacios*

*naturales y seminaturales diseñados y gestionados para ofrecer una amplia gama de servicios ecosistémicos*". Benedict & McMahon (2002), también indican que se hace referencia a una red de espacios verdes interconectados, planeados y manejados de acuerdo a valores ecológicos y beneficios que éstos pudieran brindar al hombre. Desde su punto de vista, Benedict & McMahon (2002) establecen que la infraestructura verde es el marco ecológico necesario para una sostenibilidad medioambiental, social y económica.

De esta manera, resulta evidente el sentido dado a la infraestructura verde como concepto, adhiriendo ideas asociadas a esta red que conecta tanto elementos naturales, como seminaturales; como también la capacidad de proporcionar determinadas funciones, servicios y beneficios tanto para la naturaleza y el hombre.

Una de las definiciones más ampliamente utilizada, es aquella elaborada por la EEA (2011), donde se señala: *"la infraestructura verde es un concepto que aborda la conectividad de los ecosistemas, su protección y la provisión de servicios ecosistémicos, al mismo tiempo que aborda la mitigación y adaptación al cambio climático. Contribuye a minimizar los riesgos de desastres naturales (...) La infraestructura verde ayuda a garantizar la provisión sostenible de bienes y servicios de los ecosistemas"*.

Es así, y a través de las pequeñas diferencias en la forma de abordar el concepto, que ideas tales como la conservación, conectividad, tanto funcional como espacial, la integración del territorio, la multifuncionalidad y la multiescalaridad, resultan claves para definir la idea de infraestructura verde (Cantó, 2014). Estos dos últimos principios resultan esenciales, puesto que a través de la multifuncionalidad se comprenden los diversos servicios y funciones que pueden actuar simultáneamente en un mismo espacio; y por multiescalaridad, las distintas dimensiones en las que es posible abordar una determinada área (Baró et al., 2015; Mell, 2010; Quiroz, 2018; Valladares et al., 2017).

En base a una revisión de literatura, Rodríguez et al. (2015) logra determinar que el término se considera como una herramienta que pone en valor el componente ambiental del territorio en la planificación, un instrumento que permite conservar ecosistemas naturales y preservar la biodiversidad, un conjunto de elementos que proporcionan variados bienes y servicios que satisfacen las necesidades de la población, y contribuyen al fomento de su calidad de vida, como también a un desarrollo sostenible de las ciudades.

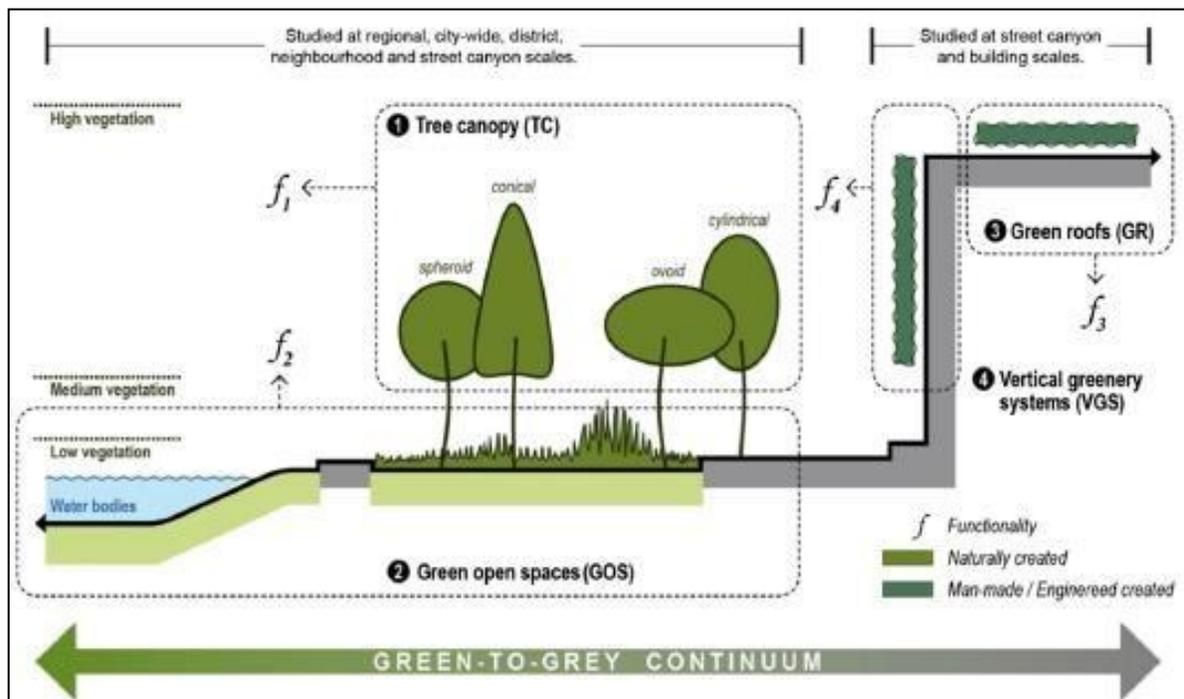
Por otra parte, existe otra línea que describe la infraestructura verde en relación a la composición de ésta, es decir, en base a la enumeración de aquellos elementos constitutivos, llamados anteriormente como "elementos naturales y seminaturales". Puesto que no sólo las áreas naturales constituyen elementos de infraestructura verde, sino que también lo son las zonas artificiales y/o transformadas y gestionadas por el hombre, tales como parques, caminos verdes, reforestaciones, tierras de cultivo de alto valor, construcciones artificiales como eco-ductos o puentes ecológicos, arquitectura verde, zonas peatonales y otros (Remolina, 2011; Rodríguez et al., 2015).

El Centro de Estudios Ambientales (2012) por su parte, considera que “en zonas urbanas también existen una serie de elementos que coinciden con la denominación, tales como parques, plazas y otras áreas verdes públicas, áreas verdes privadas y patios interiores, muros y techos verdes entre otros, considerados seminaturales esenciales para la prestación de servicios ecosistémicos”.

Fernández & De la Barrera (2018) comprenden el concepto como “el conjunto amplio de espacios vegetados de la ciudad que ejercen múltiples funciones y que están conectados entre sí conformando una red. Éstos incluyen áreas verdes públicas de variados tamaños (e.g. parques, plazas), áreas privadas con vegetación (e.g. jardines residenciales, instalaciones deportivas), el arbolado urbano, así como aquellos ecosistemas naturales (e.g. quebradas, cerros, bosques remanentes) o semi-naturales (e.g. predios agrícolas) ubicados dentro de las zonas urbanas o en las periurbanas”.

Como es de suponer de acuerdo a estos últimos planteamientos, determinar qué elementos son considerados como infraestructura verde resulta complejo; por lo que Bartesaghi et al. (2017) establece una clasificación centrada en cuatro grandes categorías que van desde áreas totalmente naturales identificables en la ciudad, situadas en el costado izquierdo de la Figura 1, a aquellas semi-naturales, es decir, aquellas edificaciones modificadas en pos de generar infraestructura verde.

Figura 1. Caracterización de infraestructura verde en base a categorías establecidas por Bartesaghi et al. (2017).



Fuente. Bartesaghi et al. (2017)

En base a esta Figura 1, la terminología empleada abarca un continuo desde áreas puramente naturales a zonas más bien urbanizadas asociadas al gris (Allen, 2014), con todo el espectro de infraestructura verde situada entre ambos extremos.

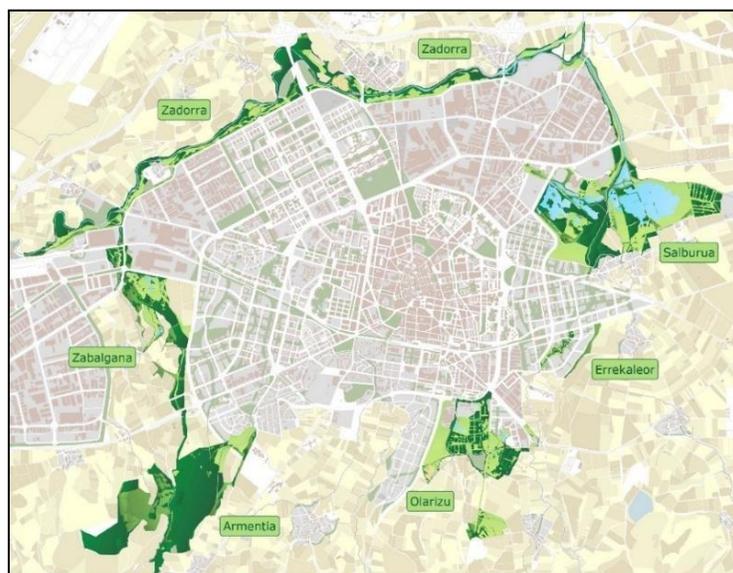
1. Copa de árboles –*tree canopy*-.
2. Espacios verdes abiertos –*green open spaces*-.
3. Techos verdes –*green roofs*-.
4. Sistemas verdes verticales –*vertical greenery systems*-.

El fin es el mismo, aumentar la cantidad de espacios verdes en la ciudad, ya sea resguardando y/o conservando las áreas verdes existentes y generando nuevas infraestructuras en espacios ya urbanizados, creando una red interconectada y articulada de espacios verdes (Sandoval, 2016).

Diversos proyectos han sido planteados alrededor del mundo con el objetivo de restaurar, recuperar y conectar, en otras palabras, incentivar el modelo de infraestructura verde en la ciudad. Asimismo, desde 2010 la Comisión Europea gestiona el Premio Capital Verde a modo de promover el cumplimiento de normas y la protección ambiental. Dentro de las ciudades premiadas se encuentra Estocolmo, Hamburgo, Copenhague y Vitoria-Gasteiz por nombrar sólo algunas (European Commission, 2012).

Uno de los casos más reconocidos es aquel del proyecto Anillo verde de Vitoria-Gasteiz (Figura 2), que surge a comienzos de la década de los 90, como solución a los problemas de la periferia de la ciudad y al estado de degradación que presentaba la zona. De esta manera, se constituye como un conjunto de parques de alto valor ecológico y paisajístico, entrelazados mediante corredores eco-recreativos con fines ambientales y sociales (Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz, 2018). Se pretende que una vez que la red de parques se complete, se forme un anillo verde continuo que pueda recorrerse a pie o en bicicleta.

Figura 2. Anillo verde de Vitoria-Gasteiz.

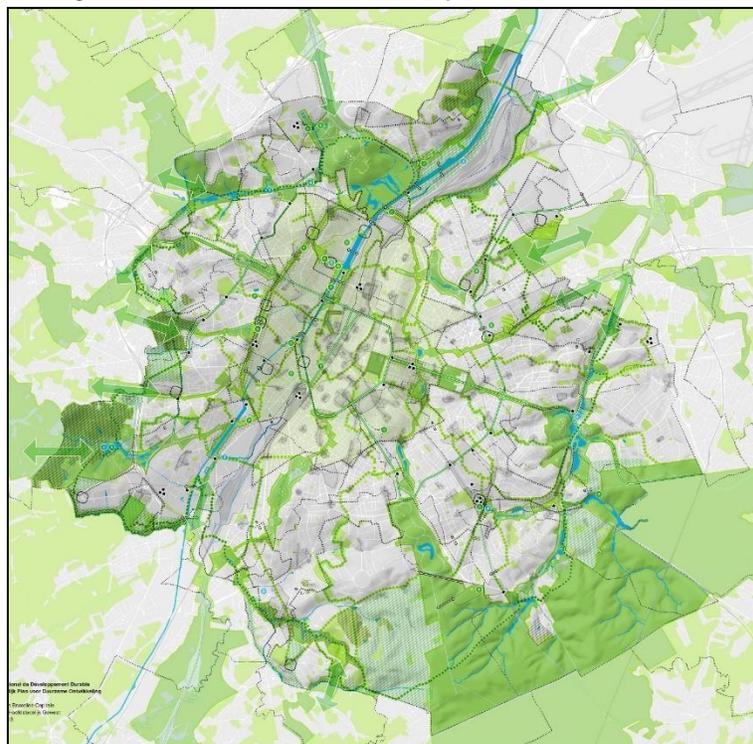


Fuente. Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz (2018).

En el caso de Bélgica, su capital Bruselas presenta un plan regional de desarrollo en torno a infraestructura verde y azul desde mediados de los 90' (Brusselsenvironment, 2019). Dicho proyecto propone mejorar y proteger la distribución de espacios naturales para formar una red interconectada de áreas verdes desde un punto de vista ecológico y social; y, por otra parte, garantizar la conectividad de la red hidrológica en ríos, lagos y humedales (Figura 3).

Si bien muchos de estos vínculos entre áreas naturales se encuentran presentes, se desea recuperar otras, especialmente en zonas urbanas donde no son abundantes. Bajo esta premisa, el proyecto busca asegurar que cada habitante tenga un espacio verde en su proximidad, es decir, cerca de su lugar de residencia o trabajo (Centro de Estudios Ambientales, 2012).

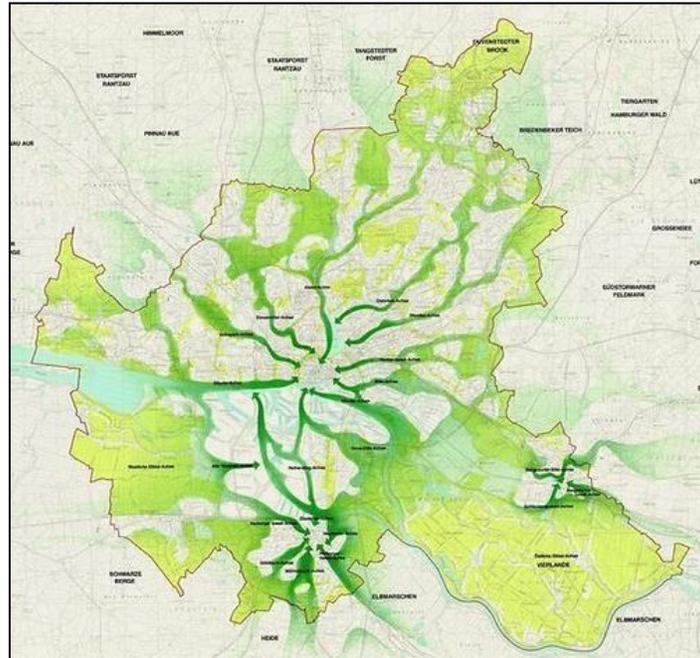
Figura 3. Red de áreas verdes y azules en Bruselas.



Fuente. Brusselsenvironment (2019).

Desde 2004, Hamburgo ha desarrollado un plan que define la conexión de áreas verdes en dos anillos, conocido como “Grünes Netz Hamburg” (Figura 4). El primero de éstos se localiza a las afueras de la ciudad histórica, conectando parques y corredores verdes, así como también vincula el lago central, con el segundo anillo; el cual consta de parques, bosques, cultivos y espacios públicos de alto nivel ecológico y paisajístico (CEA, 2012). De esta manera, el objetivo principal del plan se basa en lograr una movilidad sin vehículos, circular a pie y bicicleta desde las afueras de la ciudad hasta el centro (Behörde für Umwelt und Energie, 2019).

Figura 4. Anillos verdes en Hamburgo.



Fuente. Behörde für Umwelt und Energie (2019).

### 3.1.2. ESCALAS Y TIPOLOGÍAS

En relación al concepto de escala, éste puede entenderse como la dimensión espacial y temporal que se requiere para un cambio en el entorno en el cual ocurren determinados procesos (Galicia & Zarco, 2002).

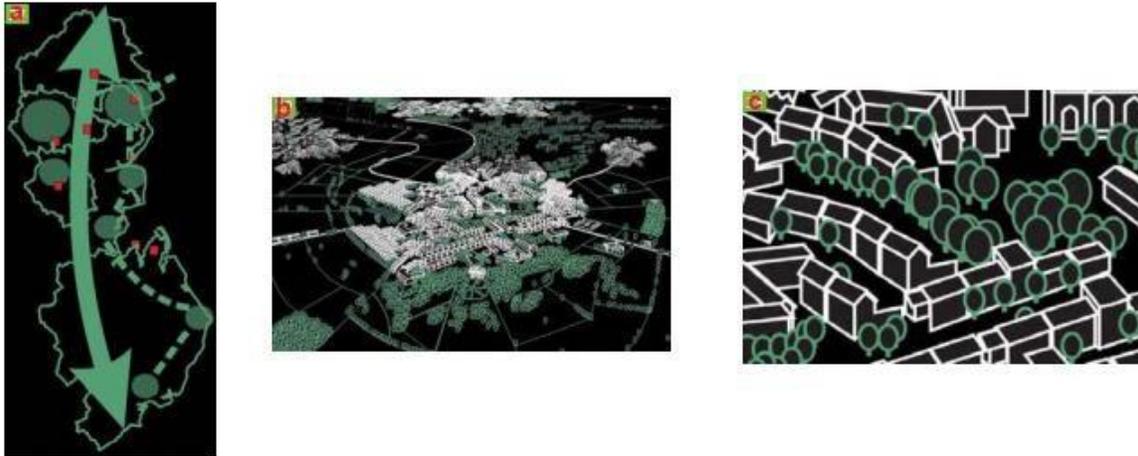
La noción de escala entonces, posee distintas facetas. Una de ellas corresponde al tamaño, en relación al tratamiento de distintas porciones del espacio, de menor o mayor detalle. Ésta puede abarcar desde aproximadamente el tamaño de la Tierra, hasta el estudio de un área muy precisa, como una calle o una manzana; distinguiendo tantas magnitudes como sea deseado entre éstas (Gutiérrez, 2010). De esta manera se asocia una lógica de jerarquía, hablando por ejemplo de escala nacional, regional o local (Taylor 1994, en Gutiérrez 2010). No obstante, dichas “etiquetas” asociadas a los diversos niveles escalares, son prácticamente naturales y sólo existen acuerdos en su dimensión para establecer rangos en los cuales desenvolverse.

Galicia & Zarco (2002) mencionan que la teoría de las jerarquías, considera a los sistemas ecológicos como sistemas complejos y anidados, es decir, interrelaciona la existencia de la entidad espacial misma –el objeto de estudio en cuestión-, y su contexto; por lo que cada nivel escalar posee relaciones diferentes.

En este sentido, el Centro de Estudios Ambientales (2012) genera un marco en el cual se desarrolla la infraestructura verde a distintas escalas. Ésta se divide en escala internacional, regional y local (Figura 5). En un primer caso, la importancia recae en vincular diversas

estrategias de carácter transnacional en pos de la recuperación de la conectividad ecológica, a través de grandes corredores ecológicos.

Figura 5. Infraestructura verde a distintas escalas. a. Escala internacional b. Escala regional c. Escala local.



*Fuente. Centro de Estudios Ambientales (2012).*

La escala regional por su parte, concibe la infraestructura verde como un sistema territorial que incluye espacios con valores ambientales, paisajísticos y patrimoniales, como también las redes necesarias para mantener procesos ecológicos en el territorio. En cuanto a la escala local, ésta permite identificar los elementos naturales, seminaturales y artificiales del paisaje, más próximos a una escala urbana de barrio. Cobran importancia los elementos urbanos, periurbanos, naturales y culturales.

Ciñéndose de las principales características de cada nivel de escala mencionado, se desprende que el uso y manejo de los espacios verdes urbanos de diferentes tamaños genera una tipología diferente según sea la escala espacial seleccionada para su mapeo y evaluación (Bartesaghi et al., 2017; EEA, 2011; Vásquez et al., 2016).

Si bien existen variadas clasificaciones para determinar bajo qué niveles escalares se aborda una investigación, las escalas espaciales más aceptadas por la comunidad científica en relación a la infraestructura verde, corresponden a aquellas asociadas al EEA (2011) y el Landscape Institute (2009), donde se presentan tres niveles:

- Escala a nivel regional y nacional.
- Escala a nivel de ciudad y distrito.
- Escala a nivel local y de barrio.

En base a estos autores, en la Tabla 1, se presenta la tipología o diversidad de elementos considerados como infraestructura verde asociados a su respectiva escala espacial.

Tabla 1. Tipología de infraestructura verde a distinta escala espacial.

ESCALA REGIONAL	ESCALA DE CIUDAD	ESCALA LOCAL
Áreas silvestres protegidas	Ríos y llanuras de inundación	Calles arboladas
Parques nacionales	Parques intercomunales	Techos y fachadas verdes
Río y llanuras de inundación	Canales urbanos	Plazas de barrio y bolsillo
Bordes costeros y playas	Lagos	Jardines privados
Senderos	Bosques urbanos	Espacios institucionales abiertos
Bosques	Parques naturales	Arroyos
Reservas	Plazas municipales	Caminos peatonales y ciclovías
Redes de carreteras y ferrocarriles	Cerros isla	Cementerios
Terrenos agrícolas	Espacios recreativos	Zanjas de inundación
Canales	Esteros	Pequeños bosques
Campos abiertos	Terrenos baldíos	Áreas de juego
Cordones montañosos	Vertederos	Reservas naturales locales
		Patios de escuelas
		Huertos
		Terrenos baldíos
		Quebradas

Fuente. Elaboración propia, en base a EEA (2011) y Landscape Institute (2009).

### 3.2. SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

#### 3.2.1. TIPOS DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

En sus inicios, el concepto de servicios ecosistémicos se estudia desde una perspectiva más bien económica antes que antropocéntrica, no obstante, éste se vuelve mayormente conocido en la década de los 90, cuando es introducido al debate científico desde ámbitos ecológicos y sociales (De Groot *et al.*, 2010).

Debido a la cantidad de disciplinas desde las cuales es posible investigar los ecosistemas, los expertos se encuentran con el problema de estimar su valor (Cienciambiental Consultores S.A., 2018; Hufnagel *et al.*, 2018; MEA, 2005; Nahlik *et al.*, 2012). De esta manera, se identifica la existencia de una pluralidad en la interpretación de su conceptualización y clasificaciones, dando lugar a extensos debates y dificultando el consenso respecto a su definición (De la Barrera *et al.*, 2015; Fisher *et al.*, 2009; Hufnagel *et al.*, 2018; La Notte *et al.*, 2017; Rojas, 2016).

Conceptualmente, los servicios ecosistémicos destacan por las relaciones de dependencia entre el bienestar humano y los ecosistemas. Dicha acepción se ha popularizado y consolidado como un ámbito de investigación científica en los últimos 40 años (MEA, 2005; Fisher *et al.*, 2009; Méndez, 2008). Sobre este punto, surgen los primeros grandes avances a cargo del Millenium Ecosystem Assessment (2005) que hace referencia a los servicios ecosistémicos como “*todos aquellos beneficios que la sociedad obtiene de la naturaleza*”

(De la Barrera et al., 2015; Ernstson, 2013; Fisher et al., 2009; Jacobs et al., 2015; Martínez-Harms & Balvanera, 2012; MEA, 2005; Méndez, 2008; Rodríguez et al., 2016).

Asimismo, es el MEA (2005) quien genera un primer intento de clasificación de servicios ecosistémicos a través de cuatro grandes categorías o primer nivel de definición:

- Servicios de soporte: corresponden a aquellos que reúnen las condiciones adecuadas para que las especies puedan habitar y reproducirse, manteniendo variabilidad genética y biodiversidad de especies como flora y fauna, formación de suelos y ciclo de nutrientes (Burkhard et al., 2014; De Groot et al., 2010; La Notte et al., 2017; MEA, 2005).
- Servicios de regulación: como su nombre lo señala, regulan y mitigan los procesos que ocurren en los ecosistemas ecológicos, como el clima o los desastres naturales (Burkhard et al., 2014; De Groot et al., 2010; MEA, 2005; Schmidt, 2009).
- Servicios de provisión: se asocian a la salida de materia o energía de los ecosistemas, es decir son tangibles, son igualmente llamados recursos naturales, tales como los alimentos, agua, madera u otros (Burkhard et al., 2014; De Groot et al., 2010; MEA, 2005; Schmidt, 2009).
- Servicios culturales: corresponden a aquellos asociados a la recreación y bienestar, valores culturales, espirituales e intelectuales, como también el turismo y disfrute del entorno (Becerra, 2016; Centro de Estudios Ambientales, 2012; Corredor, 2012; De Groot et al., 2010; Haine-Young & Potschin, 2009; Haines-Young & Potschin, 2013; Landscape Institute, 2009; Schmidt, 2009).

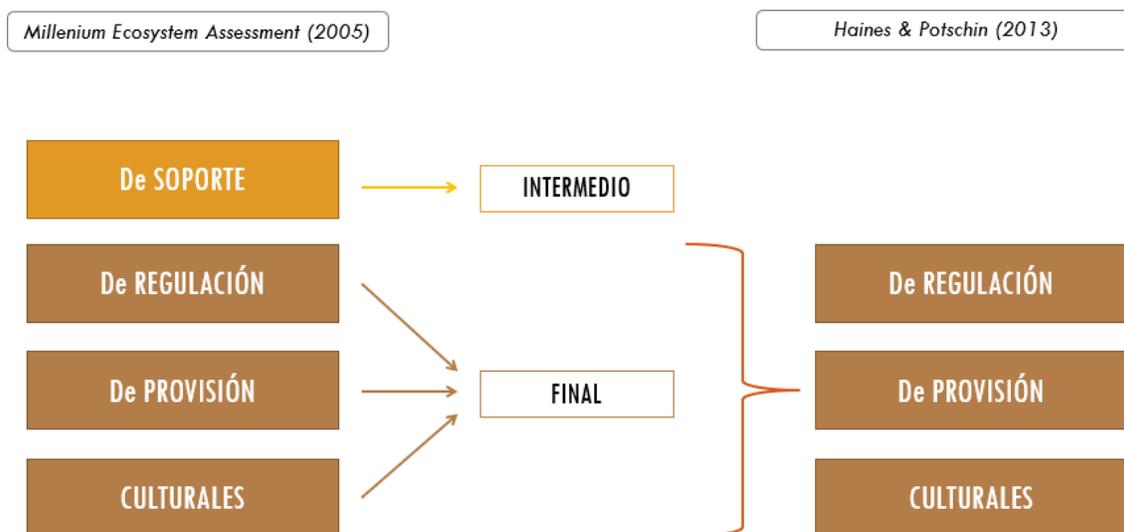
Bajo esta propuesta, se entienden a los servicios ecosistémicos homólogos de los beneficios proporcionados por éstos. Es aquí donde cobra especial interés la discusión, puesto que se apoya en los planteamientos del MEA (2005) para redefinir lo entendido hasta aquel minuto.

En una propuesta posterior denominada *Common International Classification of Ecosystem Services* (CICES) generada por Haines & Potschin (2013), se respalda la visión de que servicios y beneficios ecosistémicos no pueden ser tratados como equivalentes, en otras palabras, su importancia radica en la separación de estos conceptos (Corredor, 2012; Fisher et al., 2009; Haines-Young & Potschin, 2013; Nahuelhual et al., 2016). Ello se justifica en la noción que CICES plantea una perspectiva enfocada en el carácter más bien antropocéntrico del concepto, es decir, de manera en que los servicios ecosistémicos contribuyen directamente al bienestar humano antes que a cualquier otro organismo (Haines & Potschin, 2013; Hufnagel et al., 2018).

Dentro de los términos de este estudio, se utiliza la clasificación propuesta por Haines & Potschin (2013) expuesto en la Figura 6. En ésta se enfatiza el tratamiento de, netamente, los servicios ecosistémicos finales puesto que éstos “*son las contribuciones que genera el ecosistema al bienestar humano*” (Haines & Potschin, 2013). Así, se abordan sólo 3

categorías de servicios: Provisión, Regulación y Cultural; dejando de lado el grupo de servicios de soporte, que corresponde a un servicio ecosistémico intermedio (Méndez, 2008; Haines & Potschin, 2013; Rodríguez et al., 2016).

Figura 6. Clasificación de servicios ecosistémicos.



