



INSTITUTO DE ESTUDIOS URBANOS
Y TERRITORIALES
FACULTAD DE ARQUITECTURA, DISEÑO Y ESTUDIOS URBANOS

Distribución Espacial de la Incidencia de la Valoración Ambiental en el Valor del Suelo de la Región Metropolitana de Santiago

Tesis presentada para obtener el grado académico de Magister en Asentamientos
Humanos y Medio Ambiente.

Sebastián Andrés Ahumada Vargas

Profesor guía: Luis Fuentes Arce

Tesis asociada a ANID/FONDAP N° 15110020 para el Centro de Investigación
“Centro de Desarrollo Urbano Sustentable” CEDEUS

Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales
Pontificia Universidad Católica de Chile

23 de diciembre de 2021

Agradecimientos

Quisiera agradecer, en primer lugar, a mi familia, mi esposa y mis hijos que permitieron dedicarme por completo a esta investigación y a su apoyo incondicional en durante estos años.

También quisiera agradecer a mi profesor guía, don Luis Fuentes y al Centro de Desarrollo Urbano Sustentable, CEDEUS, por confiar en mi propuesta de tesis por su relevancia para el Desarrollo Sustentable y el futuro de nuestras ciudades.

Además, quisiera agradecer a mis compañeras y compañeros del Magister de Asentamientos Humanos y Medio Ambiente por su apoyo, amistad y trabajo en equipo y a mis profesoras y profesores que me ayudaron y estuvieron siempre a disposición para avanzar en mis inquietudes.

También quiero agradecer al Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales que me permitieron colaborar como ayudante, y a los profesores Javier Ruiz-Tagle, Ricardo Trufello y José Rosas Vera por permitir trabajar con ellos y aprender de sus saberes y experiencias.

Finalmente agradecer a los profesores que conforman mi comisión, Quentin Ramond, Carolina Rojas y Francisco de la Barrera porque sus trabajos y comentarios motivaron mi pasión por el medio ambiente, el análisis del territorio y los servicios ecosistémicos.

La investigación presentada en esta tesis fue financiada por el Centro de Desarrollo Urbano Sustentable, CEDEUS, a través del Fondo ANID/FONDAP N° 15110020

RESUMEN

La valoración económica del Medio Ambiente es una temática que hasta la actualidad plantea la pregunta sobre la pertinencia de valorar nuestro ecosistema. Si bien hay una razón tras la valoración que permite entender las relevancias de las variables ambientales para la toma de decisiones, también es cierto que valorar significa plantear la posibilidad de que se pague el precio del costo por ese servicio ecosistémico y que desaparezca.

La relación entre mercado inmobiliario y el medio ambiente tiende a ser compleja, y la relación con los servicios ecosistémicos, aún más difusa. En Chile, y, en particular, en la Región Metropolitana, el alza sostenida de precios del mercado inmobiliario ha incorporado a la población productos hipotecarios con la mitad de interés crediticio que la década pasada, modificando también la expectativa de consumo; no obstante, la ciudad no se ha modificado mucho en cuestiones ambientales o al menos con la misma velocidad. En Chile han existido estudios que relacionan estas variables de economía urbana y medio ambiental a través del precio de las viviendas o el valor del suelo. En este sentido, el mercado del suelo permite entender el valor de los bienes públicos, entre ellos, el medio ambiente, y, a su vez, permite entender de qué manera el beneficio social de la inversión pública en la protección y cuidado del medio ambiente y la calidad de vida, afecta el valor del suelo.

La tesis que se presenta a continuación pretende relacionar el valor del suelo con el valor de los servicios ecosistémicos, para entender las dinámicas que colaboran en configurar esa relación y, así, colaborar en la generación de políticas públicas que promuevan y cuiden la inversión en medio ambiente con criterios de justicia ambiental.

El caso de estudio es el área urbana consolidada de la Región Metropolitana de Santiago, la que se investiga utilizando técnicas de Sistemas de Información Geográfica para proyectar resultados. Además, el estudio incorpora variables que permiten explicar las dinámicas urbanas tras las correlaciones espaciales y los casos atípicos.

Los resultados obtenidos dan cuenta de una alta variación de la valoración de la oferta de los Servicios Ecosistémicos, sobre todo en sectores de más altos ingresos, de acuerdo con la alta disponibilidad de Oferta de Servicios, a otras dinámicas urbanas de interés y a la disposición al pago que pueden realizar algunos sectores. Así mismo, se hace presente la poca relevancia de las ofertas de Servicios Ecosistémicos culturales cuando se realizan de forma dispersa y sin contigüidad con otros servicios.

PALABRAS CLAVE

Valoración del Medio Ambiente, Servicios Ecosistémicos, Valor del Suelo

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	9
1.1	Problema de Investigación.....	9
1.2	Caso de Estudio.....	11
1.3	Pregunta de Investigación.....	13
1.4	Hipótesis.....	13
1.5	Objetivo General.....	13
1.6	Objetivos Específicos.....	13
2	MARCO TEÓRICO	14
2.1	Valoración del Medio Ambiente.....	14
2.2	Servicios Ecosistémicos	15
2.3	Valor del Suelo.....	18
2.4	Valor Ambiental y el suelo urbano.....	20
3	METODOLOGÍA	20
3.1	Enfoque metodológico.....	21
3.2	Muestra	22
3.3	Operacionalización.	23
3.4	Técnicas de Investigación y análisis de datos	25
3.5	Diseño de instrumentos	30
3.6	Aspectos Prácticos	31
4	ANÁLISIS DE DATOS	32
4.1	Servicios Ecosistémicos Urbanos.....	33
4.2	Valor del Suelo.....	35
4.3	Reclasificación por valoración experta	37
4.3.1	<i>Servicios de Regulación.....</i>	<i>42</i>
4.4	Incidencia de los Servicios Ecosistémicos en el Valor del Suelo.....	44
4.4.1	<i>Influencia Local de los Servicios Ecosistémicos y el Valor del Suelo</i>	<i>47</i>
4.4.2	<i>Varianza de los Servicios Ecosistémicos.....</i>	<i>48</i>
4.4.3	<i>Análisis de variables independientes</i>	<i>48</i>
4.4.4	<i>Análisis de Variables.....</i>	<i>50</i>
4.4.5	<i>Análisis multivariado</i>	<i>51</i>
4.4.6	<i>Caracterización.....</i>	<i>53</i>
5	CONCLUSIÓN	55

6	BIBLIOGRAFÍA.....	56
7	ANEXOS.....	64
7.1	<i>Anexo 1. Encuesta Consulta a Expertos</i>	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área Urbana Consolidada Principal de la Región Metropolitana	12
Figura 2. Cascada de Servicios Ecosistémicos	17
Figura 3. Mapa del área de estudio	23
Figura 4. Cascada de servicios ecosistémicos e impacto en varianza de valor del suelo.	25
Figura 5. Ecosistemas del AUC Principal de la Región Metropolitana de Santiago	29
Figura 6. Estructura conceptual de análisis de datos	32
Figura 7. Mapa de Valoración de Oferta de SSEE de Regulación y Culturales	36
Figura 8. Distribución de la Valoración Experta	40
Figura 9. Mapa de Valoración de Oferta de SSEE	41
Figura 10. Mapa de Valoración de Oferta de SSEE de Regulación y Culturales	42
Figura 11. Mapa de Valoración de Oferta de SSEE de Regulación por Zona Censal	43
Figura 12. Mapa de Incidencia de los SSEE en el Valor del Suelo	46
Figura 13. LISA de SE (izquierda) y Valor de Suelo (derecha)	47
Figura 14. Análisis Bivariado con niveles de significancia	48
Figura 15. Variables Independientes	50
Figura 16. Mapa de variables incidentes en el valor del suelo	52
Figura 17. Caracterización por K-Means	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización	24
Tabla 2. Operacionalización Clasificación de Coberturas	27
Tabla 3. Coberturas clasificadas de acuerdo con el área de estudio	28
Tabla 4. Matriz de evaluación de oferta potencial de servicios ecosistémicos	30
Tabla 5. Escala de valoración de potencial de proveer Servicios Ecosistémicos	31
Tabla 6. Equivalencia de Servicios Ecosistémicos	34
Tabla 7. Tabla de Valoración Experta	35
Tabla 8. Distribución de la Valoración Experta	38
Tabla 9. Distribución de la Valoración Experta por Categoría de SE	39
Tabla 10. Resultados de Regresión Geográficamente Ponderada utilizando el software Arcmap	44

Tabla 12. Datos de autocorrelación espacial y concentración de valores altos	45
Tabla 12. Matriz de correlación bivariada	49
Tabla 13. Resultados de Regresión Múltiple Geográficamente Ponderada con el software Arcmap	51
Tabla 14. Tabla de caracterización por zonas	54

LISTA DE ABREVIACIONES

SE: Servicio Ecosistémico

SSEE: Servicios Ecosistémicos

AUC: Área Urbana Consolidada

RGP: Regresión Geográficamente Ponderada

PRMS: Plano Regulador Metropolitano de Santiago

1 PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Problema de Investigación

Conocer el valor económico del medio ambiente es fundamental para la toma de decisiones (Cerde & García, 2018), ya que permiten evaluar políticas públicas, planes, programas y proyectos, y determinar el uso y conservación del medio ambiente al poder incorporar sus variables a una lógica simplificada y organizada de información para un marco de costos y beneficios (Freeman III et al., 2014).

Hacer esto es complejo desde la perspectiva económica neoclásica, ya que muchos aspectos del medio ambiente carecen de propiedades transables (como en un área verde pública o el aire limpio) (Martínez, 2004). Sin embargo, a partir de la teoría microeconómica y con visión antropocéntrica, se puede establecer un valor económico del medio ambiente a partir del aumento o pérdida de bienestar de las personas producto de una “mejora o daño de un activo ambiental” (Gutiérrez, 2014. P 93) o por las contribuciones que las distintas funciones y servicios ecosistémicos hacen al bienestar humano (Freeman III et al., 2014).

Si bien estas metodologías permiten incorporar distintos componentes ambientales en la valoración económica, en Chile se han concentrado principalmente en el estudio de la calidad del aire en las ciudades de Santiago y Concepción (Cerde et al., 2007) (Mardones, 2006) y las áreas verdes comunales de La Reina en la Región Metropolitana de Santiago (Martínez, 2004), las que han concluido una disposición positiva al pago por calidad y cantidad de los bienes.

En cuanto a las áreas verdes, Martínez (2004) señala que la fuerte preferencia de los habitantes por éstas, contribuirían en aumentar el valor de venta de viviendas mientras mayor sea su cercanía. Para Figueroa (2018), su importancia radica en sus servicios ecosistémicos, lo que convierte a las áreas verdes urbanas como parques, plazas o jardines, en un valioso indicador que se ve afectado por el desarrollo de las ciudades a través del aumento de su población o su red urbana.

Por su parte, Mardones (2006) señala que la contaminación del aire provocaría un efecto negativo significativo en el precio de transacción de las viviendas, cuestión que muestra el estudio de precios hedónicos como método factible para incorporar la contaminación ambiental como variable económica; esto vuelve relevante la investigación de la valorización económica del medio ambiente, ahora, desde el punto de vista de su impacto en el valor del suelo y el desarrollo de las ciudades.