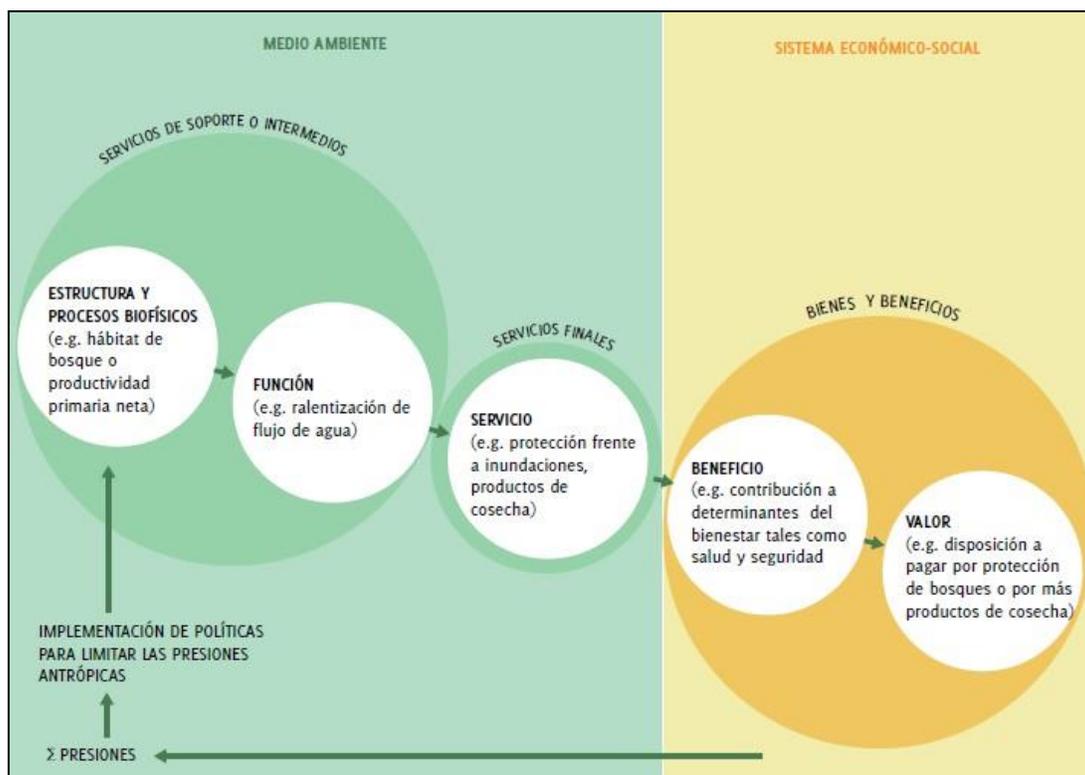
Fuente. Elaboración propia.

### 3.2.2. MODELO DE CASCADA DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Derivado del planteamiento de servicios finales de Haines & Potschin (2013) se expone el modelo de cascada de los servicios ecosistémicos, propuesto por los mismos autores, el cual tiene por objetivo exponer el camino recorrido por los servicios ecosistémicos, desde las estructuras mismas del ecosistema hasta llegar a los beneficios brindados al ser humano (La Notte et al., 2017; MMA, 2004).

Este modelo vincula al ecosistema -que puede ser entendido como algún componente de infraestructura verde- con sus estructuras y funciones por un lado, y a los elementos asociados al bienestar humano por otro, en una suerte de cadena de producción (Figura 7) (Becerra, 2016; Haines-Young & Potschin, 2011).

Figura 7. Modelo de cascada de los servicios ecosistémicos, propuesto por Haines-Young & Potschin (2016).



Fuente. Ministerio de Medio Ambiente (MMA) (2004).

Si bien este modelo no busca explicar a cabalidad el funcionamiento de los ecosistemas, sí describe aspectos relevantes de una problemática en particular respecto a su contexto (Haines-Young et al., 2012). Primeramente, en su diseño por CICES, no se asume a la naturaleza y sociedad como entes contrapuestos, sino que en una interrelación. Igualmente, se indica que los ecosistemas pueden proporcionar bienes no transables en el mercado – “non-market goods”-, los cuales vendrían a ser aquellos asociados a cultura, como también aquellos asociados a normas morales y estética significativa para las personas (Haines & Potschin, 2013).

En cuanto a las características propias del modelo de cascada, se tienen cinco componentes relacionados todos entre sí: estructura y procesos biofísicos, funciones, servicios, beneficios y valores.

La estructura corresponde a la relación a la biofísica de un determinado ecosistema, y a los procesos biofísicos, entendidos como cualquier cambio o reacción que pueda ocurrir en un ecosistema, éstos pueden ser de naturaleza química, física o biológica. Posteriormente se encuentra el carácter de función, el que se comprende como un resultado de la estructura.

Los servicios por su parte, se consideran como aquellas funciones que significan una contribución directa o indirecta de los ecosistemas al bienestar humano. Por su parte los

beneficios derivan de los servicios ecosistémicos directos, puesto que corresponden a la ganancia del bienestar humano generado sólo por los servicios ecosistémicos directos. Finalmente, el valor se entiende como la medida en que el beneficio es expresado, tanto en términos monetarios, ecológicos y/o sociales (Becerra, 2016; MMA, 2004).

### 3.3. INFRAESTRUCTURA VERDE A ESCALA LOCAL

#### 3.3.1. TIPOS Y SU MAPEO

A partir de la información proporcionada por el EEA (2011) y el Landscape Institute (2009), se obtiene la tipología de infraestructura verde correspondiente a un área de estudio de nivel escalar local con la cual trabajar. No obstante, ésta se reagrupa en base a las características mismas de los espacios verdes, como también en torno a las del proyecto Santiago+ Infraestructura verde como primera aproximación, no obstante dicha categorización está sujeta a cambios producto de los resultados mismos del estudio (Figura 8).

Figura 8. Tipología de infraestructura verde.

<p><b>ESPACIOS VERDES ASOCIADOS A INFRAESTRUCTURA VIAL</b></p>	<p><b>ESPACIOS VERDES ASOCIADOS A INFRAESTRUCTURA URBANA</b></p>	<p><b>ESPACIOS VERDES ASOCIADOS A EQUIPAMIENTO</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bandejón</li> <li>• Rotonda</li> <li>• Ciclovías</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Techos verdes</li> <li>• Fachadas verdes</li> <li>• Huertos urbanos</li> <li>• Jardines internos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recinto deportivo</li> <li>• Recinto militar</li> <li>• Recinto de salud</li> <li>• Recinto de seguridad</li> <li>• Recinto educacional</li> <li>• Recinto religioso</li> </ul>
<p><b>ÁREAS VERDES</b></p>	<p><b>ESPACIOS VERDES ASOCIADOS A CURSOS DE AGUA</b></p>	<p><b>ESPACIOS NATURALES</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plaza</li> <li>• Plazoleta</li> <li>• Parque</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Río</li> <li>• Quebrada</li> <li>• Estero</li> <li>• Canal</li> <li>• Arroyo</li> <li>• Humedal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bosque nativo</li> <li>• Cerros islas</li> <li>• Reservas naturales</li> <li>• Espacios abiertos</li> <li>• Sitio eriazo</li> </ul>

Fuente. Elaboración propia, en base a EEA (2011), Landscape Institute (2009) e Infraestructura Verde Santiago (2019).

Uno de los aspectos claves en lo que respecta a la infraestructura verde, se debe al componente geográfico que se le atribuye. Ello se basa específicamente en la característica espacial que denota, la cual se torna elemento esencial tanto para la identificación de determinados procesos, como también para la toma de decisiones respecto a estos espacios verdes (Baró, 2016; Burkhard et al., 2012; Burkhard et al., 2014; De Groot et al., 2010; Jacobs et al., 2015; Valladares et al., 2017).

Es así como la infraestructura verde, al igual que sus respectivos servicios ecosistémicos, ha despertado gran interés y sobre todo utilidad al momento de describir determinados contextos, cuantificar espacios verdes e integrar componentes en la planificación territorial (Baró, 2016; De la Barrera et al., 2015; Martínez-Harms & Balvanera, 2012).

En los últimos años, la aproximación espacial de la infraestructura verde ha sido mayormente estudiada, evidenciando un aumento en el modelamiento y mapeo de ésta a distintos niveles escalares y bajo diferentes métodos cartografiables (Baró et al., 2015). Dentro de éstos, los más abordados corresponden al tratamiento de datos a través de información referente al uso de suelo (Heynen et al., 2006), georreferenciación de inventarios y catastros de áreas verdes (Casanova, 2016; García & Lara, 2016; Hillsdon et al., 2006; Wolch et al., 2005; Wolch et al., 2014), aplicación de encuestas (Ajuntament de Barcelona, 2010; Byrne, 2012) y fotointerpretación de imágenes aéreas y/o aplicación de índices a imágenes satelitales, tales como el *Normalized difference vegetation index* o NDVI (Atisba, 2011; Barcelona Regional, 2016; Gaston et al., 2005; Reyes-Paecke & Meza, 2011). Por tanto, una combinación de métodos y herramientas genera mayor objetividad y certeza al momento de identificar espacios verdes en la ciudad.

Bajo este último punto, en la siguiente Figura 9, se presentan algunas de las tipologías mencionadas anteriormente y su equivalente al momento de visualizarlas mediante fotointerpretación.

Figura 9. Identificación de infraestructura verde a escala local. 1. Plaza 2. Parque 3. Sitio eriazo 4. Bosque.



Fuente. Elaboración propia, en base a Cvejic et al., (2015).

### 3.3.2. EVALUACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Burkhard et al. (2014a) plantea el análisis de infraestructura verde y sus respectivos servicios ecosistémicos mediante una matriz de valoración de doble entrada, donde cada uno de éstos presenta una valoración cuantitativa. En palabras de Jacobs et al. (2015) “*el uso de este tipo de método de matriz es uno de los más populares, completos y fáciles de aplicar en la actualidad, además de dar como resultado un producto cartografiable*”.

Diversos autores han utilizado este método para identificar los usos potenciales otorgados a cada servicio ecosistémico. No obstante, éstos mismo han realizado diversas adaptaciones a la matriz a modo de satisfacer los objetivos de cada uno de sus estudios. Es así como por ejemplo, el EEA (2011) relaciona infraestructura verde y beneficios catalogando netamente la presencia o ausencia de éstos para cada cruce dentro de la matriz. Por su parte, el Liverpool City Council Planning Department (2010) trabaja con infraestructura verde y funciones, generando una clasificación cualitativa según la frecuencia en la que se presente dicha función, por mencionar sólo algunos de los variados casos en los que se ajusta la matriz al objetivo de cada estudio.

Cabe destacar que uno de los autores más recurrentes en cuanto al manejo de esta matriz para infraestructura verde urbana corresponde al CEA (2012), ello puesto se ha logrado poner en práctica gracias al proyecto “Anillo Verde” en Vitoria-Gasteiz, España. Esta matriz posee la particularidad de completarse a través de rangos catalogados como alto, medio y nulo o ausente (Figura 10).

De esta manera, y en base a lo planteado con anterioridad, resulta necesario realizar una adecuación a dicha matriz base, a modo de establecer una representación lo más acertada posible a la realidad identificada a escala local. Así, al apoyarse bajo una propuesta acotada al área de estudio, resulta posible determinar la capacidad de cada tipo de infraestructura verde para suministrar una determinada cantidad y calidad de servicios ecosistémicos potenciales. En este sentido, Burkhard et al. (2014a) señala que sólo se deben considerar los siguientes servicios ecosistémicos a nivel local expuestos en la Figura 11.

Figura 10. Servicios ecosistémicos a escala local.

<b>REGULACIÓN LOCAL</b>	<b>PROVISIÓN LOCAL</b>	<b>CULTURAL LOCAL</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clima local</li> <li>• Calidad del aire</li> <li>• Purificación del agua               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nutrientes</li> <li>• Erosión</li> </ul> </li> <li>• Protección frente a desastres naturales               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Control de enfermedades</li> <li>• Desechos</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cultivos</li> <li>• Biomasa para energía               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Forraje</li> <li>• Madera</li> </ul> </li> <li>• Captura de peces               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acuicultura</li> </ul> </li> <li>• Alimentos silvestres               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Medicina natural                   <ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua fresca</li> <li>• Minerales</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>• Energía abiótica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recreación y turismo               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cultura</li> </ul> </li> <li>• Valoración estética</li> <li>• Valoración religiosa y espiritual</li> <li>• Valoración educativa               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Valoración de inspiración</li> </ul> </li> <li>• Relaciones sociales</li> </ul>

Fuente. Elaboración propia, en base a Burkhard et al. (2014a).

Cabe resaltar que, debido a la característica multifuncional de la infraestructura verde, es posible que éste brinde uno o varios servicios ecosistémicos para una misma tipología. Frente a ello, se desprende que espacios verdes altamente urbanizados o degradados proporcionan muy baja o nula capacidad para proveer servicios, por el contrario de espacios más bien naturales (Rojas, 2016).

Figura 11. Matriz de servicios ecosistémicos para proyecto Anillo Verde en Vitoria-Gasteiz.

	Bosques	Prados y eriales	Zonas húmedas	Conectores fluviales, ríos y arroyos	Setos y riberas	Zonas agrícolas	Vías verdes, eoductos y ecopeajes	Parques periurbanos	Arbolado urbano	Parques y zonas verdes públicas	Zonas verdes privadas y patios interiores	Zonas verdes deportivas	Estanques y balsas de inundación	Ríos, arroyos y sistemas de drenaje urbanos	Jardines y huertos comunitarios	Cementerios	Cubiertas, muros y fachadas verdes	Infraestructura de transporte público	Paseos peatonales y ciclistas	Plazas y zonas públicas abiertas	Edificios verdes
1	**	*	**	**	**	*		*	*	*	*	*		**	*						
2			**	**									**	**							
3	**	*	**	**	**	*		*	*	*	*	*	*	*	*						
4	*				*			*	**	**	*	*			*	*	*				
5				**	**		*		*					*							
6	**	*	*	*	**	*	*	**	**	**	*	*			*	*					
7							*										**	**			
8																				**	**
9								*	*	*	*					*					
10	**	**	**	**	**	*	*	**	*	*	*			*	*	*	*			*	*
11	**	**	**	**	**	**	*	**	*	*	*			*	*	*	*			*	*
12	**	*	*	*	*	*	*	**	**	**	**	*		*	**	*	*			*	*
13	**	*	**	**	*			*					**	*		*					*
14	**	*	*	*	*			**	**	**	*				**	*		*	*	*	*
15	**	*			*	*	*	*													
16	**	*			**			*	*	*	*	*			*						
17	**	*	**	**	**	*		**	*	**	*		*	*	*	*	*				
18	*					*	**	**		**	*	**	*	*	**	*			**	**	
19	**		*	**	*	*	*	**	*	*	*	*	*	**	*	*					
20	**	*	**	**	**	*	*	**	*	**	*		*	**	*	*					
21	*				*	*	**	**	*	**	*	*		*	**	*					
22	**	**	**	**	**	**	**	**	*	**	*			*		*				**	**
23							**								**						

CEA

CONTRIBUCIÓN A LA FUNCIÓN \*\* ALTA \* MEDIA

Fuente. CEA (2012).

## 4. METODOLOGÍA

### 4.1. ÁREA DE ESTUDIO

La Región Metropolitana localizada en la zona central del país, si bien en superficie no es la más extensa del país, puesto que cuenta con aproximadamente 15.000 km<sup>2</sup> (Ojeda, 2002); sí es considerada la región históricamente más poblada debido a su carácter de capital chilena.

En cifras, para el año 1992 se contabilizaban 5.074.681 habitantes en el área urbana de la RM, lo que representa un 38% de población del país; diez años más tarde, la población urbana aumentaba a 5.822.316, considerando por tanto un 38,5% de la relación con el resto del país. Actualmente, los últimos datos obtenidos para el año 2017 indican que la región cuenta con una población urbana de 6.849.634, equivalentes a un 39,4% de la realidad país (INE, 2019). Lo que denota un crecimiento demográfico importante a lo largo de los años, y, por ende, una mayor urbanización de la zona para brindar diversos tipos de servicios a los habitantes.

Por otra parte, Santiago como tal se caracteriza por grandes atractivos naturales dentro de los que se consideran diversos cursos de agua que atraviesan la marcha urbana, cerros islas que se localizan a lo largo de la ciudad, y extensos parques que abarcan distintas áreas urbanas, por nombrar sólo algunos de los espacios verdes más destacables de la ciudad.

#### 4.1.1. SELECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE COMUNAS

El área de estudio específica para la investigación se remite a tres comunas de la Provincia de Santiago, localizadas en plena zona céntrica, tales como son Estación Central, Santiago y Ñuñoa, situándolas de poniente a oriente respectivamente (Figura 12).

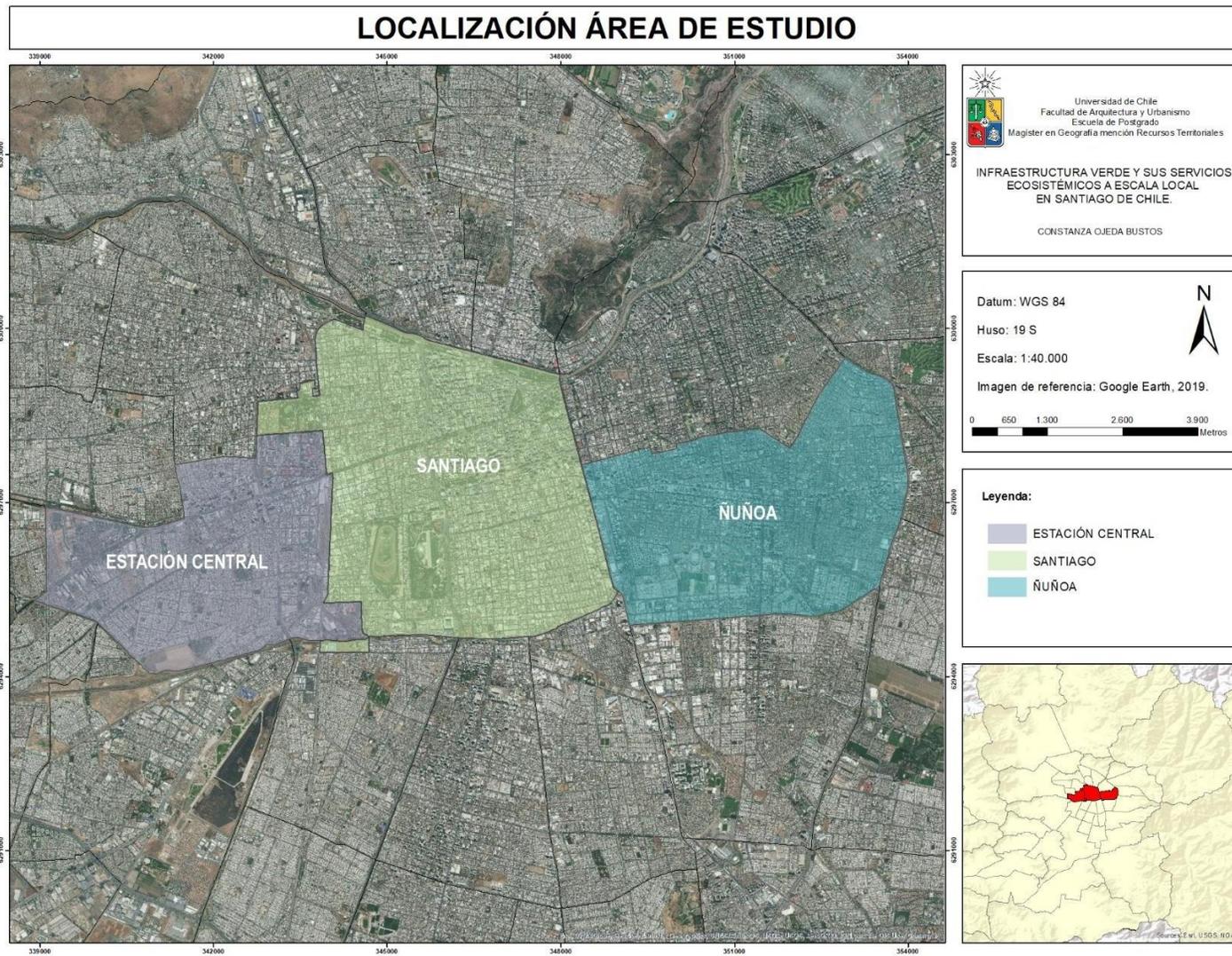
La selección de las comunas se genera, en primer lugar, desde un ámbito de localización, ya que éstas se ubican unas contiguas a las otras, razón por la cual se presenta una suerte de continuo en la espacialidad del análisis. Por otra parte, el tamaño y/o dimensión respecto a la superficie abarcada por cada una de estas comunas se considera más bien pequeño, lo que implica una característica relevante y mayor agilidad al momento de desarrollar el tratamiento de los datos para éstas (Tabla 2).

Tabla 2. Caracterización de comunas de área de estudio.

	<b>POBLACIÓN</b>	<b>SUPERFICIE</b>	<b>GRUPO SOCIOECON.</b>	<b>ÁREAS VERDES</b>
<b>ESTACIÓN CENTRAL</b>	147.041 hab	15 km <sup>2</sup>	D	4,1 m <sup>2</sup> /hab
<b>SANTIAGO</b>	404.495 hab	23 km <sup>2</sup>	C2 - C3	7,9 m <sup>2</sup> /hab
<b>ÑUÑOA</b>	208.237 hab	17 km <sup>2</sup>	ABC1 - C2	5,5 m <sup>2</sup> /hab

*Fuente. Elaboración propia, en base a datos de Adimark (2002), Atisba (2011) e INE (2019).*

Figura 12. Cartografía de localización de área de estudio.



Fuente. Elaboración propia.

Otra característica importante a resaltar corresponde a la variación en temas de población de cada comuna, donde Santiago predomina con cerca de 400.000 habitantes, seguido por Ñuñoa con prácticamente la mitad de la anterior comuna y finalmente Estación Central.

En lo relativo a ámbitos económicos y sociales, se identifican los grupos económicos<sup>2</sup> propios de cada caso de estudio, destacando diferencias entre ellos. En Estación Central, más de la mitad de los residentes se ubica en el tramo D, donde según lo manifestado por la encuesta Adimark (2002) corresponde a un grupo de clase baja, con bajo o escasos recursos para el núcleo familiar y educación media incompleta en su generalidad. Para el caso de Ñuñoa, los grupos predominantes corresponden a rangos entre ABC1 y C2, es decir, población con mayores recursos económicos y varios años de escolaridad formal. Santiago por su parte, posee predominio de niveles C2 y C3, catalogados como clase media, y de rango etario joven y adulto mayor, ello se explicaría por la gran oferta de centros educacionales medios y superiores, y el carácter de casco antiguo de la ciudad respectivamente.

Aspectos vinculados a la infraestructura verde en la ciudad, denotan que para estas comunas, si bien existen ciertos espacios verdes característicos, se trata de grandes áreas abordables desde niveles escalares superiores. Ejemplos de ello son el Cerro Santa Lucía, Río Mapocho, Parque O'Higgins, Parque Quinta Normal por nombrar algunos. Sin embargo, antecedentes que corroboren la identificación de distintos tipos de infraestructura verde a escala local se han realizado en menor medida reduciendo el espectro de datos disponibles. Atisba para el año 2011 genera un catastro de áreas verdes consolidadas a nivel comunal, evidenciando disparidades entre las comunas seleccionadas para este estudio, las que en cualquier caso no superan los 8 m<sup>2</sup>/hab (Tabla 2).

#### 4.2. MÉTODOS

El presente estudio se presenta un fuerte énfasis en el enfoque de carácter cuantitativo. Esto debido a la generación y cálculo de datos numéricos asociados a la estructura espacial de las comunas en estudio, como también a la utilización, procesamiento e implementación de cartografías asociadas al análisis espacial a realizar a través de Sistemas de Información Geográfica.

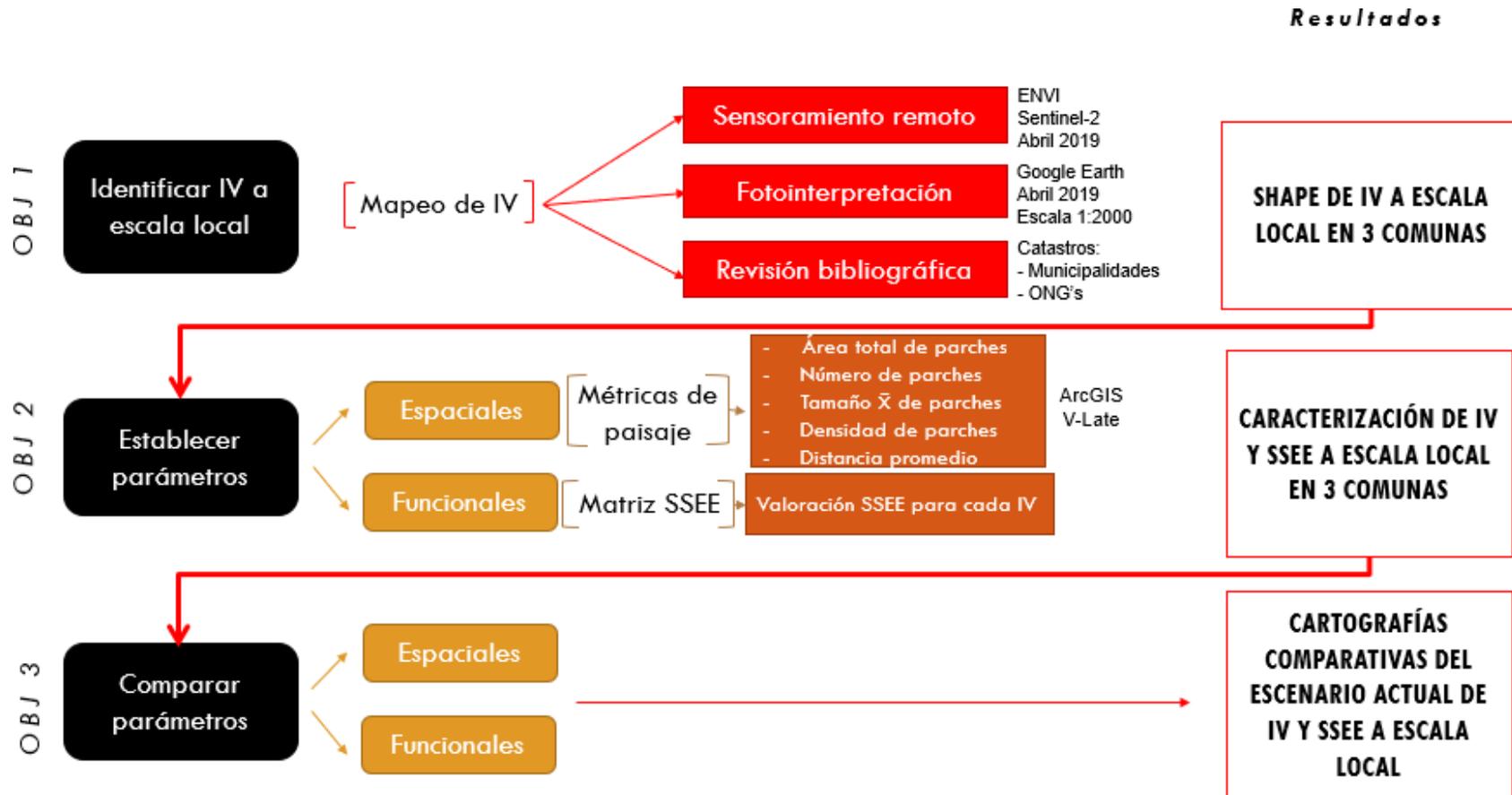
El tratamiento de los datos obtenidos a través de las distintas herramientas se realiza de forma secuencial en una primera etapa, para proseguir de manera complementaria. En otras palabras, al obtener los primeros resultados es posible continuar la investigación mediante el análisis de éstos para generar nuevos datos por una parte, y, en paralelo a ésta, establecer nueva información (Figura 13).

Cabe destacar que las distintas técnicas y herramientas metodológicas a tratar, tanto para infraestructura verde como para sus respectivos servicios ecosistémicos, se modifican y adaptan para poder ser aplicadas a escala local, tal y como la investigación lo requiere.

---

<sup>2</sup> Los grupos socioeconómicos se basan en los datos proporcionados por el Censo del año 2002, ya que el actual Censo de 207, no entrega datos relacionados a indicadores económicos.

Figura 13. Esquema metodológico.



Fuente. Elaboración propia.

#### 4.2.1. MAPEO DE INFRAESTRUCTURA VERDE

A modo de identificar la infraestructura verde a escala local, en una primera etapa se trabaja con imágenes satelitales de Sentinel-2 correspondientes a Abril de 2019 y su respectivo procesamiento a través del índice NDVI.

Si bien este índice detecta cobertura vegetal sana y densa, su uso predomina en macrozonas o estudios más bien regionales, puesto que no detecta espacios permeables sin vegetación y en mal estado, es decir con baja vigorosidad entendida como bajos niveles de clorofila, que sí son considerados en infraestructura verde (Ajuntament de Barcelona, 2017; Díaz, 2015). Por tanto, cabe determinar la precisión con la que se obtienen datos a escala local, como también sirve de base preliminar en la cual poder continuar agregando información respecto a infraestructura verde.

La selección de Sentinel-2 sobre otros satélites, se produce debido a las ventajas que éste entrega, tales como la distribución gratuita de sus imágenes a través de USGS Earth Explorer compuestas de 13 bandas espectrales, y su alta resolución espacial que varía entre los 60, 20 y 10 metros dependiendo de las bandas utilizadas (Delegido et al., 2016; Zhang et al., 2017). Asimismo, autores como Barazzetti et al. (2016) y Zhang et al. (2017) señalan como beneficio el uso de este satélite para el monitoreo de tierras, para propósitos de agricultura y para determinar el vigor de la vegetación.

Para propiciar un correcto tratamiento de las imágenes satelitales se genera un ajuste de corrección atmosférica y radiométrica para su optimización a través del software ENVI 4.5. La primera de éstas corrige la interferencia producida por la atmósfera, como nubes u otros, que alteran los valores de los píxeles de la imagen. En el segundo caso, los sensores satelitales capturan la información de la tierra a partir de la intensidad de radiación que proviene de la luz solar, ésta se almacena bajo forma de números digitales (DN) y es transformada a valores de radiancia para luego ser transformados a valores de reflectancia con los cuales es posible trabajar (Aguilar et al., 2014).

Realizados estos pasos se procede a identificar la vegetación existente en el área de estudio. Una de las técnicas más utilizadas corresponde al cálculo de índices de vegetación siendo el Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI). Dicho índice cuantifica el verdor de la vegetación en base a la absorción de clorofila en rangos que varían entre -1 y 1, donde los valores negativos corresponden a superficies descubiertas, mientras que los valores positivos, entre más cercanos al 1 denotan un mayor verdor (Beltrán, 2017; Carlson & Ripley, 1997; Peña-Salmón et al., 2014). De esta manera, el siguiente cálculo aritmético, corresponde a la formulación del índice, donde NIR corresponde a la banda de infrarrojo cercano y Red a la banda roja (Tardà et al., 2017):

$$\text{NDVI} : (\text{NIR} - \text{Red}) / (\text{NIR} + \text{Red})$$

En el caso de las imágenes de Sentinel-2, el cálculo resulta en:

$$\text{NDVI} : (\text{B8} - \text{B4}) / (\text{B8} + \text{B4})$$

A partir del índice aplicado, se trabaja con quiebres naturales para obtener los valores correspondientes a vegetación. Posteriormente, se transforma el archivo de salida en formato vectorial a modo de poder ser tratado en el software ArcGIS al igual que el resto de la información.

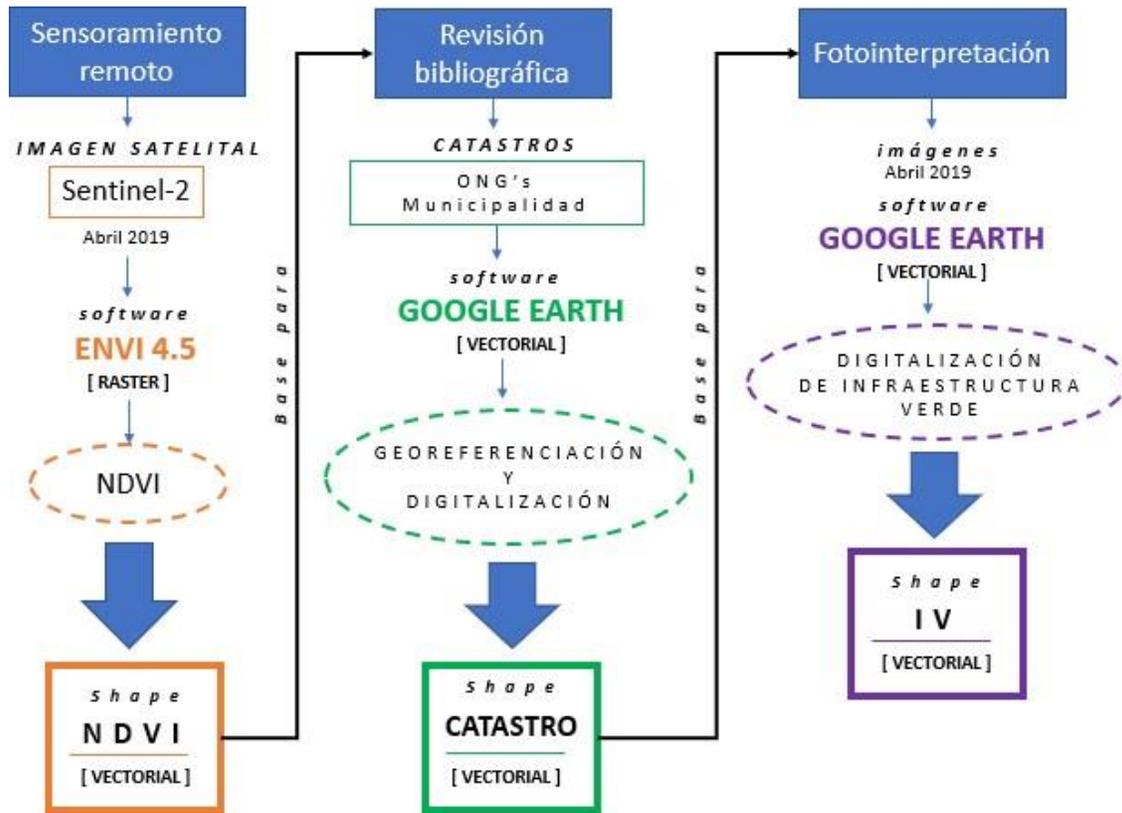
Por otra parte, de manera de obtener mayor cantidad de información respecto a infraestructura verde a escala local, se genera un mapeo a través de la técnica de fotointerpretación a escala 1:2000, la cual permite diferenciar determinados elementos urbanos a nivel barrial con gran precisión y detalle. Para realizar dicha interpretación se trabaja mediante el software Google Earth utilizando las imágenes más recientes disponibles correspondientes a abril del año 2019, que además coinciden con la temporalidad trabajada anteriormente. En ésta se tiene como criterio, que la infraestructura posea un porcentaje mayor al 25% de verde por cada polígono fotointerpretado. Operativamente, realiza un barrido a través de los distintos distritos censales de cada comuna para así evitar el dobleconteo de espacios verdes y se identifican las diferentes tipologías de infraestructura verde.

La decisión de trabajar con imágenes proporcionadas por Google Earth se basa en la serie de ventajas que posee este software. En primer lugar, corresponde a una herramienta de carácter gratuito, con una interfaz ágil para su implementación y utilización, donde es posible integrar los datos recopilados con otras bases de datos y softwares. Por otra parte, se encuentra en una constante actualización de imágenes aéreas, lo que permite realizar fotointerpretación a una menor escala y con mayor exactitud, llegando a una resolución espacial de 60 cms (LAND INFO, 2018; Romano & Roca, 2009).

Igualmente, se realiza una revisión bibliográfica exhaustiva indagando en catastros asociados a las diversas tipologías de infraestructura verde a escala local. A través del sistema de transparencia se solicitan los catastros de áreas verdes a las respectivas municipalidades, como también la recopilación de informes e inventarios proporcionados por Organizaciones No Gubernamentales (ONG's) y bases de datos de proyectos similares. A partir de dichos datos, se genera la georreferenciación de éstos y posterior digitalización para agregarlos a la cobertura de infraestructura verde creada.

A modo de evidenciar de mejor manera la forma en la que se genera este proceso, hasta obtener una cobertura final de infraestructura verde, se presenta la siguiente Figura 14.

Figura 14. Esquema metodológico objetivo 1.



Fuente. Elaboración propia.

#### 4.2.2. EVALUACIÓN DE MÉTRICAS DE PAISAJE

A partir de la cobertura de infraestructura verde correspondiente a las tres comunas de estudio obtenida anteriormente, se realiza el procesamiento de la información a través del software ArcGIS, donde, por medio de sus distintos geoprocursos, se depura y sistematiza la información levantada dentro de una base de datos geoespacial.

Posteriormente, dicha capa de información se analiza mediante parámetros establecidos correspondientes a espacialidad y funcionalidad, para cada caso de estudio en particular. Además, se agregan ciertas características básicas asociadas al contexto de la investigación, tal como comuna correspondiente y estado actual de la infraestructura verde. En el caso de este último punto, se contrarrestan los datos encontrados, con los planes reguladores comunales (PRC) respectivos, a modo de establecer la condición actual de cada parche, bajo la clasificación: implementada, área verde no implementada y potencial, resultando en:

- Implementada: todo aquel espacio verde que posea vegetación.
- Área verde no implementada: todo aquel espacio verde que en su respectivo PRC esté catalogado como área verde, sin embargo, no posea vegetación.
- Potencial: todo aquel espacio sin vegetación y que tampoco esté catalogado como área verde en su respectivo PRC

En el caso de la categoría potencial, se decide denominar sitio eriazo, puesto que considera valores significantes a recalcar, por tanto, se establece como una nueva tipología de infraestructura verde.

En lo que respecta a los parámetros espaciales, se considera el cálculo de ciertas métricas de paisaje que tienen como finalidad, cuantificar la heterogeneidad de la infraestructura verde identificada (Ramírez, 2016). Para realizar la sistematización de dichos datos, existen variados softwares que efectúan aquellos procesos, sin embargo, la mayoría de éstos se asocia a análisis espaciales de datos de carácter ráster (Rojas, 2016). Por el contrario, en este caso se aborda el formato vectorial que permite trabajar con la información de modo más fiel a la realidad, evitando la pérdida de relación entre los diferentes objetos (Sapena & Ruiz, 2015).

Para solventar dicha necesidad, se emplean paquetes geoespaciales espacialmente diseñados para obtener datos de métricas paisajísticas, tal como es el caso del *Vector Based Landscape Analysis Tool Extension* o V-Late creado en 2003. La ventaja de éste consiste en el trabajo con datos de formato vectorial, su disponibilidad de libre acceso en la web, y su operación como extensión desde el programa ArcGIS (Sapena & Ruiz, 2015; Rojas, 2016).

De esta manera, las métricas a establecer consideran cinco aspectos. Expresadas en base a lo expuesto por Aguilera (2010), Calvo-Obando & Ortiz-Malavassi (2012); Sandoval (2016) y Sapena & Ruiz (2015), se tiene:

- Número de parches: corresponde al número de parches existentes según cada clase, en este caso, según cada tipología de infraestructura verde.
- Área de parches: corresponde al área total abarcada por los parches identificados en cada tipología.
- Tamaño promedio de parches: corresponde al área ocupada por un parche de determinada tipología, dividido por el número de parches de esa misma tipología.
- Densidad de parches: corresponde al número de parches cada 100 ha.
- Distancia promedio al vecino más cercano: corresponde al valor de distancia promedio con todos los parches cercanos; de igual manera, puede calcularse en función de la distancia al parche más cercano de la misma tipología.

#### 4.2.3. EVALUACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS POTENCIALES

El parámetro funcional, corresponde al vínculo de los servicios ecosistémicos potenciales a cada tipo de infraestructura verde identificado en la cobertura obtenida a escala local. Para ello se genera una adaptación de la metodología propuesta por Burkhard et al. (2009), CEA (2012) y Landscape Institute (2009) basada en el uso de matrices de evaluación de servicios ecosistémicos, a una escala netamente local.

Dicha matriz se considera simple a través de dos entradas de información (Burkhard et al., 2014). En el eje X se disponen los distintos servicios ecosistémicos a escala local, establecidos en la Figura 8, mientras que en el eje Y se sitúan las tipologías de infraestructura verde identificadas en cada una de las comunas de estudio clasificadas en la anterior Figura 10. Resultando en una matriz idéntica a la presente en la Figura 15.

Posteriormente, se comienza a completar la matriz en cada intersección, mediante el cruce de cada una de estas clasificaciones. El llenado de la matriz se realiza en base a una recopilación bibliográfica de diversos autores tales como Burkhard et al. (2009), Burkhard et al. (2012), CEA (2012), Cienciambiental Consultores S.A. (2018), Cvejic et al. (2015), EEA (2011), Haines-Young et al. (2012), Liverpool City Council Planning Department (2010) y Rojas (2016). Cada uno de estos autores recién mencionados, utiliza una matriz específica para el desarrollo de sus investigaciones. Por lo tanto, se comparan dichas matrices y se aplica a una escala local, utilizando como método la media de los valores que brinda cada servicio ecosistémico. Ello resulta en una estimación basada en cuatro categorías, las que se presentan en la siguiente Tabla 3.

Tabla 3. Rangos de valoración de servicios ecosistémicos potenciales.

RANGOS NUMÉRICOS	CARACTERIZACIÓN	
0	NULA	capacidad de proveer dicho servicio ecosistémico
1	BAJA	
2	MEDIA	
3	ALTA	

*Fuente: Elaboración propia.*

Asimismo, dicha caracterización de valores de servicios ecosistémicos potenciales se reclasifica en función de una estandarización binaria, es decir a través de la representación mediante valores 0 y 1. Tal y como lo sostiene Petter et al. (2012) este proceso facilita la representación al reducir el conjunto de datos a una ausencia (0) o presencia (1) de éstos, resultando en la siguiente Tabla 4.

Figura 15. Matriz de servicios ecosistémicos a escala local.

		SSE de Regulación										SSE de Provisión										SSE Culturales									
		Regulación de Clima Local	Regulación de Calidad de Aire	Purificación de Agua	Nutrientes	Erosión	Protección frente a desastres naturales	Control de enfermedades	Desechos	Cultivos	Biomasa para energía	Forraje	Madera	Captura de peces	Acuicultura	Alimentos silvestres	Medicina natural	Agua fresca	Minerales	Energía abiótica	Recreación y turismo	Cultura	Valoración estética	Valoración religiosa y espiritual	Valoración educativa	Valoración de inspiración	Relaciones sociales				
Infraestructura vial	Bandejón																														
	Rotonda																														
Infraestructura urbana	Veredas arboladas																														
	Techos verdes																														
	Huertos urbanos																														
Equipamiento	Recinto deportivo																														
	Recinto militar																														
	Recinto de salud																														
	Recinto de seguridad																														
	Recinto educacional																														
	Recinto religioso																														
	Recinto cultural y recreativo																														
	Otros																														
Área verde	Plaza																														
	Parque																														
Cursos de agua	Río																														
	Canal																														
Espacios naturales	Cerros islas																														
Sitio eriazo	Sitios eriazos																														

Fuente. Elaboración propia, en base a Burkhard et al. (2009), CEA (2012) y Landscape Institute (2009).

Tabla 4. Equivalencia de rangos de valoración de servicios ecosistémicos potenciales con estandarización binaria.

RANGOS NUMÉRICOS	CARACTERIZACIÓN	ESTANDARIZACIÓN BINARIA	
0	NULA	0	No provee dicho servicio ecosistémico
1	BAJA		
2	MEDIA	1	Provee dicho servicio ecosistémico
3	ALTA		

*Fuente: Elaboración propia en base a Petter et al. (2012).*

Finalmente, en una última etapa, se compara la infraestructura verde existente en las diferentes comunas de estudio mediante los parámetros analizados; para aquello se utilizan diversos gráficos que ayuden a comprender y visualizar de mejor manera el escenario actual que se vive en cada comuna.

En base al análisis de los datos, se busca determinar posibles similitudes o contrastes entre la información procesada para Estación Central, Santiago y Ñuñoa. Así, los resultados obtenidos a lo largo de la investigación se espacializan por medio de los softwares ya mencionados, y se generan cartografías temáticas asociadas a la representación de la información.

## 5. RESULTADOS

### 5.1. ANÁLISIS DE MAPEO DE INFRAESTRUCTURA VERDE

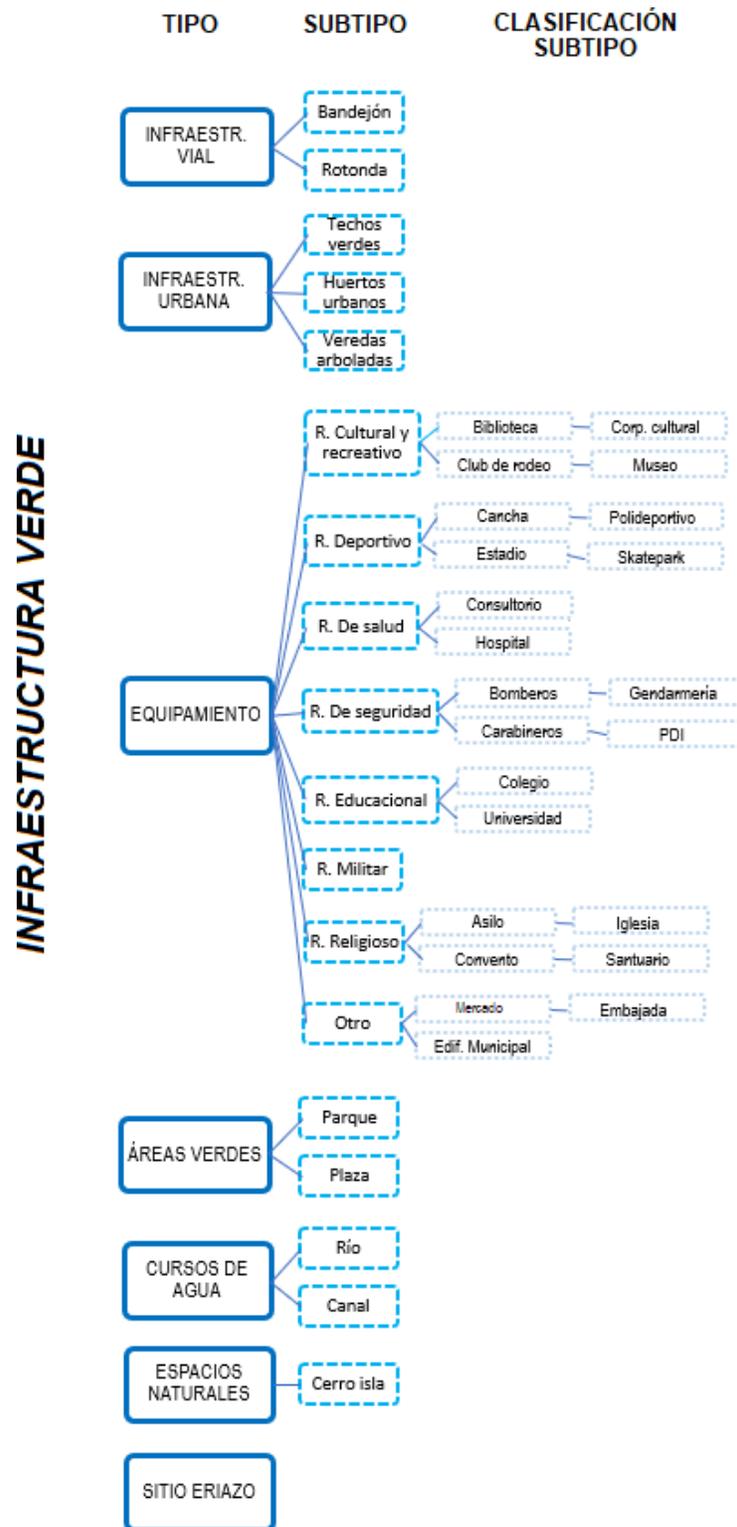
A partir de la evidencia obtenida a través de sensoramiento remoto por medio del procesamiento de imágenes satelitales, como también mediante la identificación visual de espacios verdes para las respectivas comunas de estudio, además de la georreferenciación y digitalización de catastros comunales correspondientes; se logra generar un mapeo de infraestructura verde a escala local. Por consiguiente, se denota la necesidad de modificar la tipología establecida con anterioridad (Figura 8), debido a la presencia de clasificaciones que no fueron contempladas, y surgen con el procesamiento de la información.

En base a lo evidenciado a lo largo del proceso, se reforma y reordena dicha tipología de infraestructura verde a escala local, obteniendo la siguiente Figura 16, donde se presenta la infraestructura verde en tres niveles: tipos, subtipos y clasificaciones de subtipos.

Cabe destacar que aquellos espacios verdes considerados como sitios eriazos, se agregan a la tipología como una entidad aparte.

En lo que respecta a los datos obtenidos mediante sensoramiento remoto a través de la aplicación del índice NDVI, se logra evidenciar una gran cantidad de parches que se distribuyen a lo largo de las tres comunas de estudio. Éstos se exponen en la Figura 19 en color rojo, donde se destacan ciertas áreas con parches de mayor tamaño tanto en las comunas de Estación central como Santiago, mientras que en el caso de Ñuñoa, parches de menor tamaño pero más continuos.

Figura 16. Tipología de infraestructura verde en base al área de estudio.



Fuente. Elaboración propia

Si bien el índice utilizado facilita la identificación de espacios verdes, cabe destacar que éste no contabiliza por completo a las zonas asociadas a cursos de agua. En otras palabras, identifica los bordes de río y de canales que presentan algún tipo de vegetación, sin tomar en cuenta el curso mismo de éste. Asimismo, tampoco identifica áreas que presentan construcciones y/o edificaciones por no poseer vegetación. Debido a esta razón, es que al momento de contabilizar la métrica asociada al número de parches, no siempre se incorpora un 100% de representatividad, sino que mas bien sirve a modo de guía o base de estudio. Ello puesto que el índice caracteriza los espacios netamente verdes, sin embargo, en caso de presentarse alguna edificación en medio de dicho espacio verde, automáticamente se corta el polígono creado. De esta manera, es posible que más de un polígono, es decir 2 ó más, representen una misma área correspondiente a una clasificación específica de la tipología de infraestructura verde.

A continuación, se presenta un ejemplo de la situación recién planteada (Figura 17). En la situación a., se visualizan dos áreas extensas que corresponden, por el costado izquierdo de la figura, al Club Hípico, y por el costado derecho, Parque O'Higgins. Éstas mismas áreas se representan en la situación b., en la que se observa un polígono que se extiende por los alrededores del Club Hípico, y tres otros polígonos internos correspondientes al área del circuito del hipódromo. Si bien en total se contarían 4 polígonos identificados a través de índice NDVI, realmente se trata sólo de un gran polígono: Club Hípico. La misma situación ocurre para el caso de Parque O'Higgins.

Figura 17. Detalle de parches identificados mediante NDVI. a. Situación real. b. Situación con representación de NDVI.



*Fuente. Elaboración propia en base a Google Earth (2019).*

De esta manera, se identifican y clasifican según la tipología de infraestructura verde los diversos parches obtenidos mediante NDVI. Frente a ello, se observa un porcentaje de parches que no corresponden a ninguna de las categorías establecidas. Específicamente

se trata de espacios verdes asociados a jardines internos y calles arboladas principalmente, denominados como “otras tipologías”.

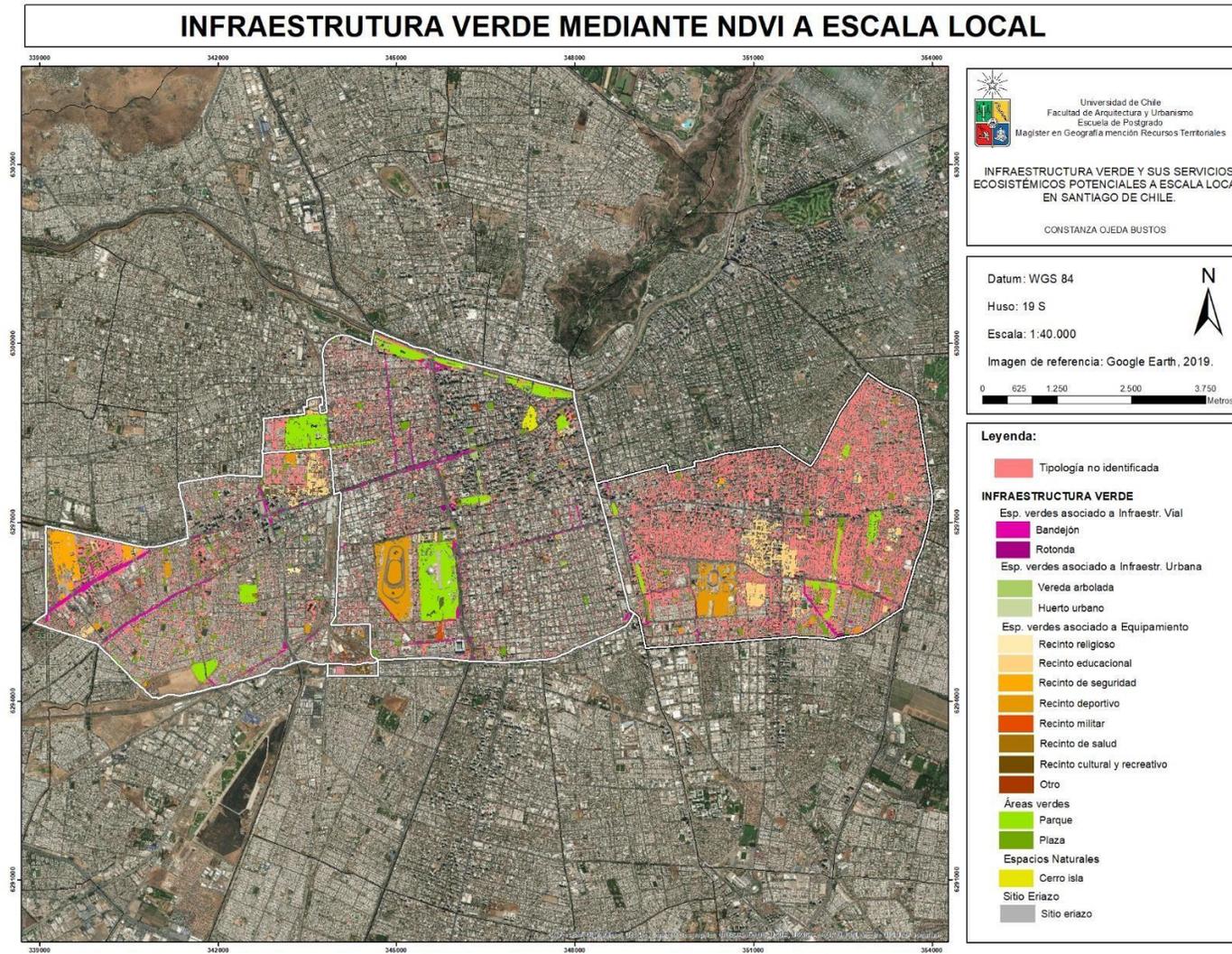
Tal y como se denota en la siguiente Figura 18, la dificultad para lograr distinguir qué parche corresponde a determinada categoría resulta bastante complicado debido a la imposibilidad de diferenciar el área que cada una de éstas abarca, específicamente para el caso de Ñuñoa. Razón por la que se decide trabajar sólo con la tipología de infraestructura verde establecida anteriormente (Figura 19).

Figura 18. Caracterización de “otras tipologías”.



*Fuente. Elaboración propia.*

Figura 19. Infraestructura verde mediante NDVI.



Fuente. Elaboración propia.

## 5.2. ANÁLISIS DE MÉTRICAS DE PAISAJE

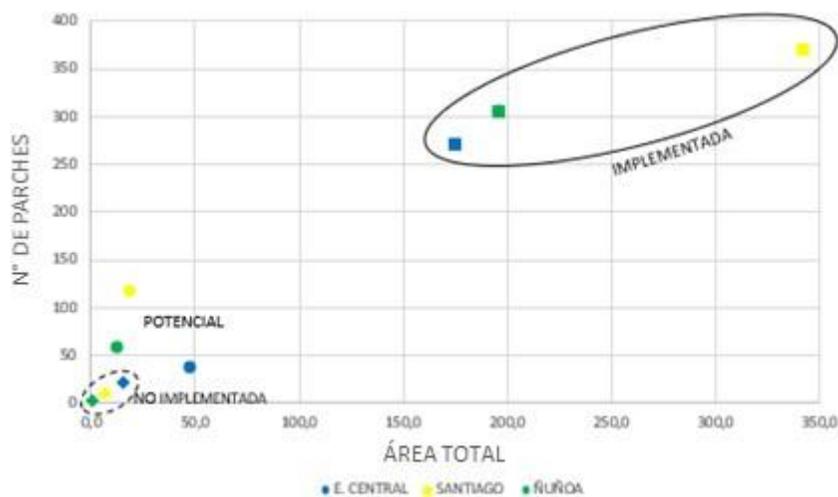
### 5.2.1. ESTADO DE LA INFRAESTRUCTURA VERDE

Si bien para las tres comunas de estudio, la cantidad de parches considerados como implementados continúan predominando con alrededor del 80%, las áreas potenciales o sitios eriazos rondan porcentajes entre el 10% y 20% respectivamente, del total para cada comuna. Asimismo, el área que abarcan las áreas implementadas corresponde a 340 ha para el caso de Santiago, mientras que es similar para los casos de Estación Central y Ñuñoa con poco más de la mitad de hectáreas de la comuna anteriormente nombrada (Figura 20).