Los consumidores tampoco tienen las mismas expectativas en el territorio respecto de la elección de una vivienda, generando distintas disposiciones a pagar ante las mismas externalidades ambientales (Encinas et al., 2016). Las compensaciones, en este sentido, deben reconocer particularidades locales y de acuerdo

a las comunidades afectadas (MINVU, 2014), lo que para Encina (2016) sería determinado por el grupo socioeconómico.

En este sentido, el mercado del suelo permite entender el valor de los bienes públicos (Munroe, 2007), entre ellos, el medio ambiente; y, a su vez, permite entender de qué manera el beneficio social de la inversión pública en la protección y cuidado del medio ambiente y la calidad de vida, afecta el valor del suelo.

Es importante considerar que las externalidades ambientales positivas que terminan afectando el valor del suelo pueden contribuir de forma significativa el mercado de la vivienda, generando un impacto positivo en términos de justicia ambiental (Munroe, 2007) y social en la redistribución de las riquezas, y sobre todo, porque este mercado es el factor principal de incremento de precios de suelo urbano (Wainer et al., 2019).

La aplicación de impuestos sobre el valor del suelo es un tipo de medida que busca compensar esta distribución desigual del valor; no obstante, el cambio de las condiciones actuales sobre el suelo no es lo único que afecta su valor, sino también expectativas de revalorización (Encinas et al., 2016), en base a las posibilidades de rentar sobre un terreno por un uso futuro. Si bien la aplicación de impuestos puede provocar inhibición de cierto tipo de especulación (Wenner, 2018), va a depender del grado de liquidez del propietario (Dye & England, 2010) por lo que este fenómeno puede continuar ocurriendo pese a los desincentivos impositivos.

Otro efecto adverso de la intervención pública para generar una revalorización del suelo positiva, es que este incremento impide que otros sectores de la población puedan tener localizaciones con mejores condiciones (Carpio, 2014). Algunos países de la región, como Colombia, han incorporado políticas de captura de la plusvalía (Congreso de Colombia, 1997), definida como la participación del estado en el aumento del valor del suelo por cuestiones ajenas al mismo y su construcción, dirigidas al interés general o a proyectos de vivienda social (Munévar et al., 2018.); no obstante, la aplicación de la ley tiene problemas debido a las dificultades de la valorización y la pugna de intereses inmobiliarios y políticos. En Chile la política de subsidios, en general, tampoco ha logrado los últimos años hacer accesible el mercado de la vivienda a sectores de menores ingresos (Carpio, 2014), lo que vuelve relevante la correcta evaluación de las políticas respecto de quienes intervienen y su aplicación (Samsura et al., 2013).

Es necesario entonces entender la dimensión sistémica del valor del suelo y la necesidad de incorporar metodologías que permitan conocer el impacto específico de los servicios ecosistémicos para la aplicación de políticas públicas eficaces. Conocer el estado actual del valor del medio ambiente en la Región

Metropolitana, entonces, y sus implicancias en el valor del suelo, permitiría avanzar en una comprensión más global del impacto de la intervención pública en temas medio ambientales y un entendimiento general de la relevancia de su cuidado.

1.2 Caso de Estudio

En Chile, y, en particular, en la Región Metropolitana, el alza sostenida de precios del mercado inmobiliario ha incorporado a la población productos hipotecarios con la mitad de interés crediticio que la década pasada (Wainer et al., 2019), modificando también la expectativa de consumo. No obstante, de acuerdo al Consejo Nacional de Desarrollo Urbano (2015), las imperfecciones del mercado del suelo y su precio termina definiendo la localización de las viviendas, lo que ha generado un modelo de subsidios que afecta la calidad y tamaño de las viviendas, y su localización periférica y segregada (Wainer et al., 2019), que contrasta con un desarrollo de valores más altos hacia la zona nororiente de la región.

Esta diferencia de valores en la Región Metropolitana coincide, además, con la disponibilidad de servicios ecosistémicos, como el caso de la disposición de áreas verdes en la región, que tiene una directa influencia por la composición y distribución por grupo socioeconómico. En cuanto a otros servicios regionales, un estudio reciente de Encinas et al. (2019) permitió relacionar que la desigual distribución de la biomasa del entorno inmediato a viviendas, entre otros factores, tendría influencia en la temperatura interior de éstas, las que responderían peor en segmentos socioeconómicos más bajos y segregados, configurando una situación de pobreza energética.

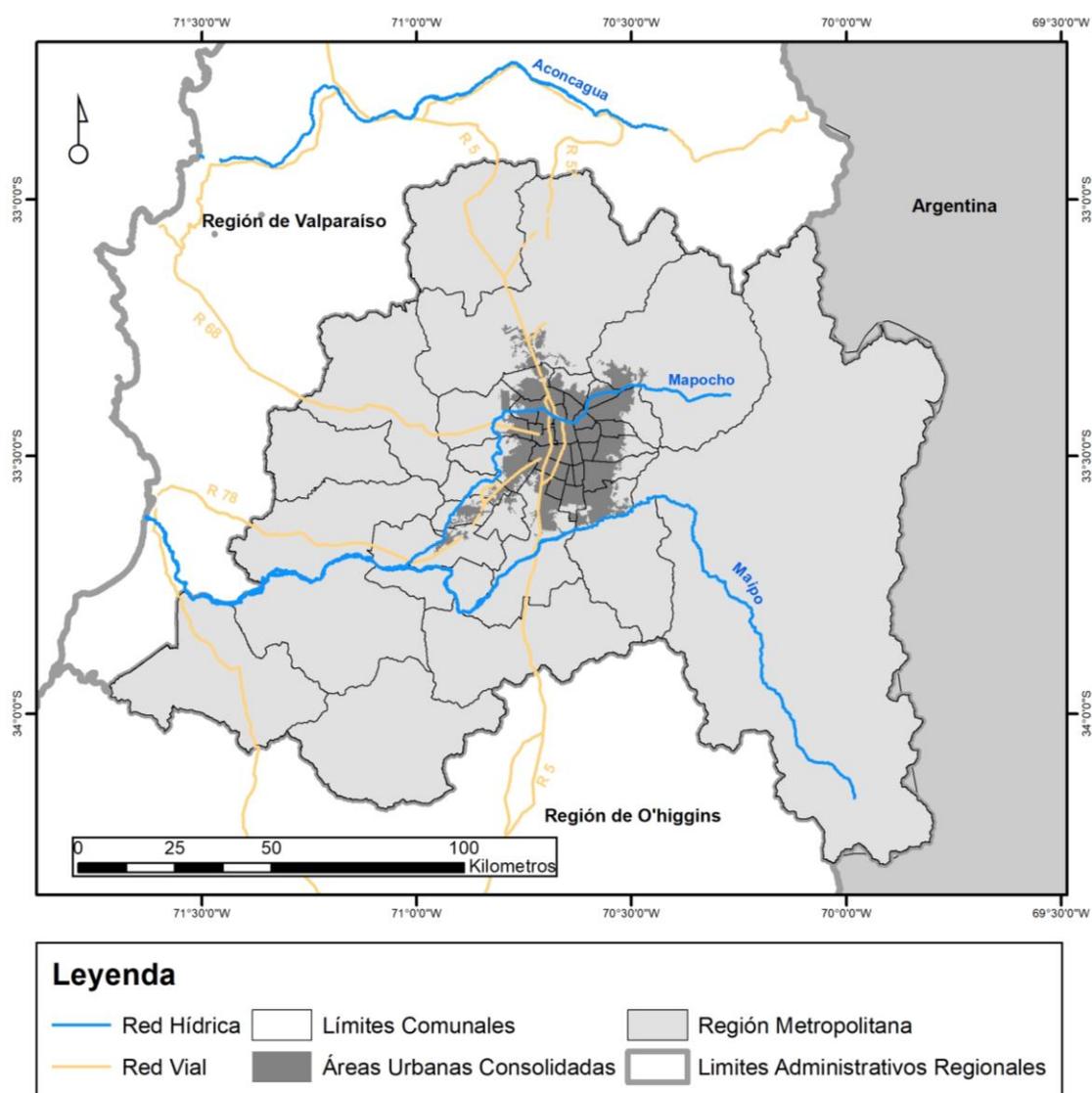
Por otro lado, si bien los SE están siendo cada vez más estudiados y hay ejemplos en Chile respecto de la su valoración económica y su incidencia en el mercado del suelo y la vivienda (Cerdeña et al., 2007; Mardones, 2006; Martínez, 2004), a nivel sistémico hay pocos estudios que aborden un mapeo de todos los SE (Burkhard et al., 2012; Montoya-Tangarife, 2018), sobre todo por la complejidad de la obtención de los datos. Investigaciones de Montoya-Tangarife et al., (2017) en la Región Metropolitana y Valparaíso constituyen un importante avance, ya que permiten comprender los beneficios de los ecosistemas a partir de la asociación de los servicios ecosistémicos al paisaje, por medio de metodologías de valoración basadas en coberturas del suelo por teledetección.

En la región metropolitana se han mapeado 9 tipos de coberturas terrestres y/o elementos del paisaje capaces de ofertar SE (Montoya-Tangarife, 2018). Dadas sus características, hay algunos SE cuyos beneficios pueden ser transferidos a otros lugares distantes de su localización. Por ejemplo, hay servicios asociados a un parque o una plaza en la captura de CO₂ que contribuyen al sistema global, pero hay otros como la reducción de ruido que no son posibles de transferir (Bolund & Hunhammar, 1999).

Dada la morfología de la Región Metropolitana, la identificación de las áreas de influencia de cada servicio se vuelve compleja, ya sea por la disponibilidad de los datos, como por la extensión del tejido urbano (Montoya-Tangarife et al., 2017). Incluso, hay servicios de provisionamiento, como los terrenos cultivables, donde, en el contexto rural de la región, sus beneficios pueden ser valorados de forma diversa.

La relación entre mercado inmobiliario y servicios ecosistémicos en aun más difusa. En términos regionales, es complejo comparar la situación de urbanizaciones discontinuas como las de las comunas de Alhué, Melipilla o Isla de Maipo, con lo que ocurre en el denominado Gran Santiago (INE & MINVU,

Figura 1. Área Urbana Consolidada Principal de la Región Metropolitana



Fuente: Elaboración propia a partir de Mimvu (2018) Medida física de la extensión urbama.

2018). En este sentido, se escoge como caso de estudio el área urbana consolidada principal (INE & MINVU, 2018) de la Región Metropolitana del 2017 para permitir una comparación en la varianza del valor del suelo a partir de la valoración de los servicios ecosistémicos, en un área urbana continua.

Así mismo, esta escala permite considerar la aplicación de instrumentos de planificación territorial vigentes a la fecha anterior, como el PRMS, que establece el límite urbano y condiciones estructurales que explican algunas dinámicas principales del mercado que, de no considerarlas, podrían dificultar el análisis.

1.3 Pregunta de Investigación

¿Cómo incide en la configuración del valor del suelo la distribución y valorización de los servicios ecosistémicos de la Región Metropolitana de Santiago?

1.4 Hipótesis

La valoración de los servicios ecosistémicos en la Región Metropolitana de Santiago varía en función de la percepción cultural de los servicios, de la disposición al pago de los grupos de mayores ingresos y de la cercanía de la oferta de SE.