En el caso de áreas verdes no implementadas, éstas presentan baja cantidad de parches, 1%, 2% y 7%, y superficie total correspondiente a 0,3 ha, 6 ha y 15 ha en el caso de Ñuñoa, Santiago y Estación Central respectivamente.

Finalmente, en lo que respecta a superficie de sitios eriazos o potenciales, tanto Santiago como Ñuñoa denotan aproximadamente 15 hectáreas, mientras que Estación Central escapa a la norma alcanzando 46 hectáreas destinadas a sitios eriazos o potenciales.

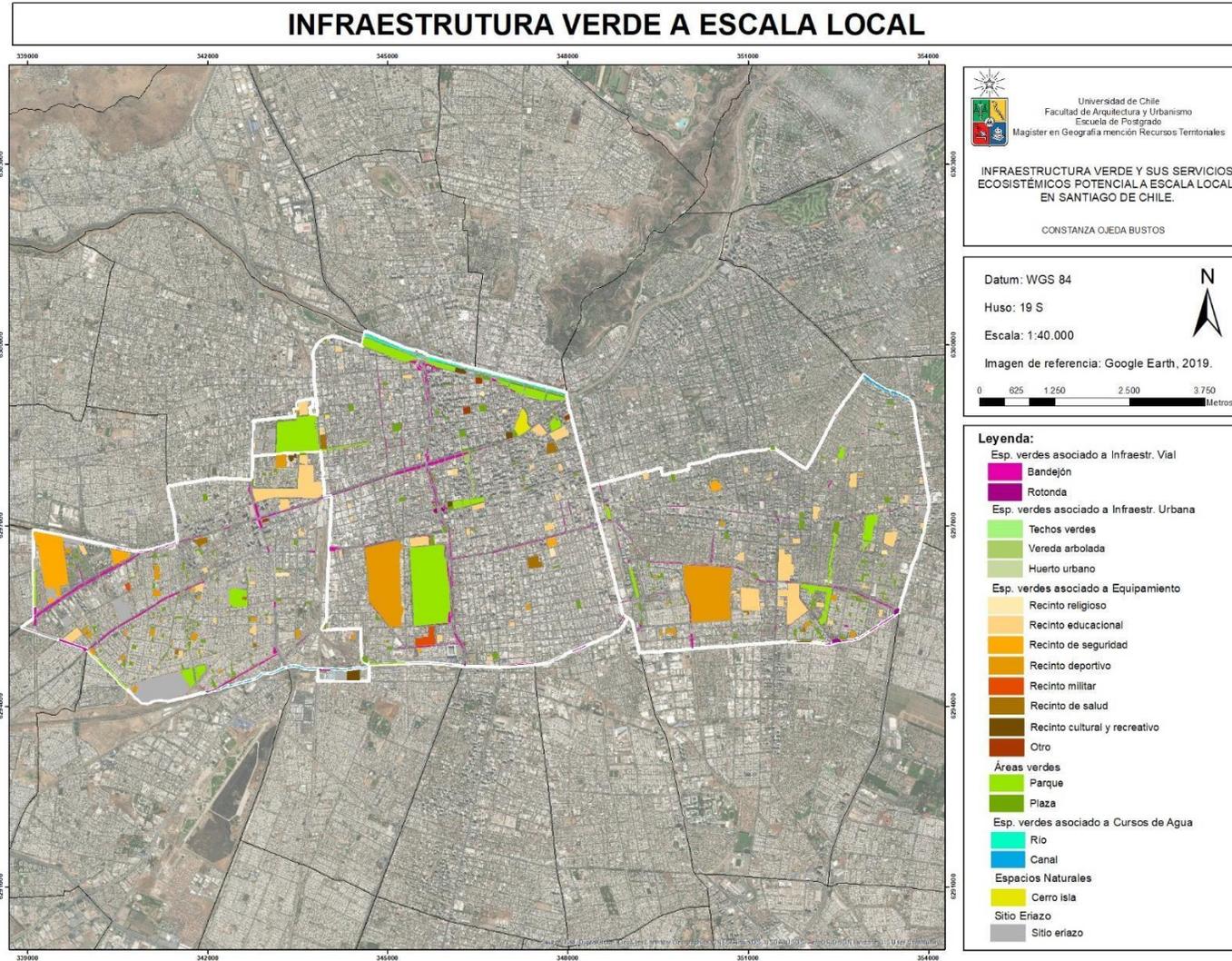
Figura 20. Estado de infraestructura verde.



Fuente. Elaboración propia.

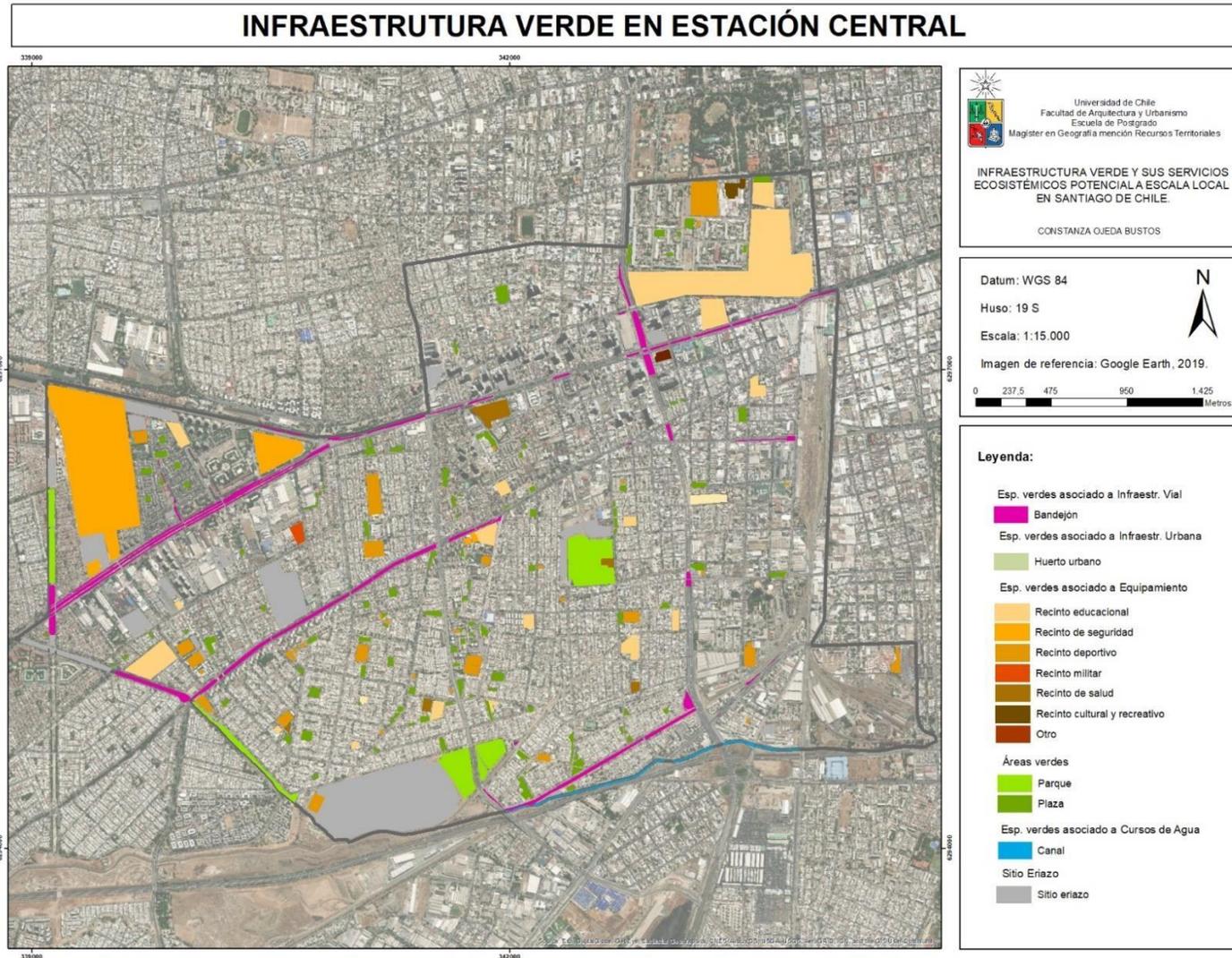
Es por esta razón, que los sitios eriazos se contabilizan dentro de la tipología de infraestructura verde y son espacializadas al igual que el resto de las clasificaciones en la siguiente Figura 21, y con detalle para cada comuna de estudio en las Figuras 22, 23 y 24.

Figura 21. Infraestructura verde a escala local.



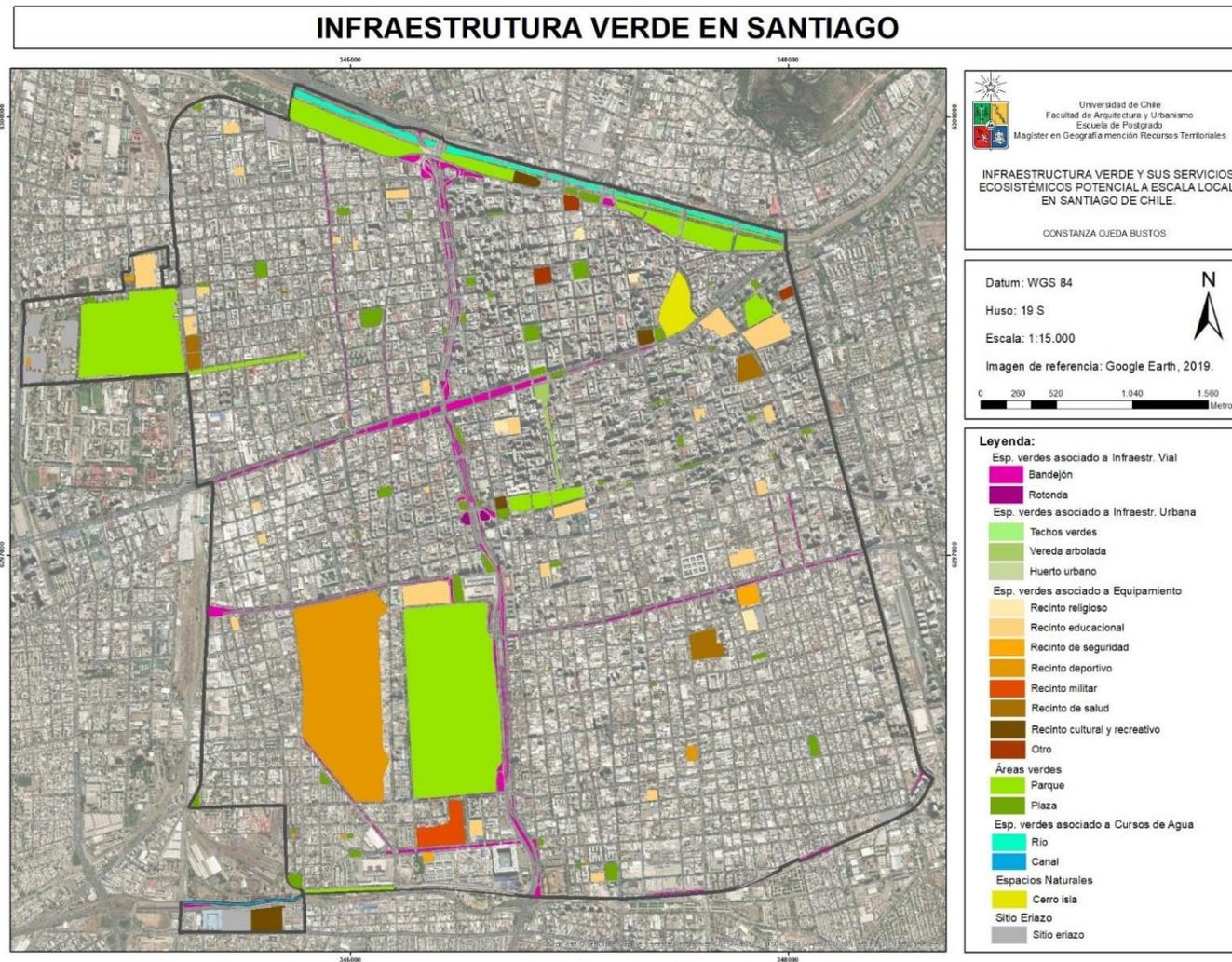
Fuente. Elaboración propia.

Figura 22. Infraestructura verde en la comuna de Estación Central.



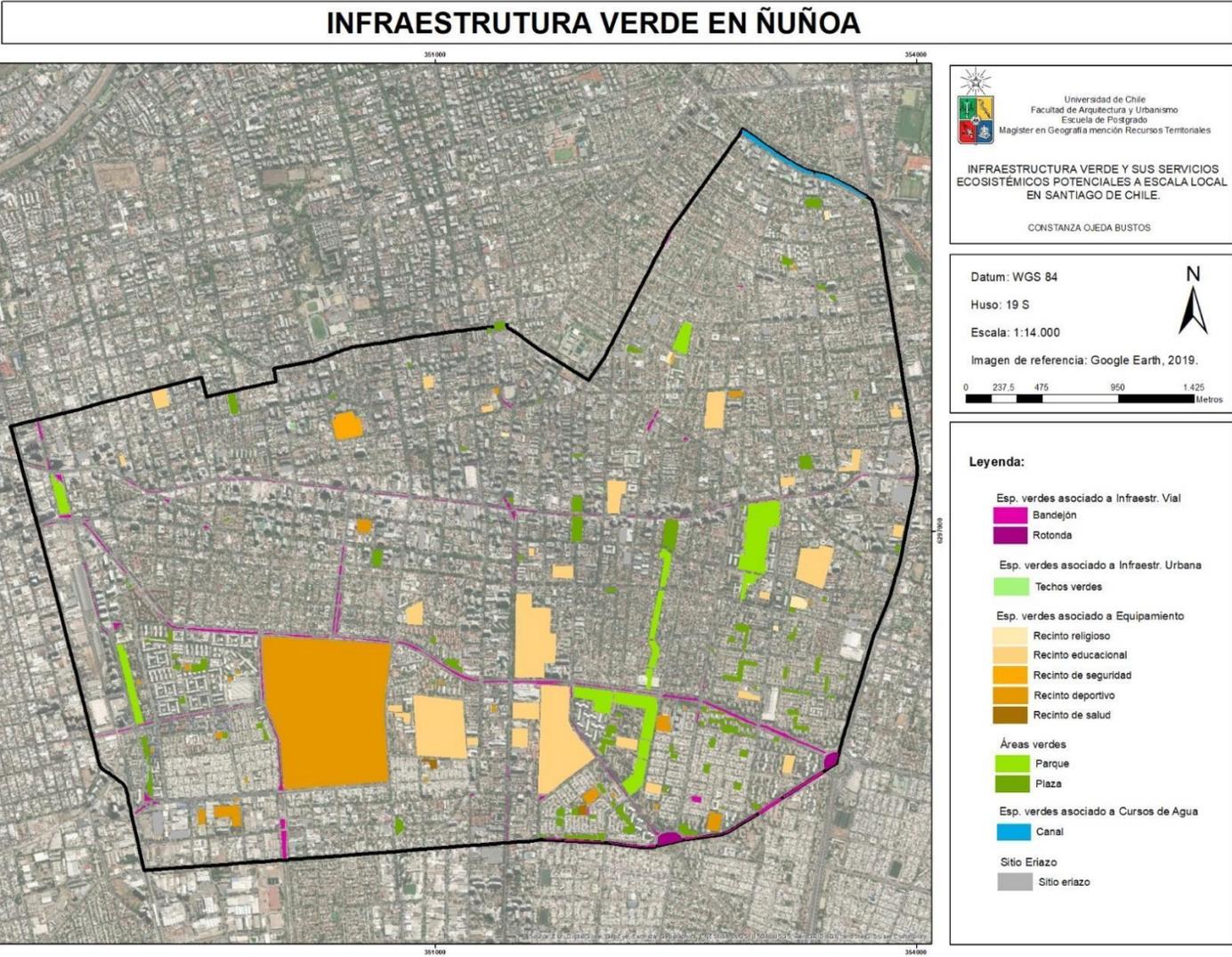
Fuente. Elaboración propia.

Figura 23. Infraestructura verde en la comuna de Santiago.



Fuente. Elaboración propia.

Figura 24. Infraestructura verde en la comuna de Ñuñoa.



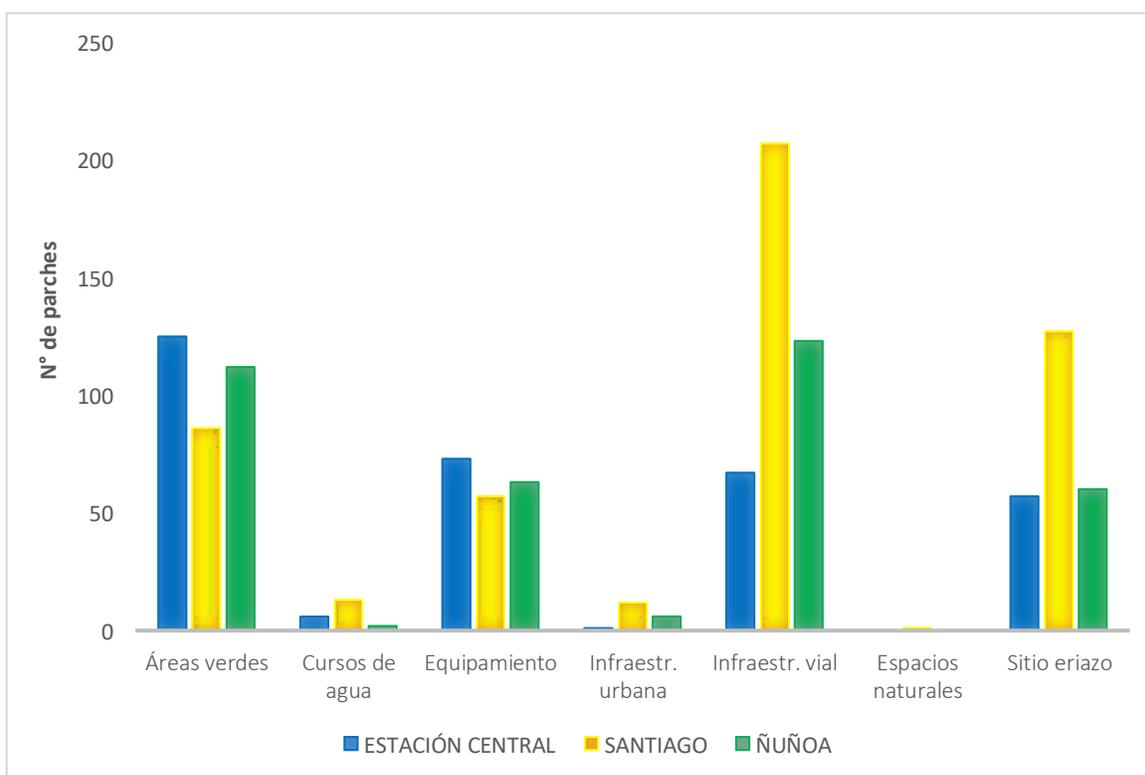
Fuente. Elaboración propia.

### 5.2.2. NÚMERO DE PARCHES

De manera general, en lo que respecta al número o cantidad de parches, se mapearon 1198 polígonos identificados como infraestructura verde. De éstos un 42% corresponde a espacios verdes localizados en la comuna de Santiago, un 31% a la comuna de Ñuñoa y finalmente, un 27% a Estación Central.

Asimismo, en su conjunto, se destaca una fuerte presencia de aproximadamente un 97% de espacios verdes catalogados como infraestructura vial, áreas verdes, sitios eriazos y espacios asociados a equipamiento, con distinto nivel de jerarquía para cada comuna estudiada. En un segundo plano quedan tipologías como cursos de agua, infraestructura urbana y espacios naturales (Figura 25).

Figura 25. Número de parches de infraestructura verde.



Fuente. Elaboración propia.

La primera de las comunas a detallar corresponde a Estación Central (Figura 26). Ésta presenta un predominio de la tipología correspondiente a áreas verdes, la cual se compone de una gran presencia de plazas llegando a representar aproximadamente a un 94%, las que se encuentran distribuidas equitativamente en el espacio comunal, frente sólo un 6% de parques.

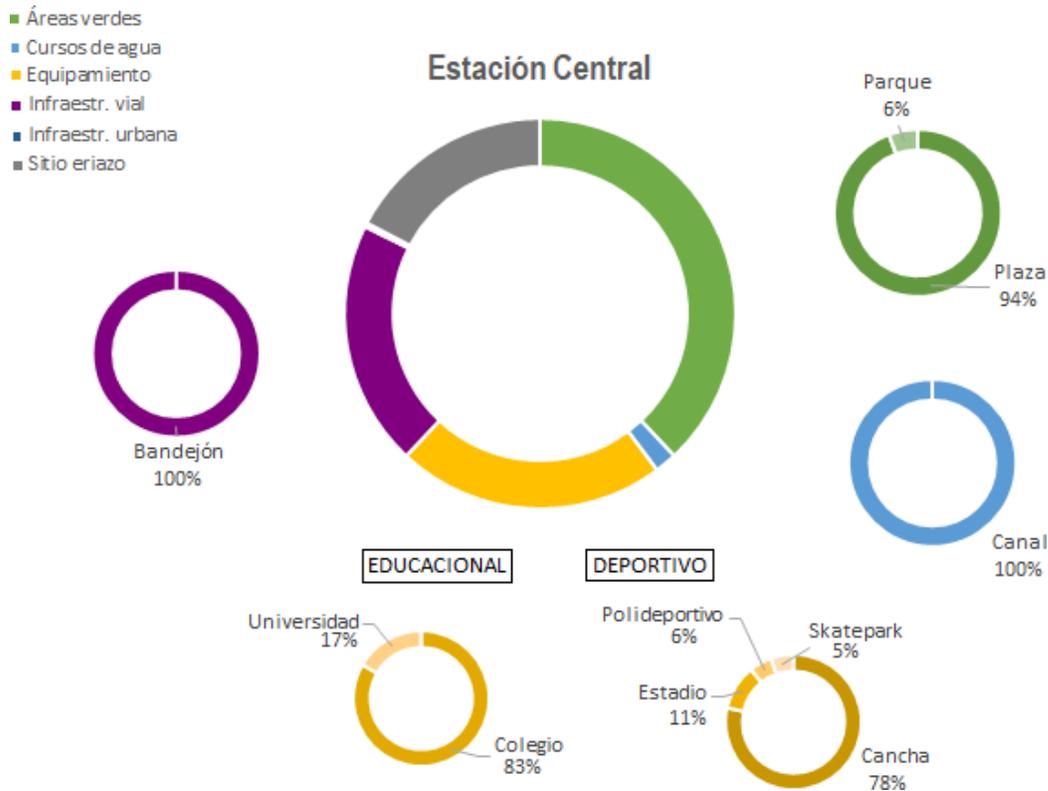
Posteriormente, la tipología establecida como espacios verdes asociados a equipamiento también se presenta de gran manera en la comuna, específicamente en su subtipo recintos deportivos y educacional. En el caso del primero de éstos, abunda la clasificación canchas, siendo alrededor de 30 las contabilizadas para Estación central, seguidos de 4 grandes

estadios utilizados por equipos de fútbol del sector, y finalmente, 2 skateparks y polideportivos. Para el segundo caso, en referencia a recintos educativos, aquellas áreas con mayor presencia corresponden a colegios, y un 17% a universidades.

Espacios verdes asociados a infraestructura vial son en su totalidad correspondientes a bandejones centrales. Áreas consideradas como sitio eriazo ocupan el cuarto lugar en jerarquía de primacía para la comuna.

De igual manera resulta importante destacar que para Estación central sólo se identificó el Zanjón de la Aguada como curso de agua en su subtipología canal. En el caso de espacio verde asociado a infraestructura urbana sólo se contabilizó un huerto urbano y no se encontraron espacios naturales que correspondieran a las tipologías establecidas para la investigación.

Figura 26. Desglose de cantidad de parches asociados a infraestructura verde en Estación Central.



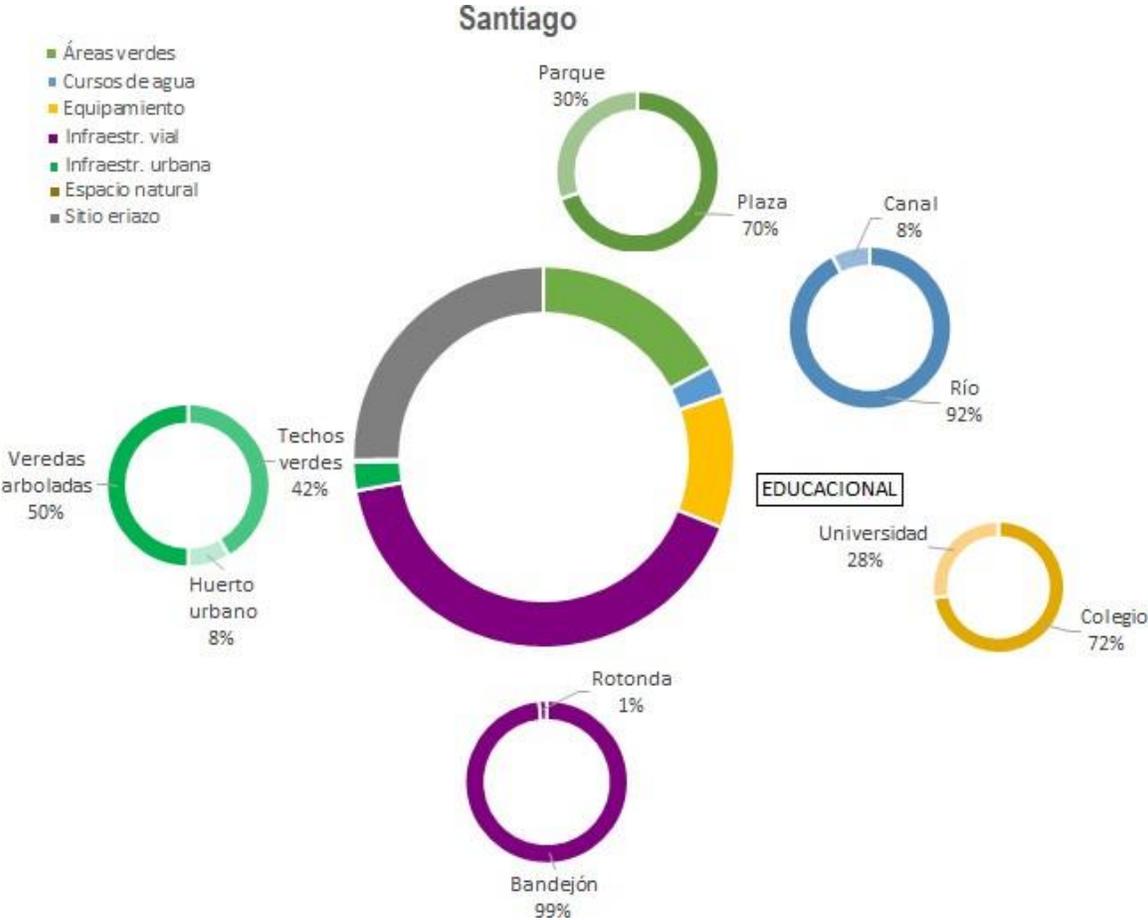
Fuente. Elaboración propia.

En el caso de la comuna de Santiago (Figura 27), destaca por sobre cualquier otra tipología aquella vinculada a infraestructura vial con 207 parches, de éstos un 99% corresponde a bandejón, mientras que el 1% concierne a rotonda. Así, el siguiente nivel lo ocupan los sitios eriazos con alrededor de 130 parches.