Esto se produce debido a que en sectores de menores ingresos los SE tienen una mayor dispersión, disminuyendo la percepción positiva de ciertos servicios, de tal forma que no generan un aumento de la demanda para el mercado inmobiliario. Esto viene a confirmar los altos niveles de segregación en la Región Metropolitana y un impacto negativo sobre la protección y el cuidado del medio ambiente.

Así mismo, los servicios ecosistémicos asociados a parques urbanos, ubicados en sectores con mayor presencia de grupos socioeconómicos bajos y mayores niveles de segregación urbana, son menos valorados debido a una menor presencia de otros ecosistemas urbanos asociados y una menor priorización de la demanda por estos servicios sobre otras variables socioespaciales.

1.5 Objetivo General

Determinar la variación de la incidencia de la valorización de los servicios ecosistémicos y su distribución espacial, en el valor del suelo en la Región Metropolitana de Santiago.

1.6 Objetivos Específicos

Definir los servicios ecosistémicos en la Región Metropolitana que tienen mayor impacto en el valor del suelo

Identificar qué aspectos de la valoración de los SE pueden incorporarse en la composición del valor del suelo

Determinar la influencia espacial de los servicios ecosistémicos en el valor del suelo en base a su localización.

Identificar el comportamiento de la varianza en el valor del suelo, respecto de los lugares con acceso a servicios ecosistémicos y composición socioeconómica similar.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Valoración del Medio Ambiente

La valoración económica del Medio Ambiente es una temática que hasta la actualidad plantea la pregunta sobre la pertinencia de valorar nuestro ecosistema. Si bien, hay una razón tras la valoración que permite entender las relevancias de las variables ambientales para la toma de decisiones, también es cierto que valorar significa plantear la posibilidad de que se pague el precio del costo por ese servicio ecosistémico y que desaparezca. Algunos autores ya le han puesto valor a la tierra completa (Costanza et al., 1997), donde la pura pregunta se puede interpretar como la disposición a pagar el costo, entendiéndose que no existe solo una visión utilitaria del medio ambiente sino que tiene un valor en sí mismo (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

No obstante, las preferencias de los individuos de la sociedad por el medio ambiente (Cerde & García, 2018) generan un valor económico que dista mucho del valor de mercado (Freeman III et al., 2014). Cuando cambia el bienestar de un consumidor por alguna alteración en el medio ambiente (transformación, mejora o degradación), podemos determinar el valor que le asigna ese cambio en función de su disposición a pagar o ser compensados monetariamente por él (Cerde et al., 2007). Al medir entonces el cambio del bienestar podemos conocer la variación en el excedente consumidor y en el excedente productor, la variación compensada y la variación equivalente, lo que permite asignarle un valor económico al medio ambiente.

En la función de demanda, el excedente del consumidor nos permite determinar la diferencia entre el precio pagado y lo que se está dispuesto a pagar, por lo que una modificación determinará una pérdida o ganancia de beneficio (Freeman III et al., 2014). Esta modificación de beneficio permite determinar la variación compensada y equivalente y, por consiguiente, la disposición a pagar o recuperar ese beneficio.

Estas variaciones son medidas con las que podemos conocer, la cantidad monetaria máxima que un individuo estaría dispuesto a pagar o recibir en compensación ante un cambio favorable o desfavorable,

y varían en relación con la situación en que se encuentra el individuo respecto del cambio (Vásquez et al., 2007).

De acuerdo a Freeman (1996), para determinar el valor económico de los flujos de servicios ecosistémicos se pueden considerar tanto como recursos económicos convencionales, como recursos ambientales para el soporte vital, como oportunidad recreativa, como contenedor de residuos o subproductos de la actividad económica o como soporte genético ante la acción antropogénica.

De esta manera, estas perspectivas y su utilidad han generado mayor demanda y estímulos en torno a la necesidad de que existan enfoques ecológicos, económicos y sociales para la gestión ambiental o que incluya este tipo de variables ambientales (Daily et al., 2000) en la toma de decisiones.

No obstante, este tipo de valoración es compleja debido a la disponibilidad de los datos (Burkhard et al., 2012) y a la percepción sobre los beneficios del medio ambiente hacia el ser humano (servicios ecosistémicos), que puede variar en función de la comprensión del beneficio (Fisher & Kerry Turner, 2008) lo que dificulta en la metodología de obtención de valores (Ludwig, 2000).

Una de las aproximaciones más relevantes para la valoración del medio ambiente a partir de los SE es la aportada por Burkhard et al. (2009), que permite, por medio de una matriz de doble entrada, determinar la demanda y oferta de los SE a partir de la valoración experta de los ecosistemas. Utilizando este tipo de técnicas, es posible obtener gran cantidad de datos que pueden ser extrapolados mediante procedimientos geoestadísticos, que permitan relacionar los fenómenos espaciales relativos a los SE y las dinámicas del espacio o la economía regional.

Utilizando herramientas de Sistemas de Información Geográfica y modelos de regresión lineal múltiple, Da Silva & Cardozo (2016) relacionaron variables medioambientales con el precio del suelo a través de técnicas de precios hedónicos. Esto no solo permite entender la utilidad de la valoración del medio ambiente y sus SE, sino que también abre la posibilidad de obtener una valoración a partir del valor del suelo, como variable de análisis indirecto para la comprensión sistémica del medio ambiente.

2.2 Servicios Ecosistémicos

Los Servicios Ecosistémicos (SE) suelen definirse como “los beneficios que las personas obtienen de la naturaleza” (Millennium Ecosystem Assessment, 2005. P5. Traducción Propia) o de los ecosistemas (Seppelt et al., 2011). Sin embargo, no hay un consenso claro respecto de las dimensiones de los beneficios que nos proveen (Fisher & Kerry Turner, 2008), ya que en muchos casos la concepción del beneficio depende del observador y de decisiones más bien subjetivas (Burkhard et al., 2012).

El constante impacto del desarrollo de las sociedades sobre el ecosistema, por medio de la modificación de sus patrones de consumo o producción que hacen uso de los recursos naturales, terminan afectando al ecosistema mismo, y, finalmente, también al ser humano (Burkhard et al., 2012). Es en la comprensión del beneficio que estos impactos pueden modificar su comportamiento con el medio. Al mismo tiempo, en tanto exista un beneficio para el ser humano, las funciones y procesos pueden ser considerados servicios (Fisher et al., 2009), por lo que para Burkhard et al. (2012) lo conecta directamente con la demanda.

Esta relación entre el comportamiento de las personas y los cambios que provoca sobre los ecosistemas y el mismo ser humano han permitido el desarrollo de modelos de valoración a partir de la pérdida de calidad percibida de los beneficios que entrega el ecosistema, percepción que vuelve compleja la evaluación de esos cambios (Haines-Young & Potschin, 2010)

Otra complejidad, además de la falta de consenso sobre los beneficios y la dificultad propia de los modelos de evaluación, surge de la posibilidad de realizar doble conteos sobre los servicios ecosistémicos (Burkhard et al., 2012; Daily, 1997; Fisher & Kerry Turner, 2008; Kandziora et al., 2013), ya que pueden haber componentes de estos servicios que se superpongan a otros y se realice una valoración de ambos de forma simultánea.

Las clasificaciones, en este sentido, buscan hacer explícito el vínculo entre bienestar humano y servicios prestados por los ecosistemas (Fisher & Kerry Turner, 2008), cuestión que ha variado desde los primeros listados de Daily (1997), que incorporó desde purificación del aire y del agua hasta la belleza estética. Posteriormente, aparecerían las categorías del “Millennium Ecosystem Assessment” (2005) de soporte, aprovisionamiento, regulación y cultura, hasta las definiciones de “The Economics of Ecosystems and Biodiversity” (TEEB, 2010), que acota el listado de servicios.

Además de las clasificaciones, se ha vuelto cada vez más necesario el mapeo de los SE para mejorar su reconocimiento, identificar su distribución espacial y los cambios en el tiempo, junto con contribuir a la valoración de la biodiversidad y a la valoración económica, cuestiones clave para la toma de decisiones (Burkhard et al., 2009) y la planificación del territorio (Vargas, 2016).

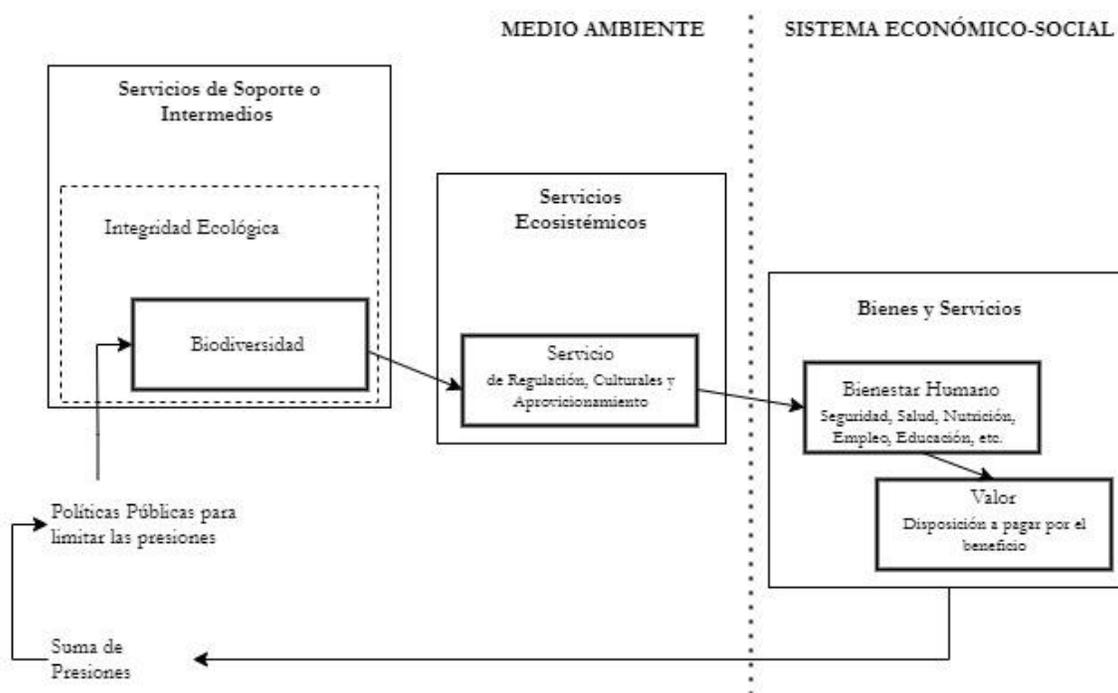
Pese al pronunciado interés por el estudio de los SSEE; no obstante, estas metodologías siguen siendo escasas a nivel local (Burkhard et al., 2012). Incluso en Chile, de acuerdo a un estudio realizado por de la Barrera et al. (2015), se constató una baja presencia de investigaciones que realizaran mapeos y/o modelaciones de SE, y una aún más baja participación en políticas públicas, concentrándose

principalmente en el mapeo de la cobertura arbórea (Fernández & de la Barrera, 2018) al interior de las ciudades.