Bajo el umbral de los 100 parches, se ubican las áreas verdes de la comuna, con presencia en un 70% de plazas y un 30% identificados como parches. Consiguientemente, espacios asociados a equipamiento prosiguen en el orden jerárquico para la comuna santiaguina. De éstos, la subtipología correspondiente a recinto educacional es la que presenta una mayor frecuencia versus el resto de las subtipologías que presentan cifras menores a 10 parches. Se contabiliza entonces, un 72% asociado a colegios y un 28% a universidades.

Respecto a las tipologías restantes, en aquellos espacios asociados a cursos de agua sólo se contabiliza parte del Zanjón de la Aguada y el Río Mapocho; como espacios asociados a infraestructura urbana se identifican 5 techos verdes, 1 huerto urbano y 6 veredas arboladas. Finalmente, sólo se observa un espacio natural: Cerro Santa Lucía.

Figura 27. Desglose de cantidad de parches asociados a infraestructura verde en Santiago.



Fuente. Elaboración propia.

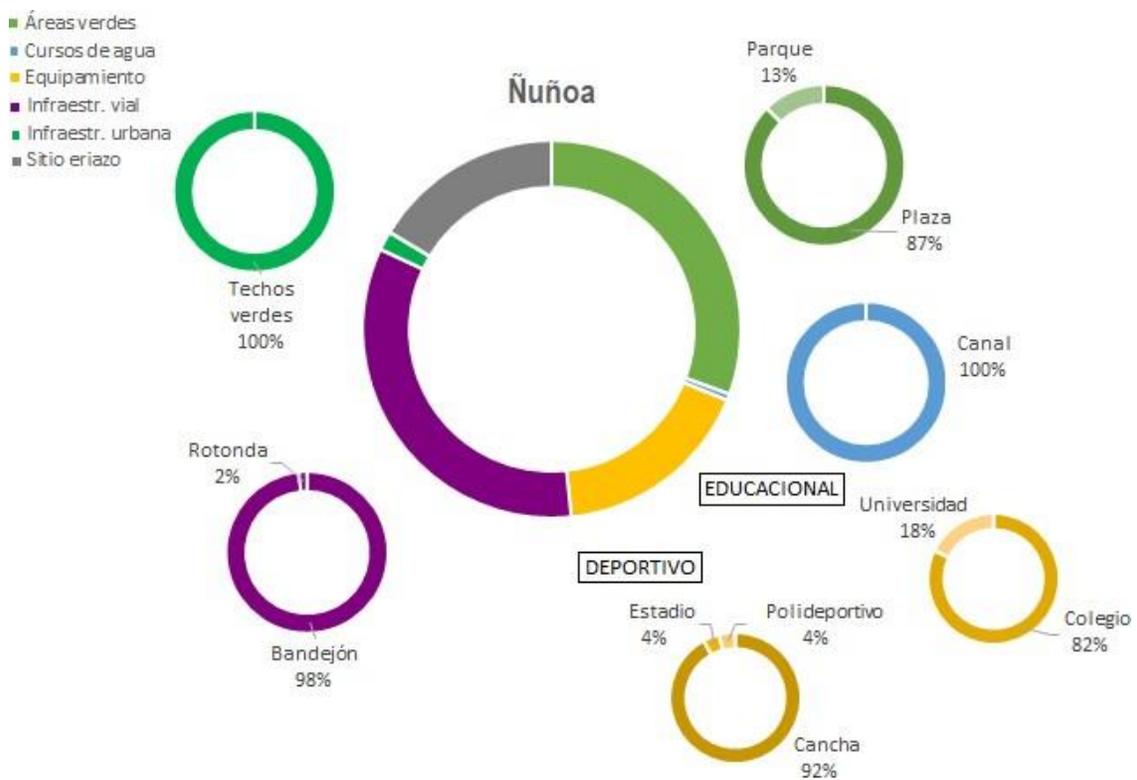
Para el caso de la comuna de Ñuñoa, se observan sólo dos tipologías con cifras superiores a los 100 parches (Figura 28). La primera de éstas corresponde a espacios verdes asociados a infraestructura vial poseen una leve ventaja sobre las áreas verdes del sector. Es así como los bandejones se aprecian en 121 parches correspondientes al 98% de esta tipología, muy por el contrario de lo que ocurre con las rotondas, donde sólo se evidencia

un 2%. En cuanto a las áreas verdes, hay mayor presencia de plazas con un 87% de representatividad, en desmedro de un 13% de parques existentes en Ñuñoa.

Referidos a la tercera tipología predominante, los espacios verdes asociados a equipamiento, se comprende como una comuna con gran cantidad de recintos educacionales, siendo los colegios aquellos que priman, representados en un 82% frente a un 18% correspondientes a universidades del lugar. Desde el punto de vista deportivo, los parches se concentran en canchas de diversos tipos a lo largo de la comuna, seguidos de polideportivos y estadios, siendo uno de éstos últimos el Estadio Nacional, principal reducto deportivo del país.

En cuarto lugar, se tienen los sitios eriazos ñuñoínos con 60 parches identificados. Así, aquellas tipologías restantes corresponden a espacios asociados a infraestructura urbana de los cuales, el 100% de los parches mapeados conciernen techos verdes. Bajo la nomenclatura cursos de agua se encuentra el Canal San Carlos sólo con 2 parches. Frente al criterio de espacios naturales, éstos no denotan presencia en Ñuñoa.

Figura 28. Desglose de cantidad de parches asociados a infraestructura verde en Ñuñoa.



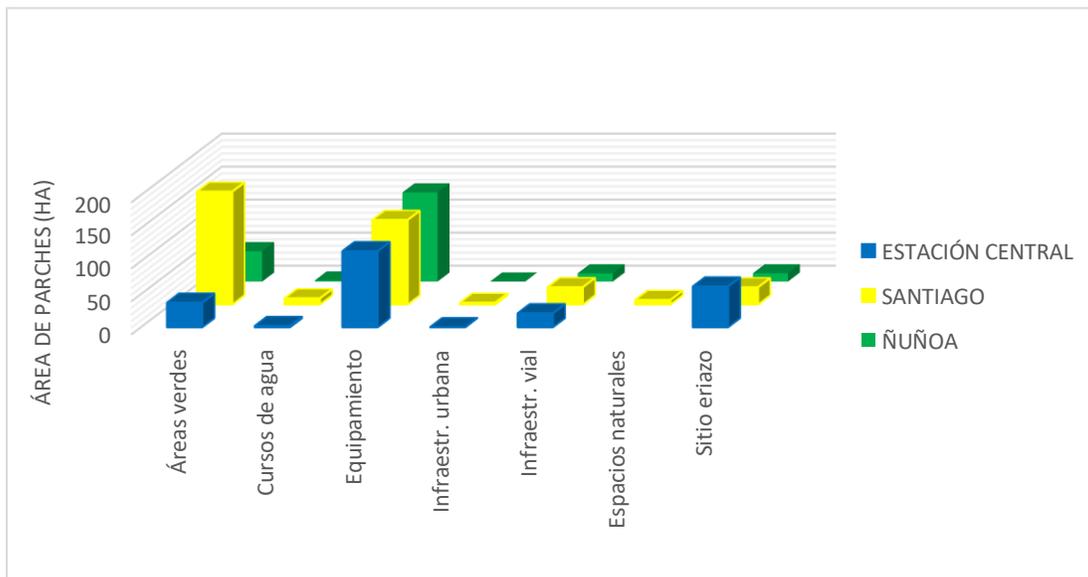
Fuente. Elaboración propia.

### 5.2.3. ÁREA DE PARCHES

En cuanto al área de parches, ésta se representa en hectáreas. En su totalidad se contabilizan 814,69 hectáreas, de las cuales un 45% corresponde a parches localizados en la comuna de Santiago, un 29% a áreas en Estación Central, y finalmente un 26% a Ñuñoa (Figura 29).

A modo general, la tipología que predomina notoriamente para las tres comunas de estudio es aquella asociada a equipamiento, si bien ésta se desagrega en variados subtipos, la superficie evidenciada supera las 100 ha para cada caso. Otro aspecto a recalcar, es el caso de áreas verdes, específicamente, en la comuna de Santiago que rodea las 170 ha, mientras que Ñuñoa y Estación Central presentan una superficie bastante menor; éstas dos comunas en su conjunto, no alcanzan a superar la mitad del área abarcada por Santiago.

Figura 29. Área de parches frente a infraestructura verde.



Fuente. Elaboración propia.

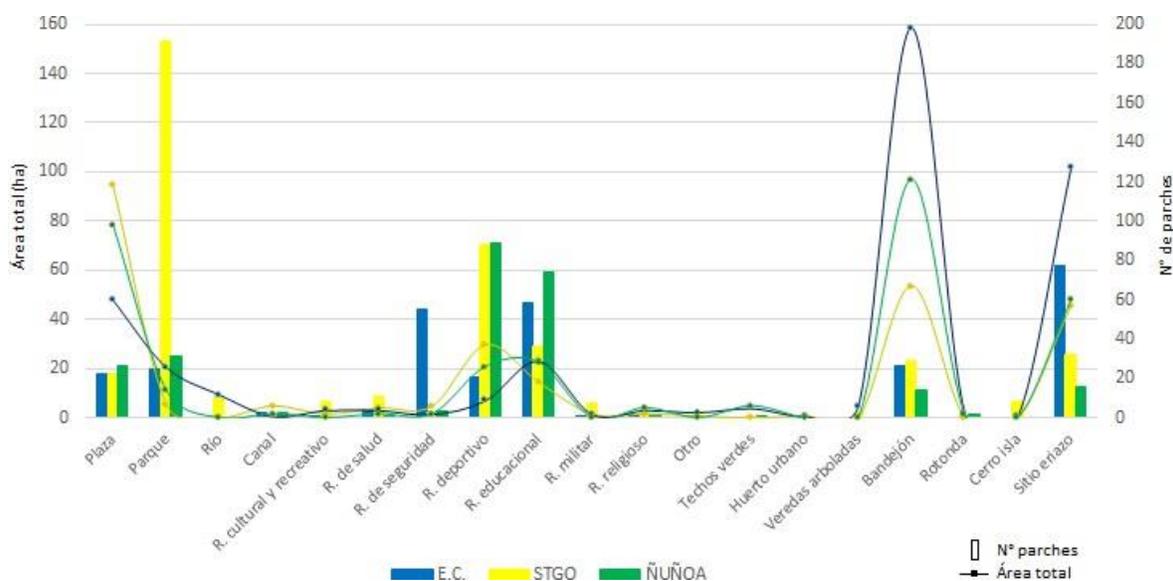
Al entrar de lleno en la caracterización de cada comuna, se tiene a Estación Central como primer caso. Se evidencia inmediatamente la predominancia de espacios verdes asociados a equipamiento como aquella superficie con mayor cantidad de hectáreas, donde los recintos educativos y recintos de seguridad destacan por sobre las 40 ha. En el primero de éstos, las universidades contabilizan un 74% de extensión, siendo la Universidad de Santiago de Chile (USACH) uno de los principales recintos evidenciados en la comuna. Respecto a los recintos de seguridad, aquel con mayor presencia corresponde a sitios correspondientes a la escuela de caballería y distintos equipamientos asociados a carabineros en el sector norte de la comuna centralina.

Asimismo, las áreas potenciales o sitios eriazos, comprenden aproximadamente 62 ha siendo parte importante de la infraestructura verde considerada en Estación Central. Posteriormente, en orden jerárquico se encuentran las áreas verdes que poseen sólo un

16% de presencia, de éstos un 52% se vincula a parques, y el restante 48% a plazas. Por tanto, al contrastar con la cantidad de parches, se destaca que aunque existe gran cantidad de plazas, éstas poseen una extensión bastante pequeña, mientras que por el contrario, la baja cantidad de parques presentan superficies algo mayores, similares a las plazas (Figura 30).

En cuanto a infraestructura vial, resulta importante mencionar que al contrarrestar la información asociada a número y área total de parches, se distingue una alta cantidad de bandejones con poca superficie total. Por lo demás, tanto cursos de agua, como infraestructura urbana denotan cifras muy por debajo de los datos anteriormente analizados, por tanto no resulta necesario recaer en ellos.

Figura 30. Número de parches versus área total de entidades.



Fuente. Elaboración propia.

Santiago por su parte, presenta el área más extensa vinculada a infraestructura verde dentro de la investigación vinculada a áreas verdes alcanzando las 170 ha, de las cuales un 90% corresponde a parques y sólo un 10% a plazas. Ello se explica por los diversos parques establecidos dentro de la comuna, donde se encuentran Parque O'Higgins, Parque Quinta Normal, Parque de Los Reyes y Parque Forestal por mencionar sólo algunos. No obstante, respecto la cantidad de parches de esta subtipología, se evidencian cifras que bordean los 30 parches, indicando en particular la presencia de vastos parques tales como O'Higgins y Quinta Normal de grandes áreas con alrededor de 40 ha, versus otros de menor superficie como San Borja, de Los Reyes, Forestal y Almagro de hasta 4 ha por parche identificado.

Otra de las tipologías a destacar corresponde a aquella asociada a equipamiento, específicamente en cuanto a recintos deportivos. Si bien se denotan pocos parches, la presencia del Club Hípico resalta en un 97% de la totalidad de los recintos de deporte.

El resto de las tipologías evidenciadas denota superficies hasta 4 veces por debajo de las anteriores mencionadas, por tanto, adentrarse en ellas no reporta mayor información. No obstante, cabe destacar la ocurrencia del mismo fenómeno presenciado en Estación Central en cuanto al subtipo bandejón, donde se identifican gran cantidad de parches, pero de una superficie total bastante baja. Dicha situación también se presenta respecto a los sitios eriazos.

Finalmente, en cuanto a la comuna Ñuñoa se tienen cifras más bien bajas, exceptuando el caso de equipamiento con 135 ha en su conjunto, donde los recintos deportivos y educacionales predominan. El caso del primero de estos recintos se explica debido a la localización del Estadio Nacional, principal reducto deportivo del país, que abarca un 92% de la superficie total de la categoría. En cuanto al área educacional un 65% corresponde a universidades, siendo la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación (UTEM) y la Universidad de Chile (UCH) campus Juan Gómez Millas, las más extensas de la comuna, y un 25% a colegios.

Nuevamente se repite la tendencia respecto a número de parches versus área total de parches reconocido en las comunas de Estación Central y Santiago para el caso de bandejón y sitios eriazos, pero a un menor nivel.

#### 5.2.4. TAMAÑO PROMEDIO DE PARCHES

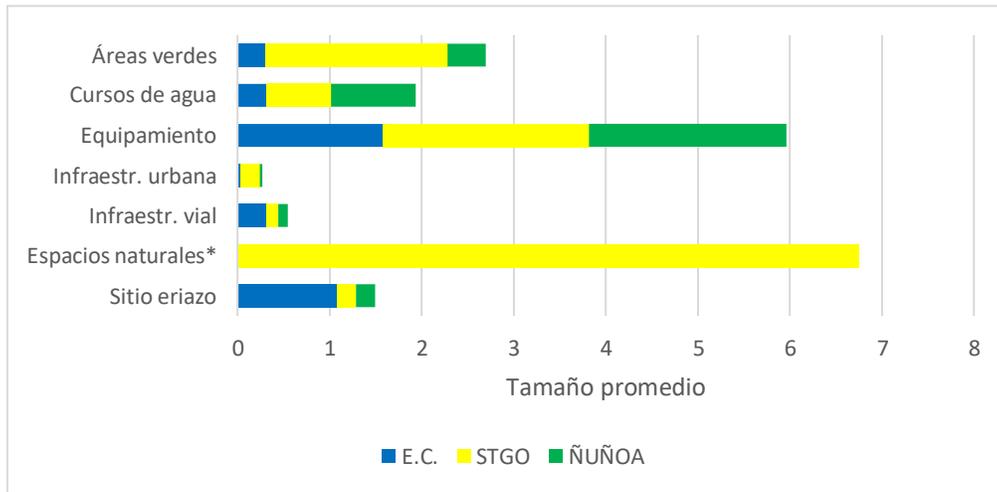
Estrechamente relacionado con la métrica anterior, se tiene al tamaño promedio de parches. A grandes rasgos se distinguen tipologías con parches más bien pequeños, en su mayoría entre las 0,2 y 0,9 hectáreas, y luego entre 1 y 2,2 hectáreas. El caso excepcional corresponde a la tipología de espacios naturales ya que éste sólo se interpreta bajo un parche en el caso de Santiago, por ende la media no es representativa para esta situación (Figura 31).

En particular, la tipología asociada a equipamiento es aquella que posee los mayores valores promedio para las tres comunas de estudio; como también áreas verdes para el caso de Santiago, y sitios eriazos en el caso de Estación Central.

Referido a la especificidad de cada subtipología, se expone en la siguiente Figura 32, un gráfico de caja y bigote, el cual representa el 95% de los datos para cada tipo de infraestructura verde, dejando de lado valores extremos que únicamente se observan en un sólo parche para cada una de éstas. Asimismo, se agrega el dato de tamaño promedio, evidenciando su relación con el grueso de los datos obtenidos.

De esta manera, se observa que en la gran mayoría de los casos, la métrica se sitúa dentro del rango de valores predominantes. Casos excepcionales corresponden a Santiago en cuanto a parques y recintos deportivos, y en Ñuñoa para recintos deportivos. Ello se explica puesto que en su mayoría los parches correspondientes a dichas tipologías son de tamaños pequeños, no obstante, se cuenta un parche de gran extensión; por ejemplo Parque O'Higgins y Quinta normal, y Club Hípico respectivamente para Santiago, y Estadio Nacional en el caso de Ñuñoa.

Figura 31. Tamaño promedio de parches para cada comuna según tipología.

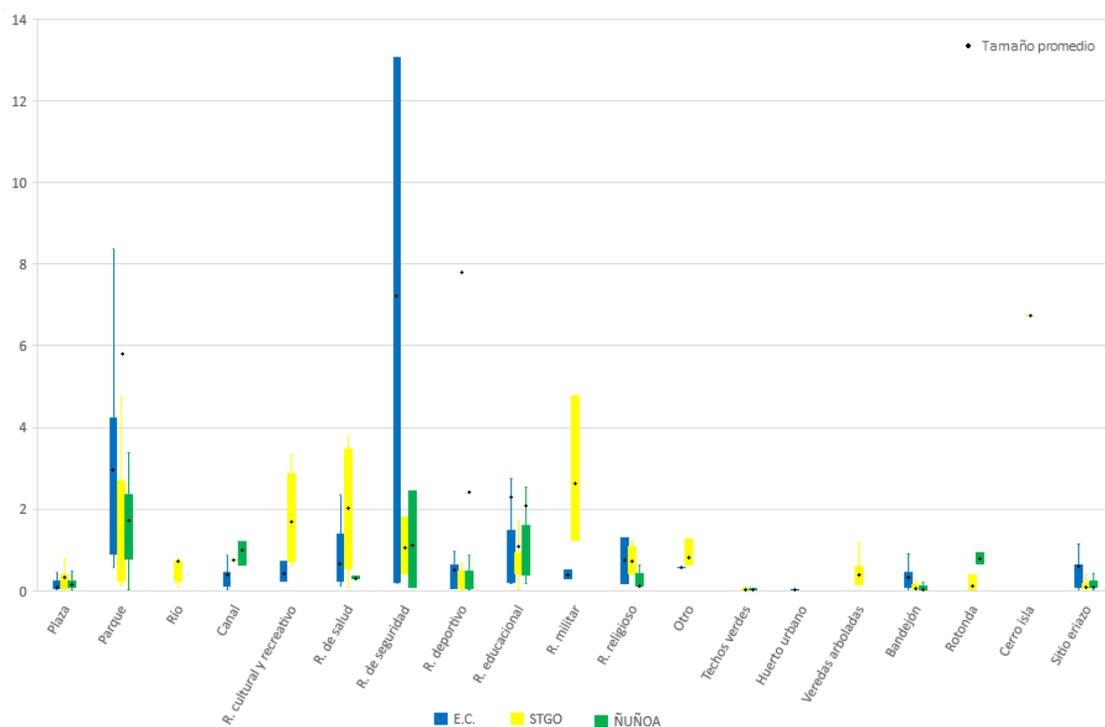


Fuente. Elaboración propia.

Se tiene entonces, que aquellos parches de tamaño promedio superior rondan las 7 a 8 hectáreas, y por ende se encuentran más alejados del resto de los datos. En otras palabras, los recintos de seguridad en Estación central y los recintos deportivos en Santiago poseen una media superior al grueso de las demás subtipologías.

En general destacan cifras bajas que no superan la hectárea como media, ello para todas las comunas, como también para todas las subtipologías. Por lo que se desprende, que, a pesar de contabilizar vastas áreas de extensión total, al adentrarse a cada subtipología y clasificación, en su mayoría los parches poseen tamaños más bien pequeños.

Figura 32. Tamaño promedio en relación a subtipologías.



Fuente. Elaboración propia.

### 5.2.5. DENSIDAD DE PARCHES

Esta métrica se relaciona directamente con la aquella ligada a número de parches. Por lo que, en ámbitos generales, cada comuna presenta como sumatoria total 22 parches por cada 100 ha, siendo una cifra baja en relación a los más de 1000 parches identificados, sin embargo esto no es de extrañar puesto que se trata de un estudio a escala local. Por lo demás, al adentrarse a la realidad de cada comuna, se identifican variaciones en la densidad observada para cada tipología en particular.

Cabe destacar que los valores obtenidos corresponden a cifras redondeadas, razón por la cual cifras pequeñas se aproximan a 0, lo que indica presencia de esta tipología, pero en un valor muy bajo. Esto difiere de las tipologías en las que no se presentan dígitos, ya que simplemente no hay presencia de éstas en la comuna correspondiente.

De esta manera, espacios verdes asociados a infraestructura vial y áreas verdes, son aquellas tipologías que presentan una mayor densidad para cada comuna, es decir presentan una mayor cantidad de parches de dicha tipología cada 100 hectáreas. Lo siguen tipos de infraestructura verde clasificadas como sitios eriazos y equipamiento (Tabla 5). Como se menciona con anterioridad, estos datos se vinculan estrechamente a la cantidad de parches de cada tipología, y su presencia dentro de áreas de 100 ha. Coincidentemente, estas mismas tipologías son las preponderantes en relación a la métrica de número de parches analizada anteriormente.

Tabla 5. Densidad de parches por comunas.

<b>TIPO</b>	<b>E. CENTRAL</b>	<b>SANTIAGO</b>	<b>ÑUÑO A</b>
ÁREAS VERDES	8	4	7
ESP. VERDE ASOCIADO A CURSOS DE AGUA	0	1	0
ESP. VERDE ASOCIADO A EQUIPAMIENTO	5	2	4
ESP. VERDE ASOCIADO A INFRAESTR. URBANA	0	1	0
ESP. VERDE ASOCIADO A INFRAESTR. VIAL	4	9	7
ESPACIOS NATURALES		0	
SITIO ERIAZO	4	6	4

*Fuente. Elaboración propia.*

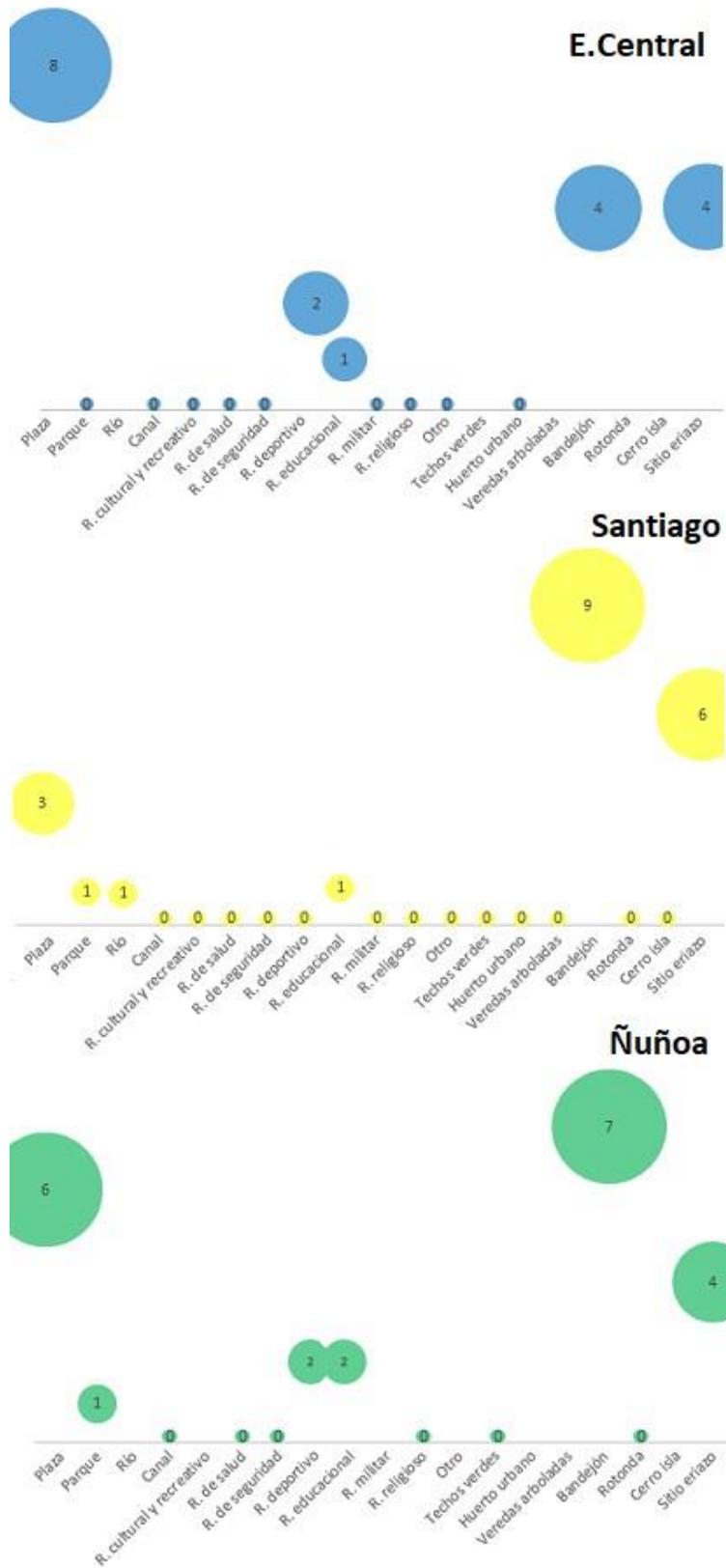
A modo de comprender visualmente lo que se explica, se expone la siguiente Figura 33 en la cual se representan la cantidad de parches situados por cada comuna para 100 hectáreas para aquel determinado espacio. En otras palabras, se representan la densidad de parches en referencia a la subtipología de infraestructura verde que se encuentran cada 100 hectáreas por comuna de estudio.

De esta manera, se evidencia que en el caso de Estación central, son las plazas las que poseen una densidad predominante por sobre el resto de los parches comunales. Por debajo de encuentran los bandejones y sitios eriazos con una presencia de 4 parches por cada 100 hectáreas. En cuanto a equipamiento, se evidencian 2 parches de recintos deportivos, específicamente canchas y 1 de recinto educacional. Así el resto de las subtipologías presentan cifras muy bajas cercanas a 0 por ende no poseen mayor representación.

Santiago por su parte presenta una predominancia de espacios verdes asociados a infraestructura vial, específicamente en cuanto a bandejones, en el cual se evidencian 9 parches. Las cifras relacionadas a sitios eriazos también presentan alrededor de 6 parches cada 100 ha. En cuanto a áreas verdes, éstas se desagregan en 3 parches asociados a plazas y sólo 1 cada 100 ha para parque, río y recintos educacionales.

En cambio, la comuna ñuñoína es aquella que denota mayor oscilación en sus valores. Ello puesto que presenta su cifra mayor asociada a bandejones, al igual que las otras dos comunas recién analizadas. Lo sigue muy de cerca los parches vinculados a las plazas con 6 parches. Posteriormente, se encuentran los sitios eriazos, de gran notoriedad para el área de estudio con 4 parches. Seguido de recintos deportivos y educacionales con 2 parches, para finalmente encontrar la subtipología parque.

Figura 33. Representación de densidad de parches por subtipología.



Fuente. Elaboración propia.

#### 5.2.6. DISTANCIA PROMEDIO ENTRE PARCHES

La última métrica a tener en consideración comprende la distancia promedio en metros que se alcanza entre parches de la misma tipología para cada comuna de estudio. Cabe destacar que al tratarse de comunas de superficies pequeñas, las cifras obtenidas se reflejan en la misma escala, por lo que no es de extrañar que surjan valores pequeños.

En una primera aproximación, se identifica que la tipología que presenta mayores distancias entre sí corresponde a aquella de asociada a infraestructura urbana tanto para el caso de Santiago como de Ñuñoa (Tabla 6).

El grueso de los datos se sitúa entre los 100 a 200 metros de distancia. Siendo sólo los espacios verdes asociados a infraestructura vial, los que se localizan más cercanos unos de otros para las tres comunas. Caso aparte son los cursos de agua para Estación Central y Ñuñoa, los cuales presentan cifras de 10 metros, ello se explica debido a la continuidad que presentan los ríos y canales.

A modo de obtener una visión más individualizada de la métrica en cuestión, se debe entender la equivalencia respecto a la distancia establecida. Es decir, 100 metros equivalen a una distancia de una cuadra, mientras que 500 metros a cinco cuadras, y así sucesivamente. Cabe mencionar que dentro de los datos referidos a subtipologías se evidencian mayores cifras referidas a distancia promedio, teniendo un máximo de aproximadamente 2700 metros, equivalentes a 27 cuadras, lo cual es una distancia bastante alta si se considera un recorrido a pie.

En este sentido, se expone la Figura 34 en la cual se visualiza una concentración de cifras bajas en relación a distancia promedio, es decir, no superior a las 5 cuadras para el caso de las tres comunas de estudio. Asimismo, dichos datos de distancia promedio se contraponen con los de número o cantidad de parches denotando que en un primer rango de distancias bajas, se encuentra un conglomerado de parches que no superan los las 40 unidades, con presencia de parques, recintos educacionales, recintos deportivos y cursos de aguas. Posteriormente se observa otra pequeña agrupación alrededor de los 60 parches que contempla sitios eriazos y bandejones, siendo Ñuñoa la principal comuna situada en estos valores. Finalmente, otra concentración más pequeña aún, se sitúa cerca de los 120 parches, donde al igual que la concentración anterior, denota plazas, bandejones y sitios eriazos para Estación Central, Ñuñoa y Santiago respectivamente. El único valor que se escapa y por lo tanto se considera atípico corresponde a los bandejones de la comuna de Santiago, los cuales se presentan en una distancia baja, pero con una cifra muy alta de aproximadamente 200 parches.

Tabla 6. Distancia promedio de parches por tipología.

<b>TIPO</b>	<b>E. CENTRAL</b>	<b>SANTIAGO</b>	<b>ÑUÑO A</b>
ÁREAS VERDES	85	146	110
ESP. VERDE ASOCIADO A CURSOS DE AGUA	10	421	9
ESP. VERDE ASOCIADO A EQUIPAMIENTO	117	172	140
ESP. VERDE ASOCIADO A INFRAESTR. URBANA	-	340	598
ESP. VERDE ASOCIADO A INFRAESTR. VIAL	35	26	45
ESPACIOS NATURALES		-	
SITIO ERIAZO	141	145	168

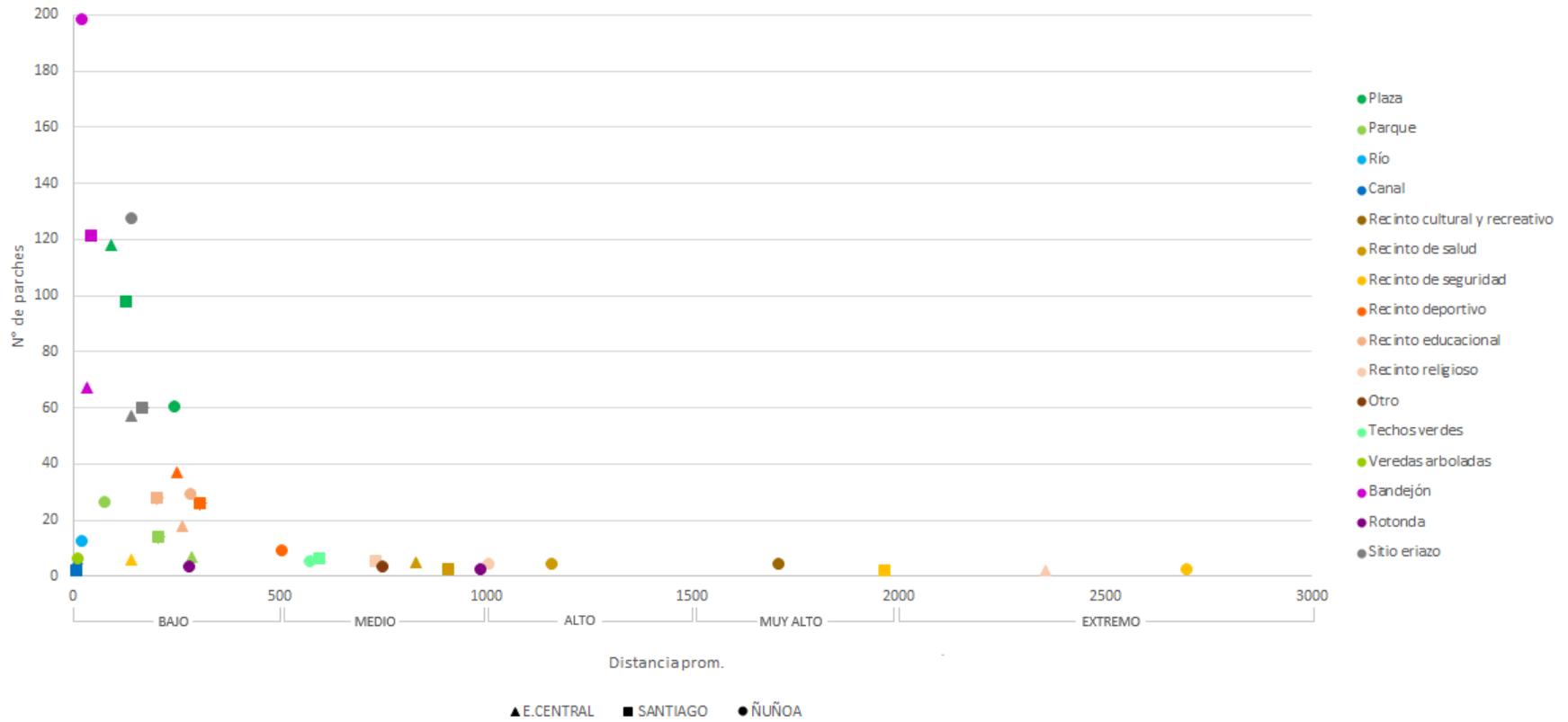
*Fuente. Elaboración propia.*

Por otra parte, en el rango catalogado como medio, se observa una menor cantidad de parches presentes, siendo Ñuñoa la que posee sólo un ítem para este rango, mientras que Estación Central y Santiago presentan igual cantidad de ítems, asociados principalmente a techos verdes y recintos de salud con distancias entre las 5 a 10 cuadras como media.

Así se evidencia que a mayor distancia, menor cantidad de subtipologías y menor cantidad de parches, donde no se superan los 10 parches, donde principalmente se destaca a Santiago como comuna más presente. Dentro del rango alto a muy alto, se observa infraestructura verde asociada a rotonda, recinto religioso, recinto de salud y recinto cultural y recreativo para la comuna santiaguina.

Como valores extremos, considerando más de 20 cuadras como promedio, se tienen sólo dos ítems: recinto religioso para Ñuñoa, y recinto de seguridad para Santiago, ambos con tan sólo 2 parches.

Figura 34. Distancia promedio en relación a cantidad de parches.



Fuente. Elaboración propia.

### 5.3. ANÁLISIS DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

En lo que respecta a los servicios ecosistémicos potenciales provistos por la infraestructura verde a escala local, se logra distinguir, de manera general, la predominancia de ciertos tipos de SSEE por sobre otros. Así, se distingue una mayor presencia de servicios ecosistémicos culturales por sobre servicios ecosistémicos de provisión (ver Anexo 9.3). De este modo, se cifran en 70 los servicios ecosistémicos culturales potencialmente provistos por la infraestructura verde a escala local, 25 servicios ecosistémicos de regulación, y sólo 8 servicios ecosistémicos de provisión.

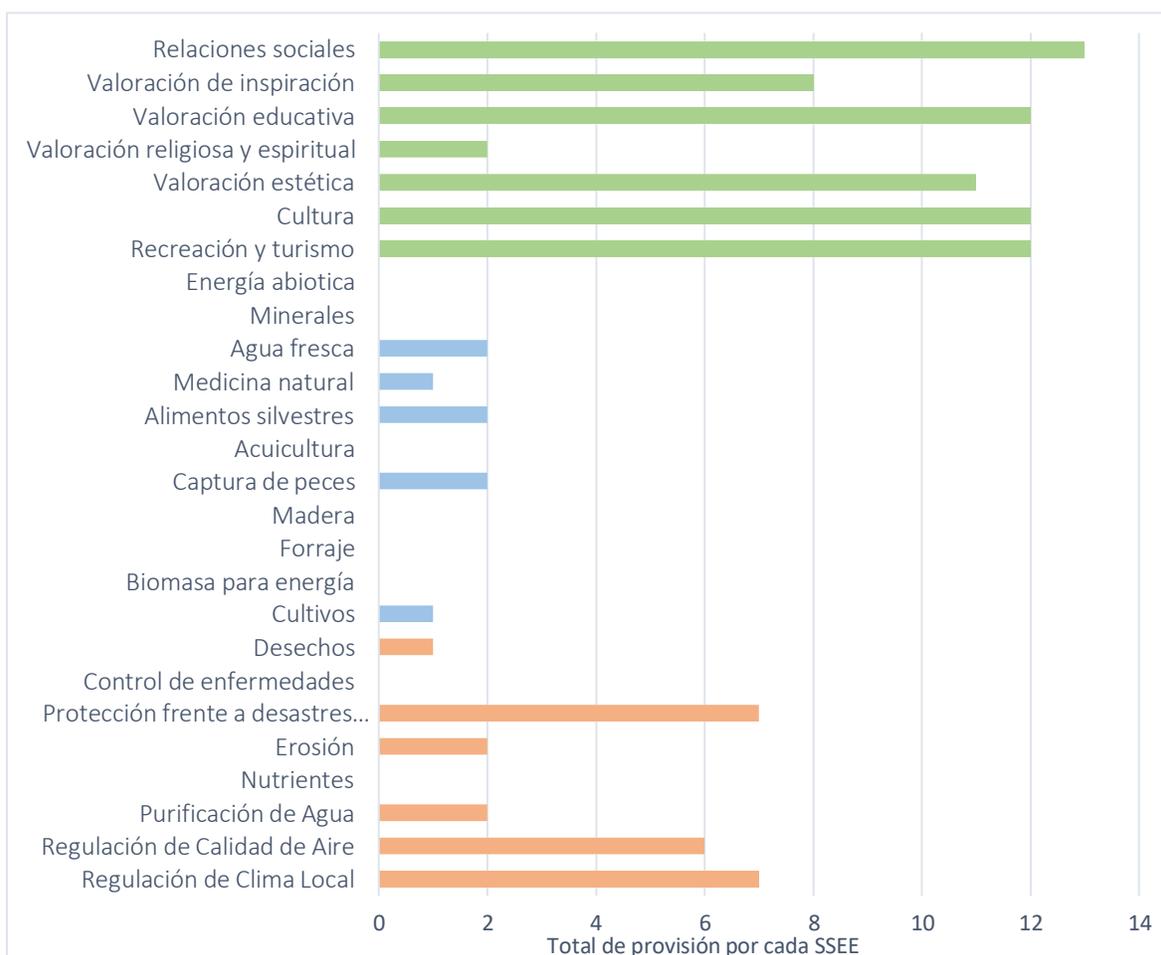
Al entrar en el detalle de cada servicio ecosistémico, se determina que aquel SSEE provisto por una mayor cantidad de tipologías de IV corresponde a relaciones sociales (13), seguido de valoración educativa, cultura y recreación y turismo (12), y valoración estética (11), donde, tal y como se señala anteriormente, todos estos SSEE caben en la categoría de SSEE culturales. Por el contrario, aquellos SSEE que presentan una menor provisión por tipología de infraestructura verde corresponden a medicina natural, cultivos y desechos (1), donde los dos primeros corresponden a SSEE de provisión, mientras que el último a servicios de regulación. Se menciona igualmente, que tanto, energía abiótica, minerales, acuicultura, madera, forraje, biomasa para energía, control de enfermedades y nutrientes, es decir 8 de 26 servicios, no pueden ser potencialmente provistos por la infraestructura verde estudiada (Figura 36).

Figura 35. Matriz de estandarización binaria de servicios ecosistémicos potenciales.

		SSE de Regulación									SSE de Provisión									SSE Culturales											
		Regulación de Clima Local	Regulación de Calidad de Aire	Purificación de Agua	Nutrientes	Erosión	Protección frente a desastres naturales	Control de enfermedades	Desechos	Σ	Cultivos	Biomasa para energía	Forraje	Madera	Captura de peces	Acuicultura	Alimentos silvestres	Medicina natural	Agua fresca	Minerales	Energía abiótica	Σ	Recreación y turismo	Cultura	Valoración estética	Valoración religiosa y espiritual	Valoración educativa	Valoración de inspiración	Relaciones sociales	Σ	
Infraestructura vial	Bandejón	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	3
	Rotonda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Infraestructura urbana	Veredas arboladas	1	1	0	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	5
	Techos verdes	1	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	3
	Huertos urbanos	1	1	0	0	1	1	0	0	4	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	3	1	1	1	0	1	0	1	5
Equipamiento	Recinto deportivo	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	4
	Recinto militar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Recinto de salud	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2
	Recinto de seguridad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	Recinto educacional	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	5
	Recinto religioso	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	5
	Recinto cultural y recreativo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	6
	Otros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Área verde	Plaza	1	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	5
	Parque	1	1	0	0	1	1	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	7
Cursos de agua	Río	0	0	1	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2	2	1	1	1	0	1	1	1	6
	Canal	0	0	1	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2	2	1	1	1	0	1	1	0	5
Esp. Nat.	Cerros islas	1	1	0	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	6
Sitios eriazos	Sitios eriazos	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>		7	6	2	0	2	7	0	1	25	1	0	0	0	2	0	2	1	2	0	0	25	12	12	11	2	12	8	13	25	

Fuente. Elaboración propia.

Figura 36. Capacidad total de provisión de cada SSEE.

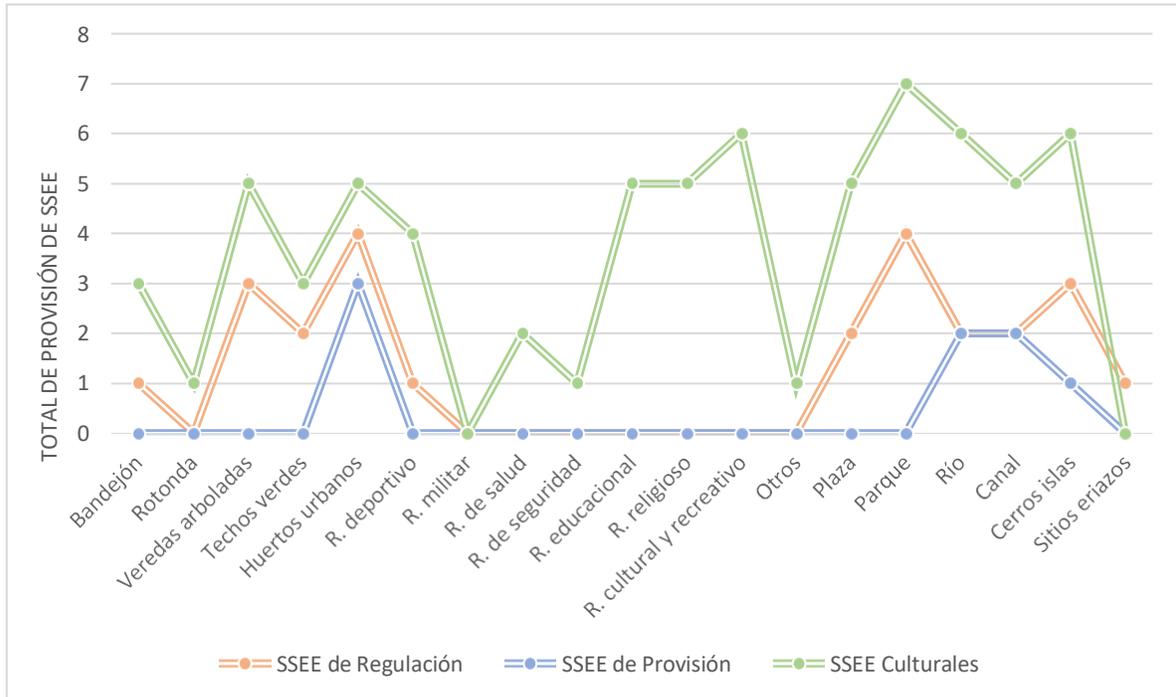


Fuente. Elaboración propia.

En la siguiente Figura 37, se observan cuatro subtipos de infraestructura verde que presentan el mayor número de servicios ecosistémicos potencialmente provistos. Éstos corresponden a: huerto urbano (12), parque (11), río (10) y cerro isla (10); donde se desprende que todas estas subtipologías corresponden áreas de carácter más bien natural.

Por el contrario, aquella IV con menor provisión de servicios ecosistémicos se presenta entorno a recintos de salud (2), recintos de seguridad (1), sitios eriazos (1) y rotondas (1); destacando la infraestructura verde de carácter semi-natural principalmente, es decir, aquella IV que ha sido reacondicionada para subsanar y brindar más áreas verdes en el lugar.

Figura 37. Servicios ecosistémicos potenciales provistos por subtipología de infraestructura verde.



Fuente. Elaboración propia.

Ahondando en los datos obtenidos, no todas las subtipologías de infraestructura verde proveen de igual forma sus SSEE, ello debido al carácter multifuncional de éstos. Por tanto, se distinguen diferencias respecto a los grupos de servicios ecosistémicos potenciales, denotando que para cierta tipología de IV se provee determinado grupo de servicios ecosistémicos (Tabla 7).

Por ejemplo, del total de subtipologías de infraestructura verde, un 42% provee un solo grupo de SSEE. Gran cantidad de IV ligada a equipamiento cabe dentro de esta categorización, puesto que recintos de salud, seguridad, educacional, religioso, cultura y recreativo y otro, como también rotonda sólo proveen servicios culturales, mientras que sitios eriazos, sólo servicios de regulación.

Un 32% provee dos grupos de SSEE que corresponden a de regulación y cultural. Ésta categoría comprende los subtipos de bandejón, veredas arboladas, techos verdes, recintos deportivos, plaza y parque. Mientras que un 21% provee los tres grupos de servicios ecosistémicos: de regulación, de provisión y culturales. La infraestructura aquí presente corresponde a huertos urbanos, río, canal y cerros islas.

Finalmente, la excepción se presenta para el 5% en que no existe provisión de servicios ecosistémicos, que corresponde a la subtipología recinto militar.

Tabla 7. Infraestructura verde agrupada por grupos de servicios ecosistémicos potenciales.

		<b>Servicios Ecosistémicos</b>			
		<b>REGULACIÓN</b>	<b>PROVISIÓN</b>	<b>CULTURAL</b>	
Infraestructura vial	Bandejón	X		X	(2)
	Rotonda			X	(1)
Infraestructura urbana	Veredas arboladas	X		X	(2)
	Techos verdes	X		X	(2)
	Huertos urbanos	X	X	X	(3)
Equipamiento	R. deportivo	X		X	(2)
	R. militar				
	R. de salud			X	(1)
	R. de seguridad			X	(1)
	R. educacional			X	(1)
	R. religioso			X	(1)
	R. cultural y recreativo			X	(1)
Otros			X	(1)	
Área verde	Plaza	X		X	(2)
	Parque	X		X	(2)
Cursos de agua	Río	X	X	X	(3)
	Canal	X	X	X	(3)
Esp. Nat.	Cerros islas	X	X	X	(3)
Sitio eriazos	Sitios eriazos	X			(1)

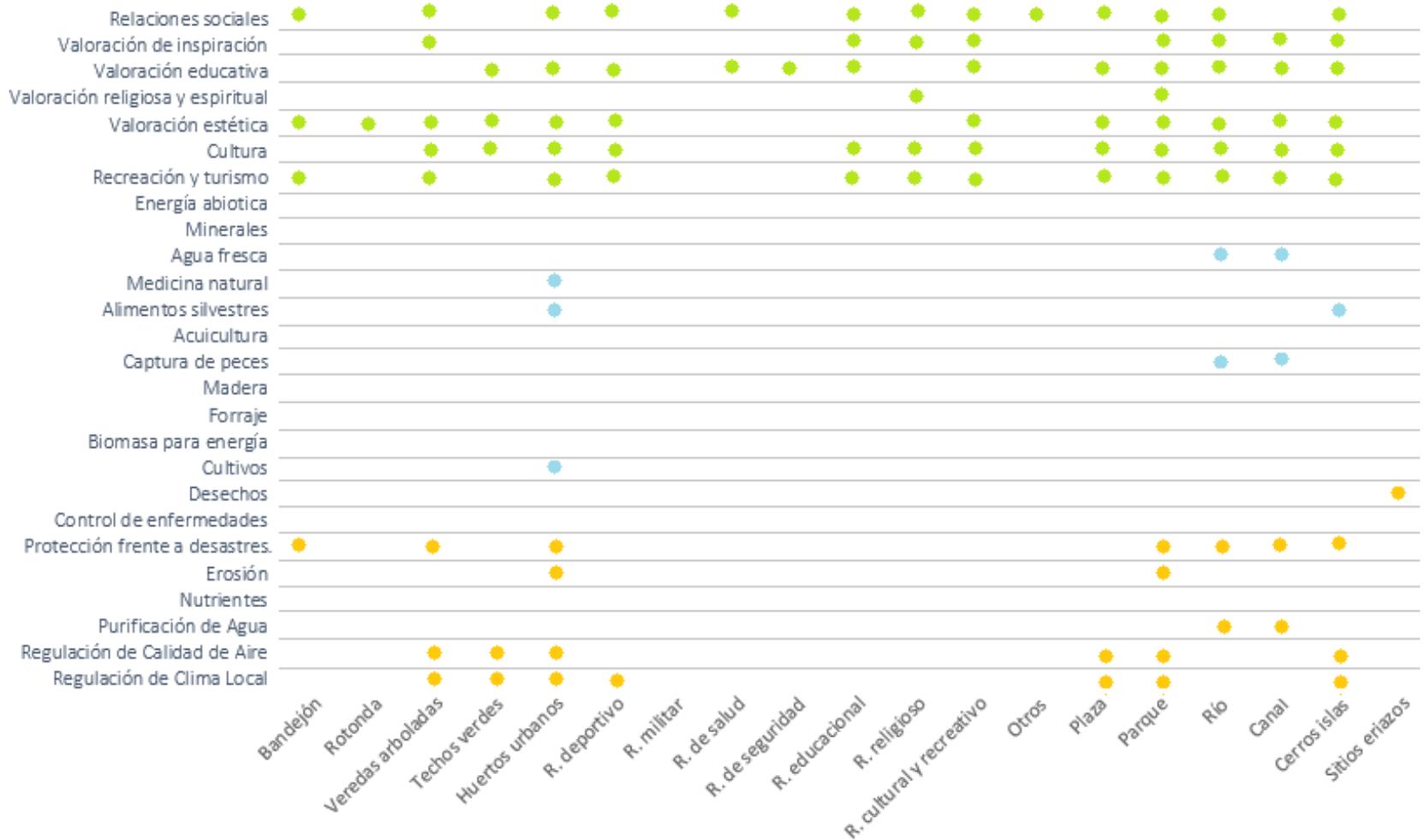
Fuente. Elaboración propia.

De aquella infraestructura verde a nivel de subtipo, se distingue que los servicios ecosistémicos culturales proveen mayor capacidad, seguido de aquellos de regulación, y finalmente de provisión. Respecto a los primeros, éstos se observan como ampliamente predominantes para IV, puesto que de las 19 subtipologías, 17 proveen servicios ecosistémicos potenciales de carácter cultural.

Se denota entonces, una provisión alta de servicios ecosistémicos culturales a escala local, por sobre aquellos que brindan servicios de provisión donde sólo se denotan para 4 subtipologías de IV.

Al desagregar esta información (Figura 38), se logra observar que los parques tienen el potencial de proveer un 100% de los SSEE culturales y un 50% de los servicios de regulación. Por su parte, los cerros islas (6) servicios ecosistémicos culturales de los 7 estudiados, al igual que la IV de río y recinto cultural y recreativo. No obstante, se identifican diferencias, en torno al resto de los SSEE; por ejemplo, se denotan (3) SSEE de regulación y (1) de provisión para el mismo subtipo; mientras que el río (2) SSEE para regulación y provisión. Asimismo, se contempla que sólo los recintos militares y sitios eriazos no proveen servicios ecosistémicos culturales.

Figura 38. Servicios ecosistémicos potenciales para cada subtipología de infraestructura verde.



Fuente. Elaboración propia.

Tanto para los casos de regulación y provisión, ningún subtipo de infraestructura verde posee un 100% de provisión por parte de éstos. En el caso de los SSEE de regulación, se alcanza un máximo de 50% de provisión para los casos de huertos urbanos (4) y parque (4). Mientras que, rotonda, recinto militar, de salud, de seguridad, educacional, religioso, cultural y recreativo y otro, no proveen servicios ecosistémicos de regulación.

En el segundo caso, los servicios ecosistémicos de provisión denotan un máximo de 27% de capacidad de brindar dicho servicio en el caso de la subtipología de huertos urbanos (3), seguido de río (2), canal (2) y cerro isla (1). En este apartado se logra identificar la baja y casi nula capacidad de IV de brindar servicios ecosistémicos de provisión, ya que solamente se provee SSEE para cuatro de los 19 subtipos de infraestructura verde.

Evidenciada ya la presencia y ausencia, además de la capacidad de brindar sus respectivos servicios ecosistémicos consistentes a cada subtipo de infraestructura verde, es que, a modo de establecer relaciones, se presenta la siguiente Tabla 8. En ésta se visualiza el número y área total de parches relacionados con cada subtipo. Cabe destacar que, debido a la multifuncionalidad de la infraestructura verde, resulta posible que una categoría de éstas provea más de un solo grupo de servicios ecosistémicos. Por tanto la misma cifra correspondiente a área total se repite para más de un grupo de SSEE, por ejemplo en el caso de bandejón, se observa la misma área para servicios de regulación y servicios culturales.

De ello se desprende que los servicios ecosistémicos de regulación y cultural presentan una mayor provisión para la subtipología parque en cuanto al área que éstos abarcan, cercanos a las 200 ha en su totalidad; donde la gran parte se localiza en la comuna de Santiago (153 hectáreas).

Otra subtipología importante a destacar corresponde a aquella de equipamiento, específicamente en cuanto a recintos deportivos que proveen servicios de regulación y cultural asociados a 158 ha, siendo tanto Ñuñoa como Santiago las comunas con mayor área y por ende, provisión de dichos SSEE. En el caso de los recintos educacionales, sólo se identifica la provisión de servicios ecosistémicos culturales para aproximadamente 134 hectáreas, distribuidas entre Ñuñoa (59 ha), Estación Central (47 ha) y Santiago (29 ha).

Por su parte, los sitios eriazos abarcan una extensión de 100 hectáreas asociadas a la provisión de SSEE de regulación, específicamente correspondiente a desechos, localizados principalmente en la comuna de Estación Central (62 ha).

Contrariamente, aquellas áreas que brindan baja capacidad de servicios ecosistémicos corresponden a la infraestructura urbana debido a su menor tamaño. Tanto huertos urbanos (0,03 ha) como techos verdes (0,34 ha) y veredas arboladas (2,37 ha) proveen muy bajos servicios de regulación, de provisión y cultural.

Respecto del número de parches, éstos se concentran para los casos de bandejoneros (386), plazas (276) y sitios eriazos (244) donde únicamente, el último de éstos coincide con áreas de remarcable tamaño.

Tabla 8. Relación de métricas de infraestructura verde asociadas a sus servicios ecosistémicos potenciales.