Al respecto, los servicios ecosistémicos en las áreas urbanas tienden a tener una clasificación más específica que diferencia el arbolado callejero, césped y/o parques urbanos, tierras cultivadas, lagos y arroyos (Bolund & Hunhammar, 1999), por su contribución a la salud pública y la calidad de vida de los habitantes de las ciudades. Recientes estudios en la Región Metropolitana de Santiago de Chile han analizado cuatro tipos vegetaciones urbanas presentes en la ciudad, caracterizadas en herbáceas temporales, herbáceas permanentes, arbórea caducifolia y arbórea siempre verde (Fernández & de la Barrera, 2018) y que cumplen un rol relevante para el hábitat de la fauna urbana (Faeth et al., 2011).

La teledetección, en este sentido, se ha convertido en una herramienta con gran capacidad para poder analizar el territorio en su extensión. Es posible evaluar servicios ecosistémicos múltiples, basándose en el modelo de cascada (Figura 2), que permite conectar las estructuras y procesos biofísicos, con la función de los ecosistemas, sus servicios, los beneficios y la valorización de los seres humanos de esos beneficios (Haines-Young & Potschin, 2012).

Figura 2. Cascada de Servicios Ecosistémicos



Fuente: Adaptado de Haines-Young & Potschin (2012), Potschin & Haines-Young (2011) y Kandziora et al., (2013)

Gracias a este modelo podemos aproximarnos a los SE a partir del estudio del paisaje. Para Wu (2013), la sustentabilidad del paisaje corresponde a la capacidad del mismo para entregar servicios ecosistémicos. Por medio de las homogeneidades o discontinuidades del paisaje, es posible delimitar y espacializar los ecosistemas (von Bernath et al., 2018), por lo que técnicas como la teledetección facilitan la discriminación de las coberturas del suelo para estudiar las dinámicas del paisaje (Mancilla, 2020), y, con ello, delimitar los ecosistemas que aportan los servicios ecosistémicos.

El más reciente mapeo de ecosistemas en la Región Metropolitana fue realizado siguiendo el modelo de cascada, a partir de la delimitación de ecosistemas por teledetección de coberturas de suelo (Montoya-Tangarife et al., 2017; Montoya-Tangarife, 2018). Una vez distribuidos espacialmente los ecosistemas, se determinó la oferta potencial de servicios ecosistémicos a través del uso del criterio experto (Burkhard et al., 2012), lo que permitió mapear los SE asociados. Es precisamente con estos avances que es posible pensar en un próximo escenario donde los SE sean parte activa de la planificación territorial y las políticas públicas.

2.3 Valor del Suelo

Las políticas en torno al acceso a la vivienda y al suelo urbano en Chile han estado muy presentes en la actualidad, sobre todo por el aumento significativo del valor de la vivienda en las últimas décadas (Wainer et al., 2019). Si bien los factores que determinan el aumento son variados, es posible establecer que existen acciones del estado sobre el territorio que contribuyen a estas alzas, como la construcción de un metro (Rivas, 2015) o el aumento de la densidad permitida producto de cambios en la normativa.

No obstante, el precio de transacción de la vivienda no es lo mismo que el valor del suelo. Algunos autores han estudiado las variaciones del valor del suelo de transacciones de suelo en la Región Metropolitana (Wainer et al., 2019) donde detallan que el fenómeno de alzas de valores de la vivienda no estaría asociado al valor del suelo. Por su parte, otros estudios en la región cuestionan la interacción entre inmueble y suelo de tal forma que los atributos de un inmueble pueden afectar al de sus vecinos (Encinas et al., 2016); por lo tanto, la composición del valor del suelo no se puede traducir solo en sus transacciones sino en las dinámicas que lo condicionan y en su localización.

En la actualidad, en el mercado inmobiliario chileno, el valor del suelo está directamente ligado al valor de venta de los inmuebles, y este valor de venta a las capacidades financieras. En este sentido, cuando un inmueble aumenta su valor, sin cambiar las condiciones de producción, lo que aumenta es el valor del suelo (Encinas, Truffello, et al., 2019). Es en el valor de cambio del suelo donde intervienen las condiciones estructurales y los atributos de su entorno (Munroe, 2007), pero también la especulación sobre el mercado del suelo por los dueños de la renta urbana (Jofré, 2006).

El mercado inmobiliario trabaja sobre los atributos, pero, también, consolida un imaginario en torno a la definición de la demanda, como el de la clase media alta que valora la accesibilidad del área residencial, vivir cerca del trabajo, acceso a zonas verdes y estacionamiento y la belleza del entorno, (Fuentes & MacClure, 2020) y terminan influyendo en la construcción de los espacios y de quienes pueden acceder a él, cuestión que el mercado inmobiliario potencia. Hay otros sectores carentes de la capacidad de decisión, relegados a subsidios o formas informales de habitación, y ahí el mercado inmobiliario no tiene respuestas acordes. En Chile, la política de subsidios, en general, tampoco ha logrado los últimos años hacer accesible el mercado de la vivienda a sectores de menores ingresos, principalmente, porque son capturados por la oferta (Carpio, 2014), subiendo los valores generales o generando dinámicas de densificación en zonas periféricas, lo que contraviene la función social del suelo de la Política Nacional de Desarrollo Urbano, que busca avanzar hacia terrenos bien localizados que favorezcan la integración social (Consejo Nacional de Desarrollo Urbano, 2015)

Es el mercado inmobiliario el que termina aprovechando esos atributos, de los que interviene parcialmente, afectando el valor del suelo. Al respecto, y ante al cuestionamiento del modelo que han sucedido los últimos años en Chile en torno a la propiedad, han surgido ideas para poder capturar parte de ese incremento en el valor del suelo donde el estado haya influido en su alza (Jofré, 2006), lo que significaría un cambio sustantivo en la forma que entendemos la producción de la ciudad, los actores que intervienen y las lógicas políticas que lo condicionan (Ahumada, 2021).

Este tipo de políticas de recuperación o participación de plusvalías, que suponen capturar el aumento en el valor del suelo, producto de acciones del estado que no tengan que ver con las propiedades estructurales del bien, tienen como fin la redistribución de la renta (Jofré, 2006). En Colombia han incorporado políticas de captura de la plusvalía desde 1997 (Congreso de Colombia, 1997), que tiene como objetivo al interés general o a proyectos de vivienda social (Munévar et al., 2018.). Si bien en Chile el modelo institucional no permite dirigir los impuestos a políticas específicas, las políticas de este tipo tienen, adicionalmente, una función simbólica de redistribución de riquezas.

En el contexto latinoamericano en general, si bien hay particularidades propias de cada territorio, existen dinámicas macroestructurales que han provocado el aumento desmedido del valor de los suelos, junto con una gran presencia de informalidad y segregación urbana y una gran capacidad del suelo de retener plusvalías (Barco & Smolka, 2007).

Pero no son solo las intervenciones estatales en infraestructura pública las que actúan como atributos que aumentan el valor del suelo. También son las variables ambientales, como las áreas verdes (Cerdeira et al., 2007; Martínez, 2004) o la calidad del aire (Mardones, 2006), las que pueden generar plusvalías capturables

por parte del estado. No obstante, a diferencia del aumento claro del valor en el mercado inmobiliario asociado a las intervenciones en infraestructura pública, como la instalación de un metro, la incidencia del medio ambiente es más compleja de analizar, sobre todo cuando no se realiza de forma sistémica.

Poder relacionar la valoración de los ecosistemas con el valor del suelo, entonces, daría muchas más herramientas para la gestión del territorio y para poder avanzar en políticas de redistribución de la riqueza que no solo compensen económicamente, sino que valoren, protejan y potencien los SE hacia un ecosistema urbano sustentable.

2.4 Valor Ambiental, suelo urbano y factores socioeconómicos

La relación entre variables ambientales como la calidad del aire o del clima y la disponibilidad y cercanía de áreas verdes, entre otras, con el mercado inmobiliario, ha estado presente en varios estudios dentro de Chile (Cerdea et al., 2007; E. Figueroa et al., 2016; P. Figueroa, 2018; Gutiérrez, 2014; Mardones, 2006; Martínez, 2004).

La investigación de Cerdea et al. (2007) en Santiago concluye que existe una disposición positiva a pagar en proyectos que mejoren la calidad ambiental, por ejemplo, en la incorporación de áreas verdes que contribuyan en el mejoramiento de la calidad del aire. Respecto de la calidad del aire, en la intercomuna Concepción-Talcahuano, Mardones (2006) señala que una mala calidad del aire afecta negativamente el precio de las viviendas.

En el mercado de la vivienda, las expectativas respecto de las externalidades ambientales y el nivel socioeconómico también afecta la elección de una vivienda (Encinas et al., 2016). No obstante, en grupo más excluidos que no pueden acceder a este mercado, el sistema de subsidios tampoco ha logrado transferir las expectativas de localización y externalidades ya que esos mismos mecanismos de subsidio también afectan el valor final (Carpio, 2014).

Por su parte, Martínez-Harms et al. (2018) determinaron diferencias socioeconómicas en los viajes y las distancias a Áreas Protegidas, de tal forma que visitantes de comunas de mayor ingreso visitaban lugares más lejanos (y también se localizaban más cerca a Áreas Protegidas), mientras que visitantes de comunas de menor ingreso visitaban áreas más cercanas, sin descartar algunas otras características socioeconómicas como la edad, el género y la educación.

Otras investigaciones en Chile que relacionan la percepción sobre clima y los grupos socioeconómicos. En la ciudad de Chillán se determinó que el grupo socioeconómico de altos ingresos tenía 100% de *disconfort* térmico sobre un espacio público, al que personas del grupo socioeconómico de menores ingresos tenían un 75% de *disconfort* térmico y un 25% de confort térmico (Smith & Henríquez, 2019).

Esta percepción estaría vinculada con el nivel de escolaridad y las distintas expectativas que se tendrías sobre el uso del espacio. En esta misma ciudad, Smith & Henríquez (2021) detectaron que los mayores niveles de calidad climática estarías asociados a espacios públicos en sectores donde habita población de grupos socioeconómicos más alto; por el contrario, los menores niveles de calidad climática están asociados a espacios contiguos a donde habitan la mayor cantidad personas de grupos socioeconómicos más bajos.

Esta relación entre provisión SSEE y condiciones socioeconómicas también ha sido a nivel temporal. En un estudio realizado por Dobbs et al. (2018) que evalúa los SSEE de Santiago durante un periodo de 30 años, detecta una variación del índice de oferta de Servicios Ecosistémicos vinculado con niveles socioeconómicos de tal forma que las comunas donde se evidenció una mayor disminución del índice a lo largo de los años correspondían a aquellas con bajos ingresos; por el contrario, las comunas de mayor ingreso, presentaron el mayor aumento del índice.

La provisión y distribución de los SSEE respecto del nivel socioeconómico no solo se asocia al ingreso, sino también la fragmentación de los SSEE, la densidad de población, la educación y la diversidad cultural (Dobbs et al., 2014) estableciendo relaciones positivas de provisión ante mayor nivel educacional, y relación negativa ante el aumento de la población; por otra parte la fragmentación podría aumentar servicios culturales a su vez de ser peores para el drenaje y la productividad.

La capacidad de incidir en el mercado del suelo y la diversidad de expectativas que relacionan a los consumidores con el medio ambiente y su valoración da cuenta de un escenario diverso y variable donde las condiciones espaciales y dinámicas urbanas, además de los factores socioeconómicos, podrían contribuir a la explicación de este sistema de relaciones.

3 METODOLOGÍA

3.1 Enfoque metodológico.

La investigación presenta un enfoque cuantitativo-deductivo adaptando los modelos de empleados por Da Silva & Cardozo (2016) y Encinas, Truffello, et al. (2019), para regresión geográficamente ponderada en el cálculo y análisis de las variables que inciden en el valor del suelo, utilizando herramientas de Sistemas de Información Geográfica.

Para el cálculo y mapeo de la valoración de ecosistemas se emplea una matriz de doble entrada basada en criterio de cinco expertos y utilizada por Burkhard et al., (2009), Montoya-Tangarife et al. (2017) y (Montoya-Tangarife, 2018), donde se cotejará el potencial de 8 ecosistemas de proveer 5 servicios

ecosistémicos en una escala de 0 a 5, donde 0 significa que no tiene potencial relevante y 5 que cuenta con el potencial máximo.

Para relacionar las variables de valor del suelo y valoración de los servicios ecosistémicos se utilizarán variables homologables a la metodología de precios hedónicos introducida por Ridker & Henning (1967) y utilizada por Rivas (2015) y Mardones (2006), que permite determinar, por medio de técnicas de correlación espacial, la incidencia de un conjunto de variables en la conformación del precio del suelo (Da Silva & Cardozo, 2016).

El estudio y valoración de variables sigue una lógica deductiva (Hernández Sampiri et al., 2010), que busca generar conclusiones orientadas a comprobar la hipótesis. Además, por medio de esta investigación, se busca elaborar una metodología base para aplicar el estudio de valores en otras regiones, y su actualización periódica en la Región Metropolitana.

3.2 Muestra

El caso de estudio corresponde al área urbana consolidada principal (INE & MINVU, 2018) de la Región Metropolitana de Santiago (figura 3) con una población total de 6.849.310 personas (Encinas, Truffello, et al., 2019) y con 2.056.066 viviendas en una superficie de 83.789 ha. Se escoge esta extensión para permitir una comparación en la varianza del valor del suelo por características ecosistémicas a nivel de zona censal.

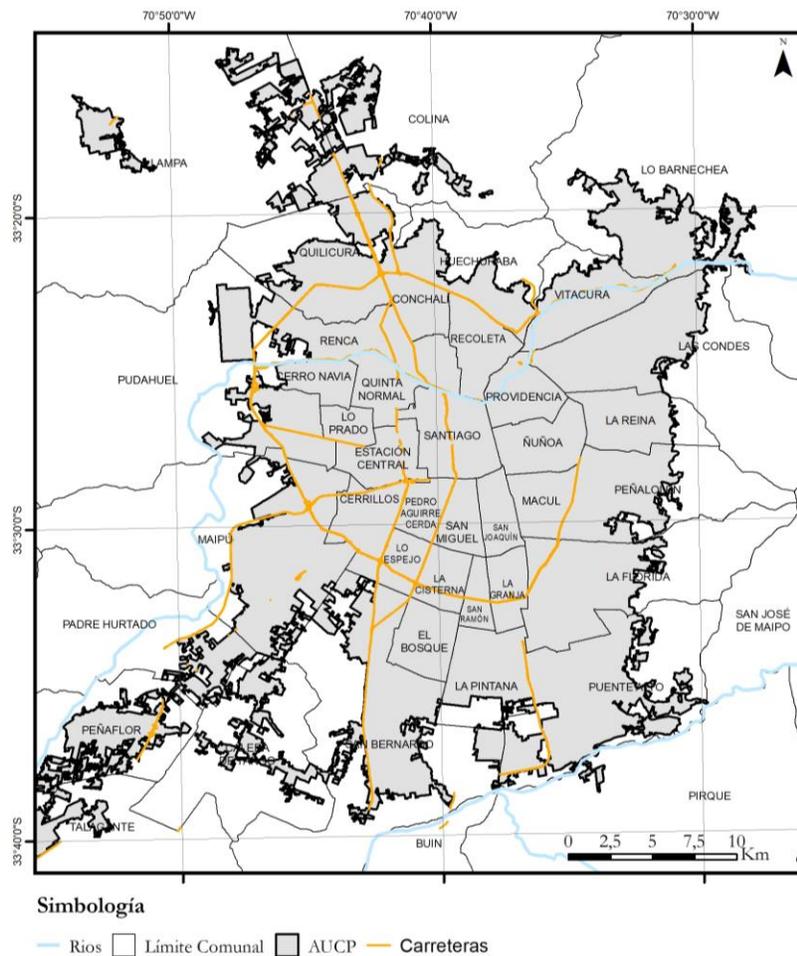
Al analizar el área urbana consolidada principal es posible aislar los fenómenos que afecten al valor del suelo por el límite urbano y por el valor de producción debido a que concentra gran parte de los servicios de provisionamiento. Por su parte, el área escogida es continua, lo que permite realizar análisis topológicos por contigüidad.

La metodología de muestreo será probabilística y el tamaño será todas las transacciones de vivienda y suelos registradas en los conservadores de bienes raíces de la región del año 2017 y facilitadas por la empresa Inciti¹.

La falta de datos de transacciones ya sea por problemas de localización de los datos, errores en la captura de datos o ausencia de transacciones, serán resueltas por medio de análisis de interpolación geoestadística.

¹ La empresa Inciti facilita la base de datos de registro de transacciones para el uso exclusivo de esta tesis

Figura 3. Mapa del área de estudio



Fuente: Elaboración propia.

3.3 Operacionalización.

Para llevar a cabo esta investigación que engloba conceptos y temáticas diversas se realiza una operacionalización de variables que dé cuenta de los procedimientos llevados a cabo para relacionar los conceptos y definir los productos que se esperan como resultado (Tabla 1).

Para definir los SE con mayor impacto en el valor del suelo, se considerará la posibilidad de realizar un doble conteo de los beneficios entregados. En este sentido, se diferenciarán las funciones de los ecosistemas de los servicios directos que benefician al ser humano, por lo que se utilizará la clasificación de Kandziora et al., (2013) que incorpora las categorías de servicio de provisión, regulación y cultural.

Para determinar la incidencia de los SE en el valor del suelo se busca relacionar su localización como una variable que afecta la estructura del valor del suelo. Es decir, de forma indirecta, se pretende valorar los SE por medio de la demanda de un bien transable (E. Figueroa et al., 2016); el modelo de precios hedónicos permite cuantificar el impacto en el precio a partir de un atributo (Ridker & Henning, 1967), en este caso, ambiental (Albarracín et al., 2018; Pérez, 2016) y ha sido utilizado en Chile en diversos campos asociados al medio ambiente (E. Figueroa et al., 2016; Mardones, 2006; Nuñez & Schovelin, 2002; Rivas, 2015).

Tabla 1. Operacionalización

Conceptos	Metodología	Escala	Datos	Producto
Servicios Ecosistémicos	Criterio Experto	Regional	Listado de Servicios	Matriz doble entrada
	SE a partir del Paisaje	Regional	Cobertura	Mapeo Coberturas
			Mapeo Valor Suelo	
Incidencia SE en el valor del suelo	Modelo de precios hedónicos mediante Regresión Geográficamente Ponderada	Regional	Mapeo SE (Cobertura y Consulta Experta)	Formulación del Modelo de Precios Hedónicos
			Mapeo Variables Precios Hedónicos	
Influencia local de los SE	Autocorrelación espacial local	Comunal	Mapeo Coberturas Mapeo Valor Suelo	LISA
Varianza de SE en valor del suelo	Análisis de Clúster	Regional	Mapeo RGP Mapeo GSE	Mapeo de Indicador SE en valor de suelo

Fuente: Elaboración propia.

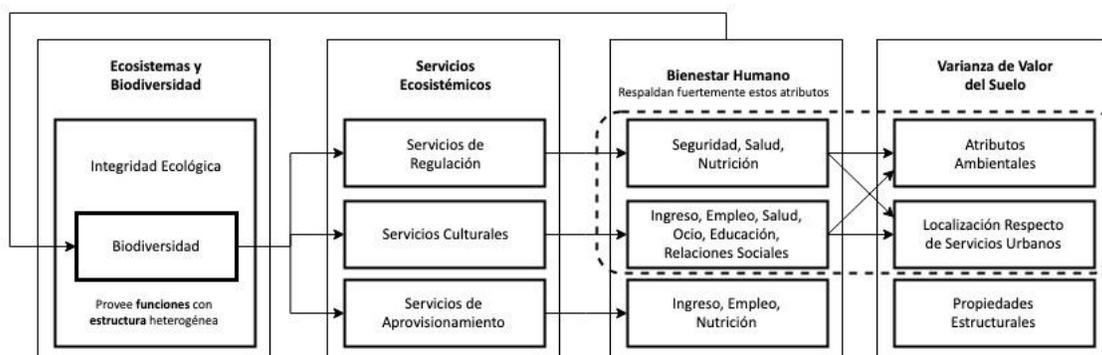
Para determinar el rango de influencia de los SE, dado que objeto de estudio tiene una escala regional y que se desea conocer el impacto de la valoración de estos servicios en la varianza del valor del suelo, se evaluarán los SE disponibles a escala local cuyo beneficio no sea transferible de un lugar a otro (Bolund & Hunhammar, 1999; Herreros-Cantis & McPhearson, 2021); en este sentido, se utilizará la categorización implementada por Mardones (2006) que investigó el impacto de la percepción sobre la calidad del aire en Concepción, que dividió en atributos estructurales de la vivienda y su localización, respecto de servicios urbanos y atributos ambientales (Figura 4). Así mismo, se analizará su impacto en los servicios de regulación y culturales, debido a que los servicios de aprovisionamiento no impactan

diferenciadamente en la zona urbana como los ecosistemas asociados al cultivo, ganado doméstico, madera, pesca, acuicultura o bosque silvestre (Kandziora et al., 2013).

3.4 Técnicas de Investigación y análisis de datos

La recolección de datos será por fuentes secundarias y primarias. Para estimar el valor del suelo se utilizarán los valores de las transacciones de vivienda de 2017 y se empleará el método de interpolación geoestadística Kriging (Webset & Burgess, 1980) donde se determinará el valor en los sectores en los que

Figura 4. Cascada de servicios ecosistémicos e impacto en varianza de valor del suelo.



Fuente: Elaboración propia a partir de Kandziora et al., (2013) y Mardones (2006).

no existen datos. Los resultados se generalizarán a nivel de zona censal para interactuar con otras variables obtenidas a esa escala a partir del último censo poblacional del 2017.

Así mismo, se realizarán análisis de autocorrelación espacial a nivel local LISA (Anselin, 1995) para determinar las asociaciones locales a las variables analizadas. El LISA permite detectar las asociaciones espaciales entre las variables y la identificación de “outliers” o valores atípicos. De esta forma, se podrán conocer aquellos lugares donde existe una alta asociación entre valores de suelos altos o bajos, y potenciales de oferta de servicios ecosistémicos altos o bajos.