		ESTACIÓN CENTRAL			SANTIAGO			ÑUÑO A					
		Nº	Área total (ha)			Nº	Área total (ha)			Nº	Área total (ha)		
			Regulación	Provisión	Cultural		Regulación	Provisión	Cultural		Regulación	Provisión	Cultural
Infraestructura verde	Bandejón	67	21,12		21,12	198	23,02		23,02	121	10,98		10,98
	Rotonda					3			0,73	2			1,60
Infraestructura urbana	Vereda arbolada					6	2,37		2,37				
	Techos verdes					5	0,16		0,16	6	0,19		0,19
	Huerto urbano	1	0,03	0,03	0,03	1	0,003	0,003	0,003				
Equipamiento	Recinto deportivo	37	16,79		16,79	9	70,20		70,20	26	71,38		71,38
	Recinto militar	2			0,82	2			6,00				
	Recinto de salud	5			3,62	4			8,35	2			0,64
	Recinto de seguridad	6			44,34	2			2,23	2			2,54
	Recinto educacional	18			46,60	29			28,99	27			58,85
	Recinto religioso	2			1,47	4			2,81	5			1,17
	Recinto cultural y recreativo	2			0,96	4			6,38				
	Otro	1			0,56	3			2,94				
Áreas verdes	Plaza	118	17,70		17,70	60	17,90		17,90	98	21,31		21,31
	Parque	7	19,51		19,51	26	152,89		152,89	14	24,80		24,80
Cuerpos de agua	Rio					12	8,43	8,43	8,43				
	Canal	6	1,89	1,89	1,89	1	0,76	0,76	0,76	2	1,85	1,85	1,85
Sitios verdes	Cerro isla					1	6,75	6,75	6,75				
	Sitio eriazo	57	61,78			127	25,90			60	12,59		
	<b>TOTAL</b>	<b>329</b>	<b>138,82</b>	<b>1,92</b>	<b>175,41</b>	<b>497</b>	<b>308,38</b>	<b>15,94</b>	<b>340,90</b>	<b>365</b>	<b>143,09</b>	<b>1,85</b>	<b>195,30</b>

Fuente. Elaboración propia.

## 6. DISCUSIONES

En base a los resultados obtenidos a lo largo del estudio realizado, se logran establecer ciertas características importantes a destacar a continuación.

La comuna de Santiago expone las mayores cifras respecto a número y área total de parches, lo cual se condice con ser la comuna con mayor superficie de las tres estudiadas. De igual manera, es importante recalcar que corresponde a la única de las comunas que presenta todas las subtipologías de infraestructura verde identificadas. Por el contrario, Estación Central concentra los datos más bajos; exponiendo pocos parches de pequeña superficie, salvo el caso particular de las plazas, en las que se observan un gran número (118), y sitios eriazos (62 ha). Asimismo, corresponde a la comuna con menor superficie de las tres.

Si bien en términos generales cuantitativos, las subtipologías establecidas no denotan métricas extremadamente diferentes, y se trata más bien de variaciones relativas al contexto en el que se desarrolla la infraestructura verde para cada comuna; sí resulta importante mencionar que este escenario puede replicarse en comunas que denoten una mayor brecha socioeconómica, y con escenarios de población y superficie mucho más dispares, donde sean aún más evidentes las diferenciaciones respecto a espacios verdes (De la Barrera et al, 2016; Dobbs et al., 2018).

Desde un punto de vista cualitativo, sí es posible observar escenarios dispares en cuanto a las comunas tratadas. Espacios verdes más abundantes, diversos en especies y vigorosos se localizan hacia el sector oriente de la capital; mientras que a medida que se desplaza hacia el área poniente, se pierde la abundancia y diversidad de especies arbóreas, como también se identifica infraestructura verde descuidada y seca. Lo recién planteado es posible apreciar en las siguientes Figuras 39, 40, 41 y 42; que ejemplifican cierta tipología específica de infraestructura verde para los tres contextos comunales plasmados de izquierda a derecha en sentido poniente a oriente respectivamente, es decir Estación Central, Santiago y Ñuñoa en el respectivo orden mencionado.

Figura 39. Infraestructura verde asociada a bandejón.



*Fuente. Elaboración propia.*

Figura 40. Infraestructura verde asociada a plaza.



Fuente. Elaboración propia y Google Maps (2019).

Figura 41. Infraestructura verde asociada a recinto educacional.



Fuente. Elaboración propia y Google Maps (2019).

Figura 42. Infraestructura verde asociada a parque.



Fuente. Google Maps (2019).

Por otra parte, se tiene que del total de subtipologías que se toman en cuenta para el estudio, las máximas cifras derivadas de las métricas aplicadas, rotan en torno a cuatro clasificaciones:

- Áreas verdes en su subtipo plazas.
- Equipamiento en su subtipo deportivo y educacional.
- Infraestructura vial en su subtipo bandejón.
- Sitio eriazo.

Por consiguiente, aquellas tipologías ligadas a infraestructura urbana, espacios naturales y cursos de agua no presentan datos relevantes. Esto debido al tamaño reducido de sus parches, como también a la baja presencia de éstas en el contexto de las comunas capitalinas.

Dentro de la categorización realizada, se identifica que los espacios verdes que priman en el área de estudio corresponden aquellos ligados a áreas semi-naturales y de infraestructura verde urbana, dejando en un lugar secundario a las áreas netamente naturales. Ello no es de extrañar debido a la escala utilizada, y se relaciona directamente

con la escala local, tal y como señala el CEA (2012) permite determinar la importancia de naturales, seminaturales y artificiales del paisaje que se establecen según el contexto espacial urbano.

Este punto coincide con los planteamientos propuestos por Satterthwaite (1993) quien indica que, a medida que se trabaja con escalas más pequeñas, la presencia de áreas verdes naturales disminuye considerablemente. Siendo así, una solución, la implementación de equipamiento y edificaciones que aprovechen de fomentar alternativas verdes. Lo que queda de manifiesto mediante la fuerte presencia de la clasificación denominada equipamiento que contempla todas aquellas edificaciones que prestan servicios a la población, y que presentan un alto porcentaje de espacios verdes en su área. Asimismo, esta idea es observada, al momento en que espacios netamente artificiales, propios de las ciudades, modifican su estructura base en pos de un mejoramiento y mayor presencia de espacios verdes, como es el caso de bandejones, rotondas, plazas y parques dentro de varias otras categorías, que aportan a la infraestructura verde.

Desde un punto de vista espacial, un aspecto a destacar que se advierte en las cartografías correspondientes a infraestructura verde realizadas, corresponde a la distinción de ciertas tendencias. Si bien al visualizar los parches identificados, existen algunos que destacan por sobre otros debido al área que éstos abarcan, se trata de pocos casos. Por ejemplo, sólo parques como entidad propia abarca el área más grande de todas las otras subtipologías (20%); mientras que la mayoría de las tipologías (70%) se concentra entre áreas de 50 a 10 hectáreas, y áreas menores a las 10 hectáreas sólo toman un 10% del total.

De igual manera, se logra distinguir una preponderancia de parches pertenecientes a una misma tipología situados bien distantes unos de otros, lo que se corrobora con la métrica de distancia promedio. En ésta, la mayoría de las subtipologías (60%) se localiza entre los 500 y 2000 metros; mientras que un 26% se presenta más alejado, es decir, sobre los 2000 metros en promedio y una muy pequeña fracción de infraestructura verde se encuentra muy cercana (2%), bajo los 100 metros de distancia, principalmente en parches asociados a bandejones, veredas arboladas, ríos y canales. Cabe destacar que estas últimas tipologías mencionadas corresponden a parches con mayor conexión entre ellos mismos, y con estructura particular caracterizada por angostas franjas que recorren extensas zonas del área estudiada, por lo que se trata de corredores identificados a una escala local, tanto naturales como los cursos de agua, como también semi-naturales o dentro de la categoría de infraestructura verde urbana en cuanto a bandejones y veredas arboladas.

En base a estos últimos parámetros mencionados, se distingue una potencial fragmentación en el ecosistema urbano a escala local. Principalmente debido a la abundante cantidad de parches de menor tamaño dispersos por las comunas de estudio, como también producto de la lejanía en la que se localizan parches de una misma tipología. Ello coincide con las ideas planteadas por diversos autores que exponen que, a menor escala, se presenta un menor tamaño de parches que indican la probabilidad de un alto grado de fragmentación (Gaston et al., 2005; Matteucci, 2008; Reyes-Paecke & Meza, 2011).

Relacionado a los servicios ecosistémicos potenciales vinculados a infraestructura verde obtenidos, se destaca la multifuncionalidad de éstos (Cantó, 2014), debido a la alta

capacidad de brindar diversos servicios ecosistémicos para el caso de huertos urbanos, parques, ríos y cerros islas, catalogados como áreas más bien naturales, frente a áreas semi-naturales que proveen menos SSEE. Este planteamiento a escala local, no es ajeno a la realidad estudiada a otros niveles escalares, como el regional o nacional, donde ocurren patrones similares. Estudios como los de Burkhard et al. (2009), Jacobs et al. (2009), Meza (2017) y Rojas (2016) demuestran que coberturas naturales poseen alta capacidad de proveer servicios ecosistémicos, mientras que coberturas semi-naturales y/o artificiales brindan una menor o nula provisión de servicios ecosistémicos.

A escala local, se distingue una alta capacidad de provisión que presentan principalmente los servicios ecosistémicos culturales (70), en desmedro de los SSEE de provisión, que brindan menos (8), y en algunos casos, nula provisión. La razón que justifica dicha tendencia, se asocia principalmente a los parches de menor tamaño encontrados que, además, evidencian aislamiento entre éstos; lo cual genera fragmentación de hábitats y pérdida de biodiversidad afectando directamente a los servicios de provisión, es decir, a los recursos naturales dispuestos en dichos espacios verdes. Bajo este último punto se destaca la nula provisión de biomasa para energía, forraje, madera, acuicultura y energía abiótica que resulta difícil brindar mediante gran cantidad de parches, en su mayoría de pequeño tamaño y desconectados entre sí.

Por otra parte, aquellos servicios ecosistémicos vinculados especialmente al ámbito cultural, ponen en evidencia una fuerte provisión de servicios ligados a la contemplación y recreación. Relaciones sociales (13), valoración educativa (12), recreación y turismo (12), cultura (12) y valoración estética (11) presentan la mayor provisión. Asimismo, de las 19 subtipologías de infraestructura verde estudiadas, 17 de éstas brindan algún SSEE de carácter cultural; ya sea en un 100% para el caso de los parques, o en menor grado para río, cerro isla y recinto cultural y recreativo (86%).

Esta gran presencia de servicios ecosistémicos culturales supone beneficios ligados primordialmente al bienestar humano, aportando de buena forma en la calidad de vida de las personas, como también en su capacidad de descanso, recreación y encuentro con otros (Dobbs et al., 2018; Reyes-Paecke, 2011). En otras palabras, las personas disfrutan de mejor manera, los beneficios intangibles brindados por los servicios ecosistémicos de infraestructura verde a una escala más cercana, es decir local o de barrio.

## 7. CONCLUSIONES

### 7.1. VINCULADAS A LA METODOLOGÍA

El estudio realizado aborda dos enfoques desde los cuales resulta importante obtener apreciaciones para poder estudiar la infraestructura verde a escala local. Por un lado, en lo que concierne a los métodos mismos, y por otro, respecto al nivel de información tratado, es decir a escala local.

En el caso del primero de éstos, se tiene el cruce de metodologías como un aspecto totalmente favorable a destacar e idóneo a trabajar. Como bien se menciona con anterioridad, resulta beneficioso aplicar un abanico de técnicas y herramientas de recolección de datos al momento de enfocarse en infraestructura verde a escala local. Esto pues, complementar bases de datos ayuda a evitar los sesgos o falta de información que se pudieran presentar al abordar solamente con una técnica.

Por otra parte, la principal problemática evidenciada se presenta al trabajar con escalas pequeñas, barriales o locales, considera el acceso gratuito a imágenes satelitales con resolución espacial acorde a la identificación de infraestructura verde de gran detalle, tales como huertos urbanos y techos verdes entre otros. Ante esta dificultad, sería recomendable utilizar imágenes con una mejor resolución para detectar estos espacios verdes, sin embargo esto implicaría el pago por dichas imágenes satelitales. Otra solución viable sería la utilización de vuelos de dron con banda infrarroja para determinar áreas pequeñas, no obstante esta alternativa también presenta la complicación del pago por la herramienta dron.

De igual manera, al tratar las imágenes a través de índices como el NDVI, es decir, desde un carácter raster, identificando áreas verdes mediante píxeles, genera diferencias en las métricas a utilizar, tales como área y tamaño de parches. En este caso, para un estudio con énfasis local, cada límite y/o contorno abarcado para cada parche posee gran importancia y puede generar variaciones notorias al momento de acoplar los resultados.

Por tanto, contar con registros, catastros e inventarios con algún grado de ubicación en el territorio respecto a dicha infraestructura verde, resulta primordial para poder georeferenciar esta información. Asimismo, fotointerpretar dichos polígonos, y, por ende, trabajar en formato vectorial, ayuda a obtener una mayor rigurosidad, y precisión de la realidad del terreno, y a la vez, complementar la base de datos con la que se trabaja.

De esta manera, el cruce de métodos resulta una forma totalmente apta y eficaz para abarcar investigaciones de carácter local. Cada una de las técnicas y herramientas utilizadas aporta al conglomerado, a modo de asegurar un mapeo minucioso y apegado a la realidad existente, logrando replicar el escenario actual en las comunas estudiadas, permitiendo un correcto y certero desarrollo de la investigación a posteriori.

En cuanto al método asociado a los servicios ecosistémicos, cabe mencionar la dificultad de encontrar investigaciones ligadas a áreas de estudios tan pequeñas y acotadas. Gran parte, por no decir la mayoría de los estudios asociados a servicios ecosistémicos se aplican a macrozonas y escalas regionales. Los artículos referidos a escala local sólo hacen referencia desde un ámbito teórico, enumerando los servicios ecosistémicos presentes a dicha escala, sin contar con una aplicación práctica que aporte a los resultados a un nivel menor, o bien, sólo se refieren a los servicios de carácter cultural obviando los datos de servicios de regulación y provisión.

Asimismo, al abordar la metodología de matriz de servicios ecosistémicos propuesta por Burkhard et al. (2009) y modificada con el pasar de los años, se evidencia una discordancia entre los valores ponderados con los que se completa dicha matriz. Ello sucede al momento de comparar las diversas matrices propuestas y utilizadas por diversos autores, donde en algunos casos se emplean rangos que van desde 0 a 5, en otros de 0 a 3, otros casos sólo indican valores altos y medios, y en otros sólo ausencia y presencia.

La estandarización binaria de datos resulta una forma práctica y concreta con la cual poder trabajar en base a los servicios ecosistémicos. No obstante, al abarcar un área local, la espacialización de los datos se dificulta debido a tratarse de parches de tamaños bastante pequeños, por lo que la representación mediante cartografías resulta mayormente factible a escalas más grandes.

## 7.2. VINCULADAS AL ÁREA DE ESTUDIO

En un segundo ámbito, respecto netamente a lo asociado a las comunas en estudio, corresponde señalar que éstas presentan realidades diferentes respecto a los datos obtenidos del estudio recién realizado.

Estación Central corresponde a la comuna con menor población y superficie y con un rango socioeconómico más bajo de las tres comunas de estudio. Todas aquellas condicionantes posicionan a la comuna de Estación Central en una situación desfavorable respecto a las otras comunas estudiadas. En sí, es la comuna con menor cantidad de parches (28%) y éstos presentan un área total bastante pequeña (30%) en comparación a las otras dos comunas, no obstante en base a su contexto mismo, da cuenta de un impulso en cuanto a espacios verdes, producto de la alta cantidad de plazas (118) y canchas (29) dispersas por la comuna.

Una de las subtipologías que llama la atención, y es necesario destacar, corresponde a las plazas. Éstas presentan la mayor cantidad de parches y más próximas entre sí, por ende con mayor densidad por cada 100 hectáreas, sin embargo su tamaño es más bien pequeño, del orden de 0,15 hectáreas en promedio. Otro caso se presenta para los bandejones en cuanto a infraestructura vial, los que se evidencian en segunda mayor cantidad de parches (67), en un menor tamaño promedio, cercano a las 0,3 ha pero siendo los parches más continuos y próximos de todas las subtipologías de estudio en Estación Central.

Así, en base a las métricas aplicadas, se observa que a pesar de contar con seis de las siete tipologías establecidas, la infraestructura verde identificada bajo este estudio contempla sólo un 16% de la superficie de la comuna centralina.

Santiago por su parte, exhibe un escenario completamente diferente a Estación Central. Se trata de la comuna con la mayor población y superficie de las tres en cuestión, además al ser epicentro mismo de la capital del país, contempla una serie de servicios y equipamiento correspondiente a un centro histórico de cualquier ciudad. Razón que justifica la presencia de todas las tipologías de estudio en la comuna.

Frente a ello, es que se contabiliza la mayor cantidad de parches (506) y área total (370 ha) alejándose de sobremanera ante las otras dos comunas estudiadas; no obstante respecto a la infraestructura verde, se contabiliza un 16% de la superficie comunal, mismo porcentaje que Estación Central.

Específicamente, se reconoce una fuerte presencia de bandejones que denotan la mayor cantidad de parches en Santiago (198), los cuales se encuentran dispersos a poca distancia y exhiben una mayor densidad al momento de espacializarse en la ciudad. Por su parte, cabe destacar la alta cantidad de parches asociados a sitios eriazos (127).

Una subtipología a destacar corresponde a los parques que presentan un tamaño promedio de 6 hectáreas por parche. Ello no es de extrañar producto de la presencia de los parques O'Higgins, Quinta Normal, De los Reyes y Forestal que abarcan un 97% de la superficie total de esta subtipología, catalogando a Santiago como una comuna con grandes áreas verdes.

Ñuñoa por su parte, se presenta como un escenario intermedio entre Estación Central y Santiago en cuanto a población y superficie, sin embargo en lo relacionado a grupos socioeconómicos corresponde a una comuna con situación acomodada, variando entre clase media a alta. Lo cual daría a suponer una mejor calidad y cantidad de infraestructura verde, no obstante según las cifras estudiadas, sólo un 12% de la superficie comunal corresponde a infraestructura verde.

Al igual que el caso de Estación Central, sólo se presentan seis de las siete tipologías presentes, sin la presencia de espacios naturales. Ligado netamente a las métricas estudiadas, se observa una gran cantidad de bandejones (121) muy próximos y continuos a lo largo de la comuna, sin embargo de tamaño bastante pequeño (0,09 ha). Misma situación se identifica con las plazas (98) que poseen tamaños promedio pequeños (0,22 ha). En sí la situación comunal presenta parches de superficies pequeñas, donde los tamaños promedio no superan las 2 hectáreas para cualquier subtipología.

Asimismo a través de las cifras obtenidas, se logra actualizar la información presentada por Atisba (2011) respecto a áreas verdes. Respecto a las tipologías abarcadas en cuanto a infraestructura verde, se tienen para el caso de Estación Central 16 m<sup>2</sup>/hab, para Santiago 9 m<sup>2</sup>/hab y para Ñuñoa 10 m<sup>2</sup>/hab. De esta manera, en el transcurso de ocho años, Estación Central y Ñuñoa exponen un aumento significativo, particularmente en el primer caso, mientras que en Santiago, disminuye en una cifra.

Se evidencia claramente, que al abarcar una escala local y al tomar en cuenta infraestructura verde más pequeña, aquella que habitualmente no se considera al generar parámetros asociados a áreas verdes por habitante, la cantidad de espacios verde tiende a aumentar. Cabe destacar que en este estudio no son considerados jardines internos y/o privados, ni calles arboladas; por tanto al agregar dichos elementos al total de espacios verdes, las cifras de m<sup>2</sup>/hab debieran acrecentarse aún más, de manera de evidenciar las comunas y barrios que se encuentren rodeados de una mayor o menor infraestructura verde. Esta noción resulta fundamental para generar políticas públicas asociadas a la implementación de espacios verdes y mantención de éstos.

Por otra parte, cabe mencionar el caso de la tipología asociada a los huertos urbanos, que si bien dentro del estudio no resaltan respecto a datos producto de su difícil detección respecto de su tamaño; sí destacan al ser estudiados bajo el parámetro de servicios ecosistémicos. En este sentido, corresponde a la subtipología que provee una mayor capacidad de servicios ecosistémicos, seguido por los parques, ríos y cerros islas. Tal y como se menciona con anterioridad, áreas con carácter natural proveen mayores servicios ecosistémicos, mientras que por el contrario, aquella infraestructura verde semi-natural o urbana brindan una menor y hasta nula provisión.

Por lo demás, si bien la infraestructura verde exhibe una multifuncionalidad en términos de provisión de distintos SSEE, aquellos que destacan se vinculan al carácter cultural generando beneficios directos para el bienestar de las personas en cuanto a contemplación, descanso y recreación. Por su parte, los servicios de regulación se observan en una menor medida, y, aquellos de provisión muy baja y nula capacidad de brindar SSEE; debido principalmente al tamaño reducido de los parches y a la escala local de trabajo.

De esta manera, en base a los parámetros obtenidos y en beneficio de gestionar infraestructura verde en las comunas de estudio, se recomienda el aprovechamiento de espacios ligados a sitios eriazos. Esto producto de la gran cantidad de parches y áreas que éstos abarcan, puesto que actualmente son espacios que no presentan utilidad para las personas, y por ende, tampoco brindan servicios ecosistémicos. Si bien, se menciona con anterioridad que tanto Estación Central como Ñuñoa no presentan espacios naturales, sí se puede aumentar la infraestructura verde a través de la modificación de estas áreas; idealmente en zonas lo más naturales posibles, es decir, transformándolos en huertos urbanos o parques, de manera que provean tanto a la población colindante, como a las personas que acceden a estos espacios.

De igual manera, se recomienda una mayor mantención a espacios verdes asociados a cursos de agua, tales como ríos y canales puesto que se trata de infraestructura capaz de brindar servicios tanto culturales, de regulación y de provisión. Su conservación ayudaría directamente a un mejor provecho de sus servicios por parte de la población.

Este reflejo de la situación actual respecto a infraestructura verde en sólo tres comunas de estudio, da a plantear escenarios que seguramente se replican en otras comunas de la capital y del país. Por tanto, es de esperar que investigaciones a escala local se sigan desarrollando, a modo de aportar tanto en métodos como en datos referidos a espacios verdes. Esto aportaría a generar una mejor planificación urbana centrada en las necesidades de una comuna en particular, fomentando la implementación de infraestructura verde de una tipología en particular, y por ende, a generar una mayor capacidad de proveer servicios ecosistémicos en pos de una mejor calidad de vida para los habitantes de aquel sector.

Ciertas aproximaciones se están comenzando a observar en otros países, tal como es el caso español, específicamente en Barcelona, los cuales pueden ser aplicados en un futuro en Chile. A través de la plataforma web <https://greendex.es/> se plantea la visualización de un “índice de un entorno más saludable”. Dicha plataforma permite llegar a un nivel espacial bastante acotado, y presenta la posibilidad de seleccionar un área donde se calcula en base a 5 rangos, el nivel de vegetación sana que rodea el sector (Figura 43). En base a una plataforma similar, es posible observar sectores con mayor/menor vegetación, a modo de habilitar, recuperar o implementar espacios verdes donde se requiera.

Figura 43. Visualización plataforma Greendex.



Fuente. Elaboración propia en base a Greendex (2019).

## 8. BIBLIOGRAFÍA

Adimark (2002) Mapa socioeconómico de Chile. Nivel socioeconómico de los hogares del país basado en datos del Censo.

Aedo, J. (2016) Corredores verdes en Santiago de Chile: Tipos y Usuarios. Tesis para optar al Título de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables. Universidad de Chile, Santiago, 124.

Aguilar, H., Mora, R. & Vargas, C. (2014) Metodología para la corrección atmosférica de imágenes Aster, Rapideye, Spot 2 y Landsat 8 con el módulo flash del software Envi. *Revista Geográfica de América Central*, 53, 39-59.

Aguilera, F. (2010) Aplicación de métricas de ecología del paisaje para el análisis de patrones de ocupación urbana en el Área Metropolitana de Granada. *Anales de Geografía*, 2, (30), 9-29.

Ajuntament de Barcelona (2010) Resum executiu. 1-23.

Ajuntament de Barcelona (2017) Medida de gobierno: programa de impulso de la infraestructura verde urbana.

Allen, W. (2014) A green infrastructure framework for vacant and underutilized urban lands. *Journal of Conservation Planning*, 10, 43-51.

Andersson, E., Barther, S., Borgström, S., Colding, J., Elmqvist, T., Floke, C. & Gren, A. (2014) Reconnecting cities to the biosphere: stewardship of Green Infrastructure and Urban Ecosystem Services. *Ambio*, 43, 445-453.

Atisba (2011) La Brecha Verde. Distribución especial de áreas verdes en el Gran Santiago.

Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz (2018) Anillo verde de Vitoria-Gasteiz. Disponible en: <https://www.vitoria-gasteiz.org/we001/was/we001Action.do?idioma=es&accion=anilloVerde&accionWe001=figura>

Barazzetti, L., Cuca, B. & Previtali, M. (2016) Evaluation of registration accuracy between Sentinel-2 and Landsat 8.

Barcelona Regional (BR) (2016) Infraestructura verde a nivel municipal. 1-21.

Baró, F. (2016) Urban Green Infrastructure: Modeling and mapping ecosystem services for sustainable planning and management in and around cities. Universidad de Barcelona, 227.

Baró, F., Bugter, R., Gómez-Baggethun, E., Hauck, J., Kopperoinen, L., Liqueste, C. & Potschin, P., (2015) Green Infrastructure. In: Potschin, M. & Jax, K. *OpenNESS Ecosystem Service*, 1-6.

Bartesaghi, C., Osmond, P. & Peters, A. (2017) Towards a comprehensive green infrastructure typology: a systematic review of approaches, methods and typologies. *Urban Ecosystems*, 20, 15-35.

Becerra, C. (2016) Servicios ecosistémicos y rol funcional de los bosques nativos ribereños en cuencas silvoagropecuarias del centro-sur de Chile. Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias, mención Recursos Forestales. Universidad Austral de Chile, Valdivia, 80.

Behörde für Umwelt und Energie (Departamento de Medio Ambiente y Energía) (2019) Auf grünen wegen durch die stadt. Disponible en: <https://www.hamburg.de/gruenes-netz/3939882/auf-gruenen-wegen-artikel/>

Beltrán, D. (2017) Aplicación de índices de vegetación para evaluar procesos de restauración ecológica en el parque forestal, embalse del Neusa. Tesis para optar al grado de Especialista en Geomática. Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, 21.

Benedict, M. & McMahon, E. (2002) Green infrastructure: Smart conservation for the 21st century.

Brusselsenvironment (2019) Focus: le maillage vert. Disponible en: <https://environnement.brussels/etat-de-lenvironnement/rapport-2011-2014/espaces-verts-et-biodiversite/focus-le-maillage-vert>

Buckhard, B., Kroll, F., Muller, F. & Windhorst, W. (2009). Landscapes Capacities to Provide Ecosystem Services –a Concept for Land–Cover based Assessments. *Landscape Online*, 15, 1- 22.

Burkhard, B., Kandziora, M., Hou, Y. & Müller, F. (2014) Ecosystem service potentials, flows and demands – Concepts for spatial localization, indication and quantification. *Landscape Online*, 34, 1-32.

Burkhard, B., Kroll, F., Müller, F. & Windhorst, W. (2014a) Landscapes “Capacities to provide ecosystem services – a concept for land-cover based assessments. *Landscape Online*, 15, 1-22.

Burkhard, B., Kroll, F., Nedkov, S. & Müller, F. (2012) Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. *Ecological Indicators*, 21, 17-29.

Byrne, J. (2012) Greenspace Planning: Problems with standards, lessons from research, and best practices. *City Green*, 50-55.

Calvo-Obando, A. & Ortíz-Malavassi, E. (2012) Fragmentación de la cobertura forestal. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 22, (9), 1-12.

Cantó, M. (2014) La ordenación de la Infraestructura Verde en el sudeste Ibérico (Comunidad Valenciana, España). *Cuadernos de Biodiversidad*, 45, 10-22.

Carlson, T. & Ripley, D. (1997) On the relation between NDVI, Fractional Vegetation Cover, and Leaf Area Index. *Remote Sensing of Environment*, 241-252.

Casanova, P. (2016) Catastro de huertos urbanos de Santiago: aproximación a su estado actual y su contribución a la soberanía alimentaria, 1-29.

Centro de Estudios Ambientales (CEA) (2012) The interior green belt. Towards an urban green infrastructure in Vitoria-Gasteiz, 1-56.

Cienciambiental Consultores S.A. (2018) Identificación de ecosistemas continentales y los servicios ecosistémicos que estos proveen, 83.