Para la comparación de sectores se realizará un análisis de clusterización utilizado por Schirpke et al. (2019), considerando las características de los servicios ecosistémicos y la distribución poblacional por grupo socioeconómico, basado en el método de análisis K Means. Este tipo de análisis busca caracterizar zonas similares pero distantes espacialmente que posean situaciones similares y permite obtener información para la toma de decisiones.

Para determinar el impacto en la varianza de los valores de suelo, se utilizará la comparación de variables asociadas a la metodología de precios hedónicos ampliamente utilizado para para este tipo de estudios (Da Silva & Cardozo, 2016; Nuñez & Schovelín, 2002), porque permite determinar la composición del valor a partir de las diferencias entre las distintas variables (Freeman III et al., 2014). Se utilizará la categorización de Atributo Ambiental y Localización de Servicios Urbanos, cuyo peso será determinado mediante los modelos de regresión geográficamente ponderada y autocorrelación espacial. La función queda descrita para el valor de suelo P observado, tal que:

$$P_{Yi} = P_{yi}(Z_{i1}, Z_{i2}, \dots Z_{ij} \dots Z_{in})$$

Donde Y_i corresponde a un modelo de un vector paramétrico donde $Z = (Z_{i1}, Z_{i2}, \dots Z_{ij} \dots Z_{in})$ corresponde al vector de características.

Las variables independientes a analizar se basan en el modelo hedónico empleado por Da Silva & Cardozo (2016), donde se definen los siguientes criterios de densidad de población: distancia a paraderos, índice socioeconómico y diversidad de usos.

Para obtener las coberturas de suelo del año 2017, se realizó una clasificación supervisada en la plataforma *Google Earth Engine (GEE) Code Editor* con imágenes Copernicus Sentinel nivel 2A. GEE es una plataforma online de análisis geoespacial, en la cual se puede acceder a una serie de base de datos de imágenes satelitales de manera libre, utiliza los lenguajes de programación de JavaScript y *Python*, cuenta con una biblioteca con script a disposición de usuario para el cálculo de diferentes tipos de operaciones y permite guardar y compartir los trabajos realizados (Mutanga & Kumar, 2019; Gorelick *et al.*, 2016). La misión Sentinel 2 se compone de dos satélites en órbita, cubre una extensión de 290 kilómetros, con una resolución temporal de 5 días y con resolución espacial de 10, 20 y 60 metros (Lefebvre *et al.*, 2016). Las imágenes Sentinel 2A poseen una corrección en la base de la atmósfera BOA (Bottom-Of-Atmosphere reflectances), esto significa que la imagen posee una corrección de los efectos de dispersión y absorción de gases y aerosoles atmosféricos (Chen *et al.*, 2018), en la tabla 2 se presentan las características de las bandas multispectrales.

Tabla 2. Operacionalización clasificación de Coberturas

Resolución espacial (m)	Bandas	Longitud de onda central (nm)
10	2 (Blue)	492.4
	3 (Green)	559.8
	4 (Red)	664.6
	8 (NIR)	832.8
20	5 (Vegetation Red Edge)	704.1
	6 (Vegetation Red Edge)	740.5
	7 (Vegetation Red Edge)	782.8
	8a (Vegetation Red Edge)	864.7
	11 (SWIR)	1613.7
	12 (SWIR)	2202.4
60	1 (Coastal Aerosol)	442.7
	9 (Water Vapour)	945.1
	10 (SWIR-Cirrus)	1373.5

Fuente: Elaboración propia en base a lo presentado en:

<https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions/sentinel-2/instrument-payload/resolution-and-swath>

La clasificación fue realizada con un promedio de imágenes entre los meses de enero y marzo, con la finalidad de evitar la clasificación de vegetación esporádica, también se utilizó un filtro de cobertura de nubes de un máximo de 20% y, para mejorar la clasificación de las cubiertas vegetacionales, aparte de las bandas propias de Sentinel 2 se agregó el índice de vegetación normalizado (NDVI), su fórmula es la que se presenta a continuación:

$$NDVI = \frac{B8 - B4}{B8 + B4}$$

De acuerdo con el objetivo de la investigación se identificaron un total de 8 coberturas (Tabla 3), para realizar los puntos de entrenamiento se utilizó la combinación RGB de las bandas 4-3-2 que representa el color natural y la combinación de falso color 8-11-4, la cual es utilizada para la discriminación de vegetación. De los puntos de entrenamiento se utilizó el 70% para el clasificador *Random Forest* y los valores restantes para el cálculo de la precisión con el índice de Kappa (Mancilla-Ruiz et al., 2021).

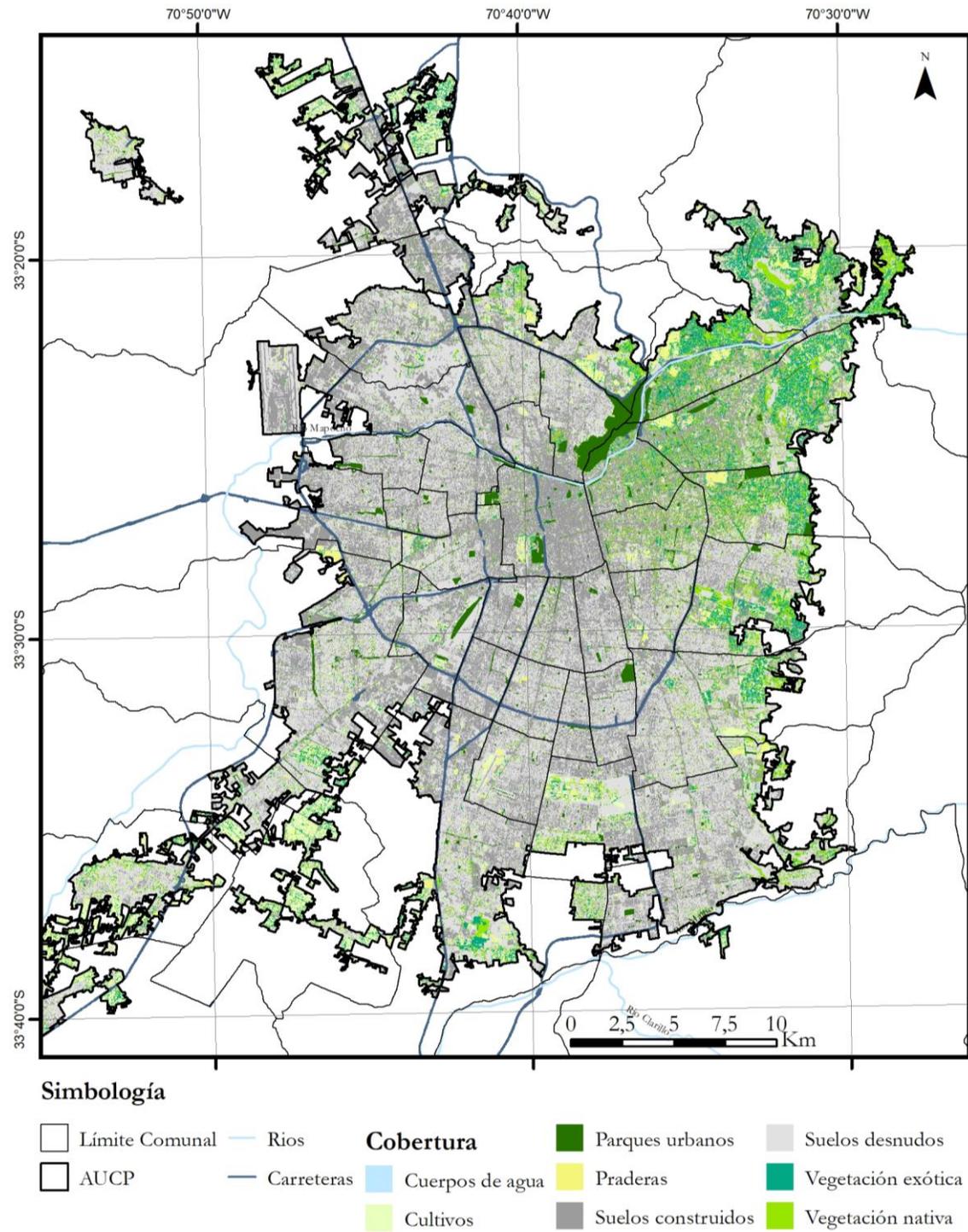
Tabla 3. Coberturas clasificadas de acuerdo con el área de estudio

Cobertura	Descripción
Vegetación arbórea nativa	Cobertura de especies nativas arbórea y arbustivas esclerófilo, junto con vegetación xerófila de densidad variable.
Vegetación arbórea exótica	Cobertura arbórea exóticas, presente en arbolado urbano, zonas residenciales y plantaciones.
Cultivos	Cobertura que corresponden a tierras cuyo uso es para cultivos desde hortalizas a árboles frutales.
Praderas	Cobertura de vegetación baja y uniforme, de origen natural o antrópico, que incluye césped de uso público y residencial, y áreas de equipamiento deportivo.
Parques urbanos	Cobertura correspondiente a parques urbanos catastrada por el ministerio de vivienda y urbanismo.
Suelos desnudos	Coberturas que se caracteriza por presentar una escasa o nula capa vegetal, son suelos generalmente degradados y/o arenosos, o suelos que solo presentan capa vegetal estacionalmente y están sujetos a cambios hídricos.
Suelos construidos	Cobertura que Incluye suelos construidos, urbanos y todo tipo de suelos con características impermeables, como son los suelos rocosos.
Cuerpos de Agua	Cobertura que incluye todo tipo de cuerpos de agua, de origen natural y antrópico.

Fuente: Elaboración propia

El mapa de coberturas resultante (Figura 5) trabajó algunos usos de suelo, como los Parques Urbanos a nivel de cobertura, para permitir diferenciar elementos propios de la ciudad asociados a situaciones de uso (cultural)

Figura 5. Ecosistemas del AUC Principal de la Región Metropolitana de Santiago



Fuente: Elaboración propia .

3.5 Diseño de instrumentos

Se utilizó como fuente primaria una encuesta a 5 expertos con conocida experiencia y trayectoria académica en investigaciones sobre Servicios Ecosistémicos en Chile. Se utilizó la metodología utilizada por Burkhard et al. (2009, 2012), Montoya-Tangarife et al., (2017) y Montoya Tangarife (2018), que emplea las coberturas de suelo para valorar los SE que entregan al sistema, y se cotejará mediante una matriz de doble entrada y puntuada desde 0 como aquellos sin potencial de entregar beneficios, hasta 5 como aquellos con potencial máximo (Tabla 4).

Tabla 4. Matriz de evaluación de oferta potencial de servicios ecosistémicos

Coberturas Terrestres	Eliminación de la contaminación del aire	Absorción de Aguas Pluviales.	Almacenamiento de carbono	Regulación Climática Local	Recreación	Promedio Valoración Oferta por Cobertura
Vegetación arbórea nativa						
Vegetación arbórea exótica						
Cultivos						
Praderas						
Parques urbanos						
Suelos desnudos						
Suelos construidos						
Cuerpos de Agua						
Promedio Valoración Oferta por SSEE						

Fuente: Elaboración propia adaptado de (Montoya-Tangarife, 2018)

Tabla 5. Escala de valoración de potencial de proveer Servicios Ecosistémicos

	0 a 0,5 = Sin potencial relevante para proveer el Servicio Ecosistémico seleccionado
	0,6 a 1,5 = Bajo potencial para proveer Servicio Ecosistémico seleccionado
	1,6 a 2,5 = Medio-Bajo potencial para proveer Servicio Ecosistémico seleccionado
	2,6 a 3,5 = Medio-alto potencial para proveer Servicio Ecosistémico Seleccionado
	3,6 a 4,5 = Alto potencial para proveer Servicio Ecosistémico seleccionado
	4,6 a 5 = Máximo potencial para proveer Servicio Ecosistémico seleccionado

Fuente: Elaboración propia adaptado de (Montoya-Tangarife, 2018)

3.6 Aspectos Prácticos

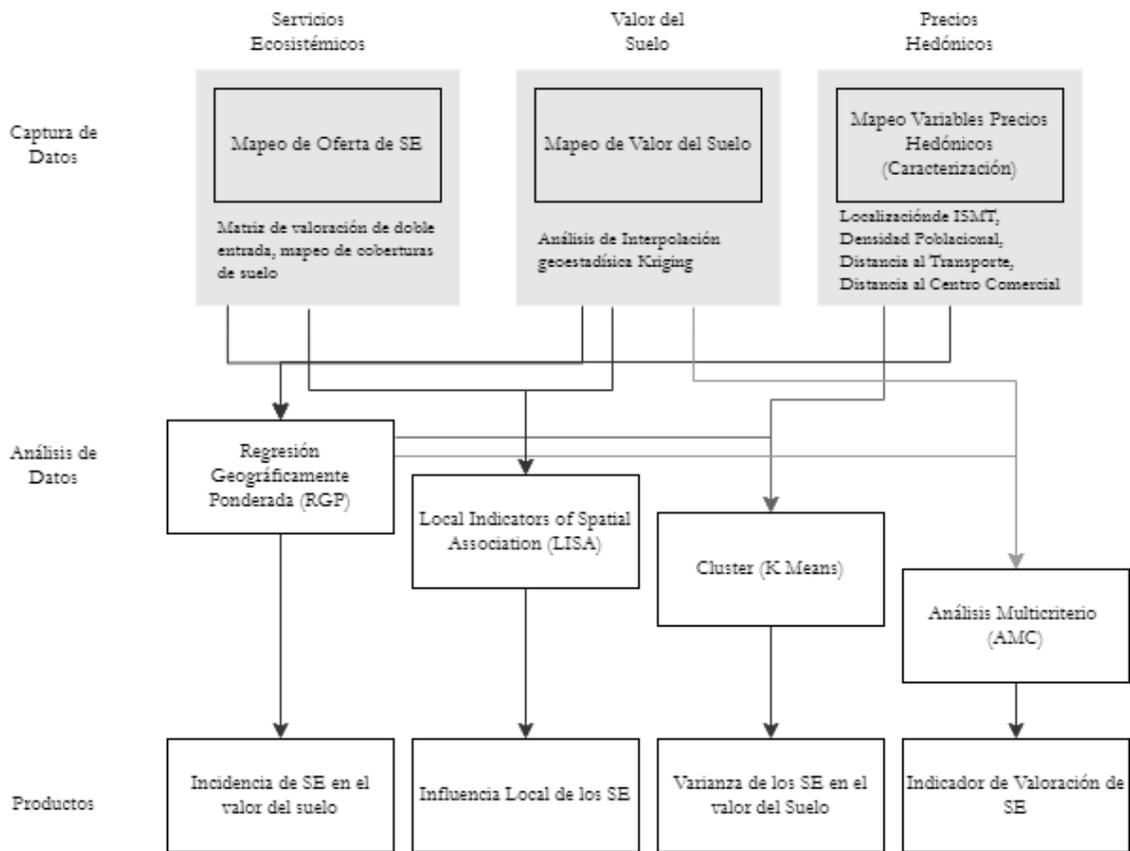
Por las dimensiones de esta investigación, se utilizarán coberturas de suelo disponibles para su revisión con una data de captura del año 2017, por la disponibilidad de datos de las transacciones de suelo y por la capacidad de obtención de datos a partir del censo de ese año, por lo que las demás variables se ajustarán a ese periodo. Así mismo, estas coberturas carecer de precisión respecto de los ecosistemas urbanos.

Otro límite a la investigación es la generalización de los análisis socio espaciales, debido a la disponibilidad de los datos. De tal manera, en los análisis de caracterización se trabajará a nivel de zona censal, lo que podrá entregar información solo a nivel comunal debido al tamaño de la muestra.

4 ANÁLISIS DE DATOS

La estructura de análisis de datos se enfoca en tres principales áreas (figura 6). El mapeo de SE por medio de la teledetección y reclasificación de coberturas terrestres urbanas y la matriz de valoración experta de doble entrada del potencial de oferta de SE por parte de dichas coberturas; el mapeo del Valor del suelo utilizando metodologías de interpolación estadística para calcular toda el área de estudio en los casos que no existiesen datos de transacciones de suelo urbano; y, finalmente, el mapeo de variables a cotejar en el modelo de precios hedónicos tales como el transporte, densidad poblacional, grupos socioeconómicos y distancia al centro.

Figura 6. Estructura conceptual de análisis de datos



Fuente: Elaboración propia.

4.1 Servicios Ecosistémicos Urbanos

Los estudios sobre SE urbanos han concentrado sus análisis en servicios de regulación, relegando los análisis de servicios de provisionamiento o culturales (Haase et al., 2014), no obstante, la percepción de los servicios culturales de recreación al aire libre son reconocidos como de amplia valoración (Baró et al., 2016).

Para este análisis se utilizará la clasificación empleada por Kremer et al. (2016) basados en los estudios de diversas ciudades de diverso tamaño (Haase et al., 2014; Hansen et al., 2015), correspondiente a los servicios de Eliminación de la Contaminación del Aire, Absorción de Aguas Pluviales, Almacenamiento de Carbono, Regulación Climática Local y Recreación. En esta clasificación no se incorporaron servicios de provisionamiento por no ser relevantes para el mercado inmobiliario regional.

Esta clasificación se adapta a la Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) en su versión 5.1, siendo una de las clasificaciones de servicios ecosistémicos más consultadas (Haines-Young & Potschin, 2018), de acuerdo a la Tabla 6.

Tabla 6. Equivalencia de Servicios Ecosistémicos

Servicio Ecosistémico	Sección	Clase (CICES v5.1)	Equivalencia TEEB
Eliminación de la contaminación del aire		Filtración / secuestro / almacenamiento / acumulación por microorganismos, algas, plantas y animales	Regulación de la calidad del aire.
		Reducción de olores	
Absorción de Aguas Pluviales.	Regulación y Mantenimiento	Ciclo hidrológico y regulación del flujo de agua (incluido el control de inundaciones y la protección costera)	Regulación de flujos de agua, regulación de eventos extremos.
Almacenamiento de carbono		Regulación de la composición química de la atmósfera y los océanos.	Regulación del clima
Regulación Climática Local		Regulación de la temperatura y la humedad, incluida la ventilación y la transpiración.	
Recreación	Cultural	Características de los sistemas de vida que permiten a las actividades que promueven la salud, la recuperación o el disfrute a través de interacciones activas o inmersivas.	Recreación y ecoturismo.
		Características de los sistemas de vida que permiten a las actividades que promueven la salud, la recuperación o el disfrute a través de interacciones pasivas u observacionales.	

Fuente: Elaboración propia.

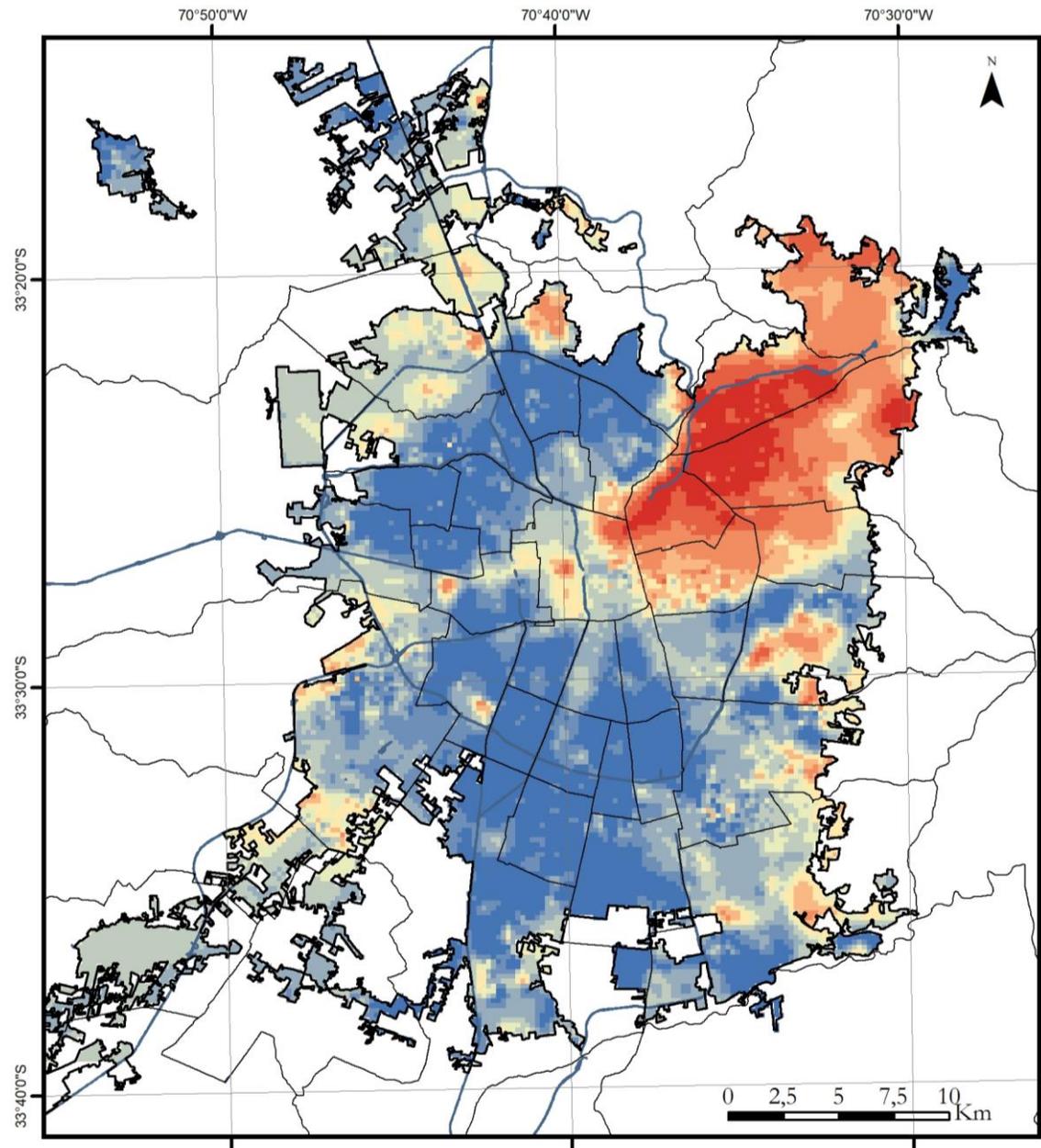
4.2 Valor del Suelo

El mapa de valor de suelo (Mapa 7) se realizó mediante una interpolación geoestadística utilizando el método de Kriging Bayesiano Empírico, que permitió la predicción de datos en aquellas zonas sin transacciones. Como datos de entrada se utilizaron exclusivamente las transacciones de viviendas del AUP de la Región Metropolitana del año 2017 y para la determinación del valor del suelo de la transacción se realizó un cálculo de coste residual (Carpio, 2014) de la transacción colapsado en la superficie de suelo.