Corredor, E.; Fonseca, J. & Páez, E. (2012) Los servicios ecosistémicos de regulación: tendencias e impacto en el bienestar humano. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 3, (1), 77-83.

Cvejic, R., Eler, K., Pintar, M., Zeleznikar S., Haase, D., Kabisch, N. & Strohbach, M. (2015) A typology of urban green spaces, ecosystem services provisioning services and demands. *Green Surge*, (10), 1-68.

De Groot, R., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L. & Willemen, L. (2010) Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological complexity*, 7, 260-272.

De la Barrera, F., Bachmann-Vargas, P. & Tironi, A. (2015) La investigación de servicios ecosistémicos en Chile: una revisión sistemática. *Investigaciones Geográficas*, 50, 3-18.

De la Barrera, F., Reyes-Paecke, S. & Banzhaf, E. (2016) Indicators for Green spaces in contrasting urban settings. *Ecological indicators*, 62, 212-219.

Delegido, J., Ruiz-Verdu, A., Tenjo, C. & Verrelst, J. (2016) Aplicaciones de Sentinel-2 a estudios de vegetación y calidad de aguas continentales.

Dennis, M., Darlow, D., Cavan, G., Cook, P., Gilchrist, A., Handley, J., James, P., Thompson, J., Tzoulas, K., Wheeler, C. & Lindley, S. (2018) Mapping urban green infrastructure. A novel landscape-based approach to incorporating land use and land cover in the mapping of human-dominated systems. *Land*, 7, (17), 1-25.

Dobbs, C.; Escobedo, J.; Clerici, N.; De la Barrera, F.; Eleutrio, A.; MacGregor-Fors, I.; Reyes-Paecke, S.; Vásquez, A.; Zea, J. & Hernández, J. (2018) Urban Ecosystem Services in Latin America: mismatch between global concepts and regional realities? *Urban Ecosystems*, 1-15.

Ernstson, H. (2013) The social production of ecosystem services: A framework for studying environmental justice and ecological complexity in urbanized landscapes. *Landscape and urban planning*, 109, 7-17.

European Commission (2012) Hamburg, winner 2011. European Green Capital. Green cities – fit for life, 1-12.

European Environmental Agency (EEA) (2011) Green infrastructure and territorial cohesion. The concept of green infrastructure and its integration into policies using monitoring systems, 1-142.

Fernández, I. & De la Barrera, F. (2018) Biodiversidad urbana, servicios ecosistémicos y planificación ecológica: un enfoque desde la ecología del paisaje, 115-146.

Fisher, B., Turner, R. & Morling, P. (2009). Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological Economics*, 68: 643-653. En: Martin-Lopez, B & Montes, C. (2010). Funciones y servicios de los ecosistemas: una herramienta para la gestión de los espacios naturales. Laboratorio de socio-ecosistemas, Departamento de Ecología. Universidad Autónoma de Madrid. Madrid, España. Guía científica de Urdaibai, 13–32.

Galicia, L. & Zarco, A. (2002) El concepto de escala y la teoría de las jerarquías en ecología. *Revista Ciencias*, 67, 34-40.

García, H. & Lara, F. (2016) Equidad en la provisión de espacios públicos abiertos: accesibilidad, percepción y uso entre mujeres de Hermosillo, Sonora. *Sociedad y ambiente*, 20, 28-56.

Gaston, K., Warren, P., Thompson, K. & Smith, R. (2005) Urban domestic gardens (IV): the extent of the resource and its associated features. *Biodiversity and conservation*, 14, 3327-3349.

Gutiérrez, J. (2010) Escalas espaciales, escalas temporales. *Estudios geográficos*, 242, (62), 89-104.

Haines-Young, R. & Potschin, M. (2009) Chapter six: The links between biodiversity, ecosystem services and human well-being. In: Raffaelli, D. & Frid, C. *Ecosystem Ecology: a new synthesis. BES Ecological Reviews Series*, Cambridge, 1-31.

Haines-Young, R. & Potschin, M. (2011) Methodologies for defining and assessing ecosystem services.

Haines-Young, R. & Potschin, M. (2013) Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): Consultation on Version 4, 1-34.

Haines-Young, R.; Potschin, M. & Kienast, F. (2012) Indicators of ecosystem service potential at European scales: Mapping marginal changes and trade-offs. *Ecological Indicators*, 21, 39-53.

Heynen, N., Perkins, H. & Roy, P. (2006) The Political Ecology of Uneven Urban Green Space. The Impact of Political Economy on Race and Ethnicity in Producing Environmental Inequality in Milwaukee.

Hillsdon, M., Panter, J., Foster, C. & Jones, A. (2006) The relationship between Access and quality of urban Green space with population physical activity. *Public Health*, 120, 1127-1132.

Hufnagel, L., Mics, F. & Homoródi, R. (2018) Introductory Chapter: Evaluation methods of ecosystem services and their scientific and societal importance in service of solving the global problems of the humankind.

Infraestructura Verde Santiago (2019) VBeta-Plataforma geoespacial / Infraestructura verde Santiago. Disponible en web: <http://infraestructuraverdesantiago.cl/2018/06/22/vbeta-plataforma-geoespacial-de-la-infraestructura-verde-en-santiago/>

Instituto Nacional de Estadísticas (INE) (2018) Resultados Censo 2017. Disponible en web: <https://resultados.censo2017.cl/>

Jacobs, S., Burkhard, B., Van Daele, T., Staes, J. & Schneiders, A. (2015) "The matrix reloaded": A review of expert knowledge use for mapping ecosystem services. *Ecological modelling*, 295, 21-30.

La Notte, A.; D'Amato, D.; Mäkinen, H.; Paracchini, M.; Liqueste, C.; Egoh, B.; Geneletti, D. & Crossman, N. (2017) Ecosystem services classification: A systems ecology perspective of the cascade framework. *Ecological indicators*, 74, 392-402.

LAND INFO (2018) Imágenes de satélite de alta resolución QuickBird. Disponible en web: <http://www.landinfo.com/espanol/QuickBird.html>

Landscape Institute (2009) Green infrastructure: connected and multifunctional landscapes.

Liverpool City Council Planning Department (2010) Liverpool Green Infrastructure Strategy. Technical Document. Version 1.0, 424.

Martínez-Harms, M. & Balvanera, P. (2012) Methods for mapping ecosystem service supply: a review. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem services & management*, 8, 17-25.

Matteucci, S. (2008) Ecología de paisajes. Elementos básicos aplicados a la gestión y manejo de territorios áridos y semiáridos. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. 1-139.

Maynard, S., James, D. & Davidson, A. (2010) The development of an ecosystem services framework for South East Queensland. *Environmental management*, 45, 881-895.

Mell, I. (2010) Green infrastructure: concepts, perceptions and its use in spatial planning. Thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy. Newcastle University, Newcastle, 292.

Méndez, B. (2018) Valoración sociocultural de los componentes de infraestructura verde y servicios ecosistémicos en la zona costera de Algarrobo, entre 1950 y 2016. Tesis para optar al grado de Magíster en Geografía, mención Organización Urbano-Regional, Universidad de Chile, Santiago, 144.

Meza, R. (2017) Cambio en las coberturas de suelo y su impacto sobre las funciones y servicios ecosistémicos en el Área Metropolitana de Concepción, periodo 1986-2015. Tesis para optar al título de Geógrafo, Universidad de Chile, Santiago, 130.

Ministerio de Medio Ambiente (MMA) (2004) Propuesta sobre marco conceptual, definición y clasificación de Servicios Ecosistémicos para el Ministerio de Medio Ambiente.

Nahlik, A., Kentula, M., Siobhan, M. & Landers, D. (2012) Where is the consensus? A proposed foundation for moving ecosystem service concepts into practice. *Ecological Economics*, 77, 27-35.

Nahuelhual, L.; Latorra, P. & Barrena, J. (2016) Indicadores de servicios ecosistémicos. Una revisión y análisis de su calidad.

Ojeda, M. (2012) El modelo del Área Metropolitana de Santiago. ¿Ciudad mono o policéntrica? Impactos de la configuración urbana en la población. Periodo 1982-2002. Memoria de título para optar al título de Geógrafo. Universidad de Chile, Santiago, 182.

Organización de Naciones Unidas (2017) Población urbana (% del total). Disponible en web: <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.URB.TOTL.IN.ZS?type=points&view=map>

Peña-Salmón, C., Leyva-Camacho, O., Rojas-Caldelas, R., Alonso-Navarrete, A. & Iñiguez-Ayón, R. (2014) The identification and classification of green areas for urban planning using multispectral images at Baja California, Mexico. *The Sustainable City*, 9, (1), 611-621.

Petter, M., Mooney, S., Maynard, S., Davidson, A., Cox., M. & Horosak, I. (2012) A methodology to map ecosystem functions to support ecosystem services assessments. *Ecology and society*, 18, (1), 1-31.

Pickett, S., Cadenasso, M., Grove, J., Boone, C., Groffman, P., Irwin, E., aushal, S., Marshall, V., McGrath, B., Nilon, C., Pouyat, R., Szlavecz, K., Troy, A. & Warren, P. (2011) Urban ecological systems: Scientific foundations and a decade of progress. *Journal of Environmental Management*, 3, (92), 331-362.

Quiroz, D. (2018) Implementación de infraestructura verde como estrategia para la mitigación y adaptación al cambio climático en ciudades mexicanas, hoja de ruta. México, 69.

Ramírez, C. (2016) Valoración ecosistémica a partir del uso de métricas de paisaje aplicando sistemas de información geográfica en cultivos de palma africana. *Revista de Investigación agraria y ambiental*, 2, (7), 129-143.

Remolina, F. (2011) Figuras municipales de conservación ambiental en Colombia: ¿áreas protegidas, redes ecológicas o infraestructuras verdes? *Revista Nodo*, 11 (6), 65-76.

Reyes-Paecke, S. & Meza, L. (2011) Jardines residenciales en Santiago de Chile: Extensión, distribución y cobertura vegetal. *Revista Chilena de Historia Natural*, 84, 581-592.

Rodríguez, V., Aguilera, F., Gómez, M., Salado, M., Lucas, L. & Cases, A. (2015) Propuesta de Infraestructura Verde en un ámbito metropolitano. Aplicación al Corredor del Henares (Comunidad de Madrid-Guadalajara).

Rojas, J. (2016) Evaluación de las transformaciones en el paisaje y la provisión de servicios ecosistémicos en la provincia de Chacabuco entre 1984 y 2012. Tesis para optar al grado de Geógrafo, Universidad de Chile, Santiago, 145.

Romano, Y. & Roca, J. (2009) Delimitación del suelo urbanizado: El caso de la costa alicantana, España. *Revista S'CTV*, 1-11.

- Romero, H., Vásquez, A., Fuentes, C., Salgado, M., Schmidt, A. & Banzhaf, E., (2012) Assessing urban environmental segregation (UES). The case of Santiago de Chile. *Ecological Indicators*, 23, 76–87.
- Sandoval, G. (2016) Propuesta de corredores verdes potenciales en el paisaje metropolitano de Santiago de Chile mediante una modelación en Sistemas de Información Geográfica. Tesis para optar al título de Magíster en Geomática, Universidad de Santiago de Chile, 124.
- Sapena, M. & Ruiz, L. (2015) Descripción y cálculo de índices de fragmentación urbana: Herramienta IndiFrag. *Revista de Teledetección*, 43, 77-89.
- Satterthwaite, D. (1993) Problemas sociales y medioambientales asociados a la urbanización acelerada. *Revista EURE*, 7-30.
- Schmidt, A. (2009) Integrative bewertung der auswirkungen touristischer nutzungen auf die bereitstellung der ecosystem services auf der insel Sylt. *Coastline reports*, 13, 105-118.
- Tardà, A., Pineda, L., Palà, V., Riera, R., Corbera, J. & Pérez, F. (2017) Resultados preliminares sobre el decaimiento de las masas forestales del Maresme usando imágenes Sentinel-2A.
- Valladares, F., Gill, P. & Forner, A. (2017) Bases científico-técnicas para la Estrategia estatal de infraestructura verde y de la conectividad y restauración ecológicas. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid, 357.
- Vasquerizo, A. (2015) Espacios verdes comunitarios. Cómo potenciar la resiliencia urbana. Tesis para optar al grado de Ciencias Ambientales. Universidad Autónoma de Madrid, 35.
- Vásquez, A. (2016) 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.
- Vásquez, A.; Devoto, C.; Giannotti, E. & Velásquez, O. (2016) Green infrastructure systems facing fragmented cities in Latin America – Case of Santiago, Chile. *Procedia Engineering*, 161, 1410-1416.
- Wolch, J., Byrne, J. & Newell, J. (2014) Urban green space, public health, and environmental justice: The challenge of making cities 'just green enough'. *Landscape and urban planning*, 125, 243-244.
- Wolch, J., Wilson J. & Fehrenbach J. (2005) Parks and park funding in Los Angeles: an equity mapping analysis. Sustainable Cities Programm. University of Southern California, 1-32.
- Zhang, T., Su, G., Liu, C. & Chen, W. (2017) Band selection in Sentinel-2 satellite for agriculture applications. 23<sup>rd</sup> International Conference on automation & computing, University of Huddersfield, UK.

9. ANEXOS

9.1. Métricas obtenidas en base al índice NDVI.

	N° de Parches			Área de Parches (ha)		
	E.C.	STGO	ÑUÑO A	E.C.	STGO	ÑUÑO A
<b>Áreas verdes</b>	<b>124</b>	<b>121</b>	<b>113</b>	<b>47,38</b>	<b>154,42</b>	<b>144,25</b>
Plaza	115	57	96	25,05	17,72	119,05
Parque	9	64	17	22,32	136,70	25,20
<b>Esp. verde asociado a cursos de agua</b>						
Río						
Canal						
<b>Esp. verde asociado a equipamiento</b>	<b>206</b>	<b>199</b>	<b>221</b>	<b>71,44</b>	<b>65,62</b>	<b>100,33</b>
<b>Recinto cultural y recreativo</b>	<b>2</b>	<b>14</b>		<b>0,42</b>	<b>2,18</b>	
Biblioteca		1			0,15	
Club de rodeo		11			1,56	
Centro Cultural		1			0,01	
Museo	2	1		0,42	0,5	
<b>Recinto de salud</b>	<b>12</b>	<b>25</b>	<b>5</b>	<b>1,47</b>	<b>1,36</b>	<b>0,42</b>
Consultorio	8	1	5	1,03	0,06	0,42
Hospital	4	24		0,44	1,29	
<b>Recinto de seguridad</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>33,43</b>	<b>0,38</b>	<b>1,25</b>
Bomberos	2		1	0,06		0,14
Carabineros	5		4	33,18		1,1
Gendarmería		8			0,38	
PDI	1			0,19		
<b>Recinto deportivo</b>	<b>26</b>	<b>31</b>	<b>95</b>	<b>10,81</b>	<b>49,24</b>	<b>39,80</b>
Cancha	15	2	22	5,51	0,12	4,21
Club Hípico		26			48,98	
Estadio	5		70	2,07		34,86
Polideportivo	2	3	2	2,52	0,14	0,22
Skatepark	4			0,7		
<b>Recinto educacional</b>	<b>99</b>	<b>103</b>	<b>109</b>	<b>20,79</b>	<b>7,97</b>	<b>57,82</b>
Colegio	35	71	65	5,25	3,73	31,89
Universidad	64	32	44	15,53	4,23	25,93
<b>Recinto militar</b>	<b>1</b>	<b>6</b>		<b>0,37</b>	<b>2,48</b>	
<b>Recinto religioso</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>1,20</b>	<b>0,69</b>	<b>1,02</b>
Asilo		4			0,36	
Convento			1			0,65
Iglesia	2	3	6	0,05	0,33	0,37
Santuario	1			1,15		
<b>Otro</b>	<b>3</b>	<b>5</b>		<b>2,94</b>	<b>1,27</b>	
Edif. Municipal	3			0,24		
Embajada		2			0,43	
Mercado		2			0,09	
<b>Esp. verde asociado a infraestr. urbana</b>	<b>1</b>	<b>7</b>		<b>0,07</b>	<b>2,17</b>	
Techos verdes						
Huerto urbano	1			0,07		
Veredas arboladas		7			2,17	
<b>Esp. verde asociado a infraestr. vial</b>	<b>79</b>	<b>199</b>	<b>149</b>	<b>24,14</b>	<b>26,11</b>	<b>432,22</b>
Bandejón	79	190	146	24,13	25,10	430,97
Rotonda		2	3		1,00	1,24
<b>Espacios naturales</b>		<b>3</b>			<b>6,42</b>	
Cerro isla		3			6,42	
<b>Sitio eriazo</b>	<b>99</b>	<b>76</b>	<b>50</b>	<b>9,58</b>	<b>8,44</b>	<b>234,02</b>
<b>TOTAL</b>	<b>509</b>	<b>598</b>	<b>533</b>	<b>152,61</b>	<b>263,18</b>	<b>910,82</b>

Fuente. Elaboración propia.

## 9.2. Métricas obtenidas en base al mapeo de infraestructura verde.

	N° de Parches			Área de Parches (ha)		
	E.C.	STGO	ÑUÑO A	E.C.	STGO	ÑUÑO A
<b>Áreas verdes</b>	<b>125</b>	<b>86</b>	<b>112</b>	<b>37,20</b>	<b>170,78</b>	<b>46,11</b>
Plaza	118	60	98	17,69	17,89	21,30
Parque	7	26	14	19,51	152,88	24,80
<b>Esp. verde asociado a cursos de agua</b>	<b>6</b>	<b>13</b>	<b>2</b>	<b>1,88</b>	<b>9,18</b>	<b>1,84</b>
Río		12			8,42	
Canal	6	1	2	1,88	0,76	1,84
<b>Esp. verde asociado a equipamiento</b>	<b>73</b>	<b>57</b>	<b>63</b>	<b>115,16</b>	<b>127,89</b>	<b>135,12</b>
<i>Recinto cultural y recreativo</i>	2	4		0,96	6,37	
Biblioteca		1			1,07	
Club de rodeo		1			3,36	
Centro Cultural		1			1,33	
Museo	2	1		0,96	0,60	
<i>Recinto de salud</i>	5	4	2	3,16	8,34	0,64
Consultorio	4	1	2	1,26	0,08	0,64
Hospital	1	3		2,35	8,26	
<i>Recinto de seguridad</i>	6	2	2	44,33	2,22	2,53
Bomberos	1		1	0,21		0,07
Carabineros	3		1	38,82		2,45
Gendarmería		2			2,22	
PDI	2			5,29		
<i>Recinto deportivo</i>	37	9	26	16,79	70,20	71,37
Cancha	29	7	23	9,75	0,67	4,79
Club Hípico		1			68,82	
Estadio	4		1	3,86		65,12
Polideportivo	2	1	1		0,70	0,81
Skatepark	2			0,57		
<i>Recinto educacional</i>	18	29	28	46,59	28,98	59,39
Colegio	15	21	23	12,20	13,70	20,68
Universidad	3	8	5	34,39	15,28	38,70
<i>Recinto militar</i>	2	2		0,81	5,99	
<i>Recinto religioso</i>	2	4	5	1,46	2,81	1,17
Asilo		1			1,21	
Convento			1			0,64
Iglesia	1	3	4	0,18	1,60	0,52
Santuario	1			1,28		
<i>Otro</i>	1	3		0,56	2,94	
Edif. Municipal	1			0,56		
Embajada		1			0,62	
Mercado		1			1,06	
<b>Esp. verde asociado a infraestr. urbana</b>	<b>1</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>0,03</b>	<b>2,52</b>	<b>0,18</b>
Techos verdes		5	6		0,15	0,18
Huerto urbano	1	1		0,03	0,003	
Veredas arboladas		6			2,37	
<b>Esp. verde asociado a infraestr. vial</b>	<b>67</b>	<b>207</b>	<b>123</b>	<b>21,11</b>	<b>26,11</b>	<b>12,57</b>
Bandejón	67	198	121	21,11	23,01	10,97
Rotonda		3	2		0,72	1,60
<b>Espacios naturales</b>		<b>1</b>			<b>6,75</b>	
Cerro isla		1			6,75	
<b>Sitio eriazo</b>	<b>57</b>	<b>127</b>	<b>60</b>	<b>61,77</b>	<b>25,90</b>	<b>12,59</b>
<b>TOTAL</b>	<b>329</b>	<b>503</b>	<b>366</b>	<b>237,15</b>	<b>369,10</b>	<b>208,41</b>

	Tamaño $\bar{x}$ Parches (ha)			Densidad Parches		
	E.C.	STGO	ÑUÑO A	E.C.	STGO	ÑUÑO A
<b>Áreas verdes</b>	<b>0,30</b>	<b>1,99</b>	<b>0,41</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>7</b>
Plaza	0,15	0,30	0,22	8	3	6
Parque	2,79	5,88	1,77	0	1	1
<b>Esp. verde asociado a cursos de agua</b>	<b>0,31</b>	<b>0,71</b>	<b>0,92</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
Río		0,70			1	
Canal	0,31	0,76	0,92	0	0	0
<b>Esp. verde asociado a equipamiento</b>	<b>1,58</b>	<b>2,24</b>	<b>2,14</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>4</b>
<i>Recinto cultural y recreativo</i>	<i>0,48</i>	<i>1,59</i>		<i>0</i>	<i>0</i>	
Biblioteca		1,07			0	
Club de rodeo		3,36			0	
Centro Cultural		1,33			0	
Museo	0,48	0,60		0	0	
<i>Recinto de salud</i>	<i>0,63</i>	<i>2,09</i>	<i>0,32</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
Consultorio	0,32	0,08	0,32	0	0	0
Hospital	2,35	2,75		0	0	
<i>Recinto de seguridad</i>	<i>7,39</i>	<i>1,11</i>	<i>1,265</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
Bomberos	0,21		0,07	0		0
Carabineros	12,94		2,45	0		0
Gendarmería		1,11			0	
PDI	2,65			0		
<i>Recinto deportivo</i>	<i>0,45</i>	<i>7,80</i>	<i>2,745</i>	<i>2</i>	<i>0</i>	<i>2</i>
Cancha	0,34	0,10	0,21	2	0	1
Club Hípico		68,82			0	
Estadio	0,97		65,12	0		0
Polideportivo	0,00	0,70	0,81	0	0	0
Skatepark	0,29			0		
<i>Recinto educacional</i>	<i>2,59</i>	<i>1,00</i>	<i>2,12</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>2</i>
Colegio	0,81	0,65	0,90	1	1	1
Universidad	11,46	1,91	7,74	0	0	0
<i>Recinto militar</i>	<i>0,41</i>	<i>3,00</i>		<i>0</i>	<i>0</i>	
<i>Recinto religioso</i>	<i>0,73</i>	<i>0,70</i>	<i>0,234</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
Asilo		1,21			0	
Convento			0,64			0
Iglesia	0,18	0,53	0,13	0	0	0
Santuario	1,28			0		
<i>Otro</i>	<i>0,56</i>	<i>0,98</i>		<i>0</i>	<i>0</i>	
Edif. Municipal	0,56			0		
Embajada		0,62			0	
Mercado		1,06			0	
<b>Esp. verde asociado a infraestr. urbana</b>	<b>0,03</b>	<b>0,21</b>	<b>0,03</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
Techos verdes		0,03	0,03		0	0
Huerto urbano	0,03	0,00		0	0	
Veredas arboladas		0,40			0	
<b>Esp. verde asociado a infraestr. vial</b>	<b>0,32</b>	<b>0,13</b>	<b>0,10</b>	<b>4</b>	<b>9</b>	<b>7</b>
Bandejón	0,32	0,12	0,09	4	9	7
Rotonda		0,24	0,8		0	0
<b>Espacios naturales</b>		<b>6,75</b>			<b>0</b>	
Cerro isla		6,75			0	
<b>Sitio eriazo</b>	<b>1,08</b>	<b>0,20</b>	<b>0,21</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>4</b>
<b>TOTAL</b>	<b>0,72</b>	<b>0,73</b>	<b>0,57</b>			

	N° de Parches		
	E.C.	STGO	ÑUÑO A
<b>Áreas verdes</b>	<b>85</b>	<b>146</b>	<b>110</b>
Plaza	94	247	130
Parque	289	80	206
<b>Esp. verde asociado a cursos de agua</b>	<b>10</b>	<b>421</b>	<b>9</b>
Río		23	
Canal	10	-	9
<b>Esp. verde asociado a equipamiento</b>	<b>117</b>	<b>172</b>	<b>140</b>
<i>Recinto cultural y recreativo</i>	<i>0</i>	<i>1711</i>	
Biblioteca		-	
Club de rodeo		-	
Centro Cultural		-	
Museo	0	-	
<i>Recinto de salud</i>	<i>831</i>	<i>1162</i>	<i>913</i>
Consultorio	773	-	913
Hospital	-	2347	
<i>Recinto de seguridad</i>	<i>142</i>	<i>2701</i>	<i>1967</i>
Bomberos	-		-
Carabineros	22		-
Gendarmería		2701	
PDI	1144		
<i>Recinto deportivo</i>	<i>252</i>	<i>509</i>	<i>307</i>
Cancha	290	801	345
Club Hípico		-	
Estadio	1115		-
Polideportivo	1531	-	-
Skatepark	1628		
<i>Recinto educacional</i>	<i>263</i>	<i>288</i>	<i>204</i>
Colegio	358	306	250
Universidad	14	445	507
<i>Recinto militar</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	
<i>Recinto religioso</i>	<i>2356</i>	<i>1011</i>	<i>737</i>
Asilo		-	
Convento			-
Iglesia	-	673	1068
Santuario	-		
<i>Otro</i>	<i>-</i>	<i>754</i>	
Edif. Municipal	-		
Embajada		-	
Mercado		-	
<b>Esp. verde asociado a infraestr. urbana</b>	<b>-</b>	<b>340</b>	<b>598</b>
Techos verdes		577	598
Huerto urbano	-	-	
Veredas arboladas		14	
<b>Esp. verde asociado a infraestr. vial</b>	<b>35</b>	<b>26</b>	<b>45</b>
Bandejón	35	26	46
Rotonda		285	990
<b>Espacios naturales</b>		-	
Cerro isla		-	
<b>Sitio eriazo</b>	<b>141</b>	<b>145</b>	<b>168</b>

Fuente. Elaboración propia.

### 9.3. Matriz de servicios ecosistémicos potenciales para infraestructura verde a escala local.

		SSEE de Regulación									SSEE de Provisión										SSEE Culturales						
		Regulación de Clima Local	Regulación de Calidad de Aire	Purificación de Agua	Nutrientes	Erosión	Protección frente a desastres naturales	Control de enfermedades	Desechos	Cultivos	Biomasa para energía	Forraje	Madera	Captura de peces	Acuicultura	Alimentos silvestres	Medicina natural	Agua fresca	Minerales	Energía abiótica	Recreación y ocio	Cultura	Valoración estética	Valoración religiosa y espiritual	Valoración educativa	Valoración de inspiración	Relaciones sociales
Infraestructura vial	Bandejón	1	1	0	1	1	2	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2	1	2	1	1	1	2
	Rotonda	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	1	1	1	1
Infraestructura urbana	Veredas arboladas	3	3	1	1	1	2	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	2	2	3	1	1	2	2
	Techos verdes	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	2	3	1	2	1	1
	Huertos urbanos	2	2	1	1	2	2	1	1	3	1	0	0	0	0	3	2	1	0	1	2	3	2	1	3	1	2
Equipamiento	Recinto deportivo	2	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	1	1	2	1	3	
	Recinto militar	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	
	Recinto de salud	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	1	2	
	Recinto de seguridad	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	1	1	
	Recinto educacional	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	1	1	3	2	3	
	Recinto religioso	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1	3	1	2	2	
	Recinto cultural y recreativo	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	2	1	2	3	3	
	Otros	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2	
Área verde	Plaza	2	2	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	3	2	2	1	2	1	3
	Parque	3	3	1	1	2	2	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	3	3	3	2	3	2	3
Cursos de agua	Río	1	1	2	1	1	2	1	1	0	0	0	0	2	0	0	0	3	0	3	2	3	1	2	3	2	
	Canal	1	1	2	1	1	2	1	1	0	0	0	0	2	0	0	0	3	0	3	2	2	1	2	2	1	
Esp. Nat.	Cerros y islas	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	0	0	2	1	1	0	0	3	2	3	1	2	3	3	
Sitios especiales	Sitios especiales	1	1	0	1	1	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	

Fuente. Elaboración propia.