Los datos obtenidos permiten verificar la permanencia de grandes regiones caracterizadas por valores de suelo homogéneo y zonas con mayor heterogeneidad. En el sector nor-oriental de la región se aprecia claramente la presencia de suelos de mayor valor en las comunas de Lo Barnechea, Vitacura, Las Condes, Providencia y parte de Ñuñoa, Santiago y La Reina con rangos que van desde los 25 a los 77 UF/m². Estos valores altos también se dan en la precordillera de las comunas de Peñalolén y parcialmente en La Florida y Puente Alto con rangos entre los 15 a 30 UF/m². En el sector norte se aprecian zonas de alto valor en la comuna de Huechuraba en torno a los 25UF/m², y por el centro-poniente, altos valores asociados a los ejes Alameda – Av. Pajaritos entre 15 y 25 UF/m².

Comunas más heterogéneas en sus valores aparecen en el peri centro inmediato a Santiago, en comunas como San Miguel, Independencia, Recoleta y Macul, en el sector precordillerano en comunas como Peñalolén, La Florida y Puente Alto, y en la periferia poniente en comunas como Maipú, Pudahuel, Renca y Quilicura, con valores que fluctúan entre los 10 y 20 UF/m². En el resto de la región se aprecian sectores homogéneos en torno a valores bajos sin superar las 8UF/m²

Figura 7. Mapa de Valor de Suelo



Simbología

 Límite Comunal	Valor del Suelo (deciles)	 6,7 - 8,8	 12,7 - 14,8	 20,2 - 24,6
 AUCP	UF/m ²	 8,9 - 11,1	 14,9 - 17,1	 24,7 - 32,9
 Carreteras	 2,8 - 6,6	 11,2 - 12,6	 17,2 - 20,1	 33,0 - 77,2

Fuente: Elaboración propia.

4.3 Reclasificación por valoración experta

Por medio de la Tabla de Valoración Experta (Tabla 7) se reclasificaron las coberturas de suelo obteniendo el mapa de Valoración de Oferta de los Servicios Ecosistémicos. Los resultados derivados de esta reclasificación arrojan una situación crítica en la oferta de servicios dentro de la región presentando, en su mayoría, una escasa a nula oferta de SE.

Tabla 7. Tabla de Valoración Experta

Coberturas Terrestres	Eliminación de la contaminación del aire	Absorción de Aguas Pluviales.	Almacenamiento de carbono	Regulación Climática Local	Recreación	Promedio Valoración Oferta por Cobertura
Vegetación arbórea nativa	4,60	4,60	4,60	4,80	3,80	4,48
Vegetación arbórea exótica	3,80	3,90	4,10	3,90	3,80	3,90
Cultivos	2,40	3,90	2,70	2,30	1,60	2,58
Praderas	2,10	3,40	2,50	2,40	4,00	2,88
Parques urbanos	3,80	4,00	4,20	4,20	5,00	4,24
Suelos desnudos	0,22	1,10	0,42	0,22	1,22	0,64
Suelos construidos	0,20	0,20	0,20	0,20	1,00	0,36
Cuerpos de Agua	1,70	4,60	1,90	4,20	3,60	3,20
Promedio Valoración Oferta por SSEE	2,35	3,21	2,58	2,78	3,00	

 Sin Potencial relevante	 Potencial bajo	 Potencial medio-bajo
 Potencial medio-alto	 Potencial alto	 Potencial máximo

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la tabla, la cobertura terrestre con mayor capacidad de ofrecer SE es la de Vegetación Arbórea Nativa, promediando un total de 4,8 de 5 puntos totales y un potencial de oferta alto. La segunda cobertura con mayor puntaje es la de Parques Urbanos, con un total de 4,24 y un potencial medio alto. Esta cobertura, si bien hace referencia a un uso de suelo más que a una cobertura de vegetaciones, fue

incorporada para diferenciar las distintas unidades que contenían coberturas similares, pero que, sin embargo, tenían distintas vocaciones o prestaban servicios diferenciados. La Vegetación arbórea exótica es la tercera cobertura con mayor puntaje con un promedio de 3,9 puntos y la última cobertura en tener un potencial medio alto.

Las coberturas con potencial medio bajo de ofertas SE corresponden a Cuerpos de Agua con un total de 3,2 puntos, Praderas con un total de 2,88 y Cultivos con 2,58 puntos promedio. Por su parte, los suelos desnudos son valorados con 0,64 puntos y un potencial medio-bajo y, por último, los suelos construidos promedian 0,36 puntos lo que representa una cobertura sin potencial de ofertar SE.

De acuerdo con estas coberturas, los Servicios Ecosistémicos que más se ofertarían en un escenario de distribución normal de las coberturas, serían la Absorción de Aguas Pluviales (3,21), el servicio de Recreación (3), de Regulación Climática Local (2,78), Almacenamiento de carbono (2,58) y Eliminación de contaminación del aire (2,35).

A nivel del caso de estudio, las coberturas con mayor superficie corresponden a los suelos desnudos y suelos construidos con un área total de 596 km² que representa el 74% de la superficie total, como se muestra en la tabla 8. Las coberturas con potencial medio-bajo de ofertar SE poseen un 8.31% de la superficie del área de estudio con 71 km². Similar superficie poseen las coberturas con potencial medio-alto de proveer SE con un 8,3% de la superficie total y 72,3 km². Finalmente, la superficie con mayor potencial de ofertar SE cuenta con 8 km de superficie lo que representa un 9,28% de la superficie total.

Tabla 8. Distribución de la Valoración Experta

Coberturas	Porcentaje	Superficie
Vegetación arbórea nativa	9,28%	80 Km ²
Vegetación arbórea exótica	5,72%	49,5 Km ²
Parques urbanos	2,63%	22,8 Km ²
Praderas	1,25%	10,81 Km ²
Cultivos	6,51%	55,4 Km ²
Suelos construidos	32,71%	283 Km ²
Suelos desnudos	41,32%	358 Km ²
Cuerpos de Agua	0,57%	4,9 Km ²

Fuente: Elaboración propia.

Analizando la tabla de valoración por categoría (tabla 9), se aprecia que los Servicios Ecosistémicos de Regulación obtienen una mayor valoración en las coberturas Vegetación Arbórea Nativa (4,65), Parques Urbanos (4,05) y Vegetación Exótica (4,05) correspondiente a un 17.63% de la superficie, mientras que los Servicios Ecosistémicos Culturales destacan con la máxima valoración a los Parques urbanos (5), seguidos de las Praderas (4), la Vegetación arbórea nativa y exótica (3,8) y los cuerpos de agua, las que representan un 19,45% de la superficie total con ofertas media-alta o máxima de proveer SE.

Esta mayor superficie de oferta de SE culturales además va a acompañada de un alza en las valoraciones

Tabla 9. Distribución de la Valoración Experta por Categoría de SE

Coberturas Terrestres	Eliminación de la contaminación del aire	Absorción de Aguas Pluviales.	Almacenamiento de carbono	Regulación Climática Local	Promedio Valoración Oferta de Regulación	Recreación	Promedio Valoración Oferta Cultural
Vegetación arbórea nativa	4,60	4,60	4,60	4,80	4,65	3,80	3,80
Vegetación arbórea exótica	3,80	3,90	4,10	3,90	3,93	3,80	3,80
Cultivos	2,40	3,90	2,70	2,30	2,83	1,60	1,60
Praderas	2,10	3,40	2,50	2,40	2,60	4,00	4,00
Parques urbanos	3,80	4,00	4,20	4,20	4,05	5,00	5,00
Suelos desnudos	0,22	1,10	0,42	0,22	0,49	1,22	1,22
Suelos construidos	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	1,00	1,00
Cuerpos de Agua	1,70	4,60	1,90	4,20	3,10	3,60	3,60
Promedio Valoración Oferta por SSEE	2,35	3,21	2,58	2,78		3,00	

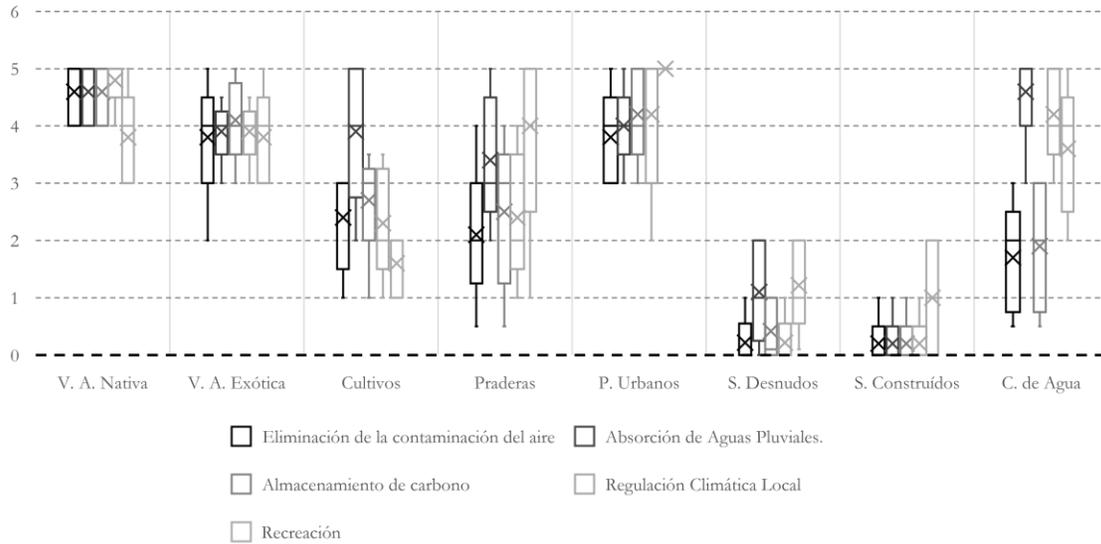
Fuente: Elaboración propia.

inferiores, afectando la oferta global. No obstante, el SE que se oferta en mayor cantidad de superficie es el de Absorción de Aguas Pluviales (regulación) con un 25,96% de la superficie.

En cuanto a la captura de datos de la encuesta de valoración a expertos, tal como se aprecia en la figura 8, ésta presentó alto grado de coincidencia en las coberturas con menor valoración como la de suelos desnudos y suelos construidos. La mayor varianza de valoración se encontró en la cobertura de Cultivos,

con una diferencia hasta de 3 puntos de valoración en el Servicio de Eliminación de Contaminación del Aire, y en la de Cuerpos de Agua con una diferencia de 2 puntos en el mismo Servicio. No obstante, las medias fueron representativas de la mayoría de las valoraciones.

Figura 8. Distribución de la Valoración Experta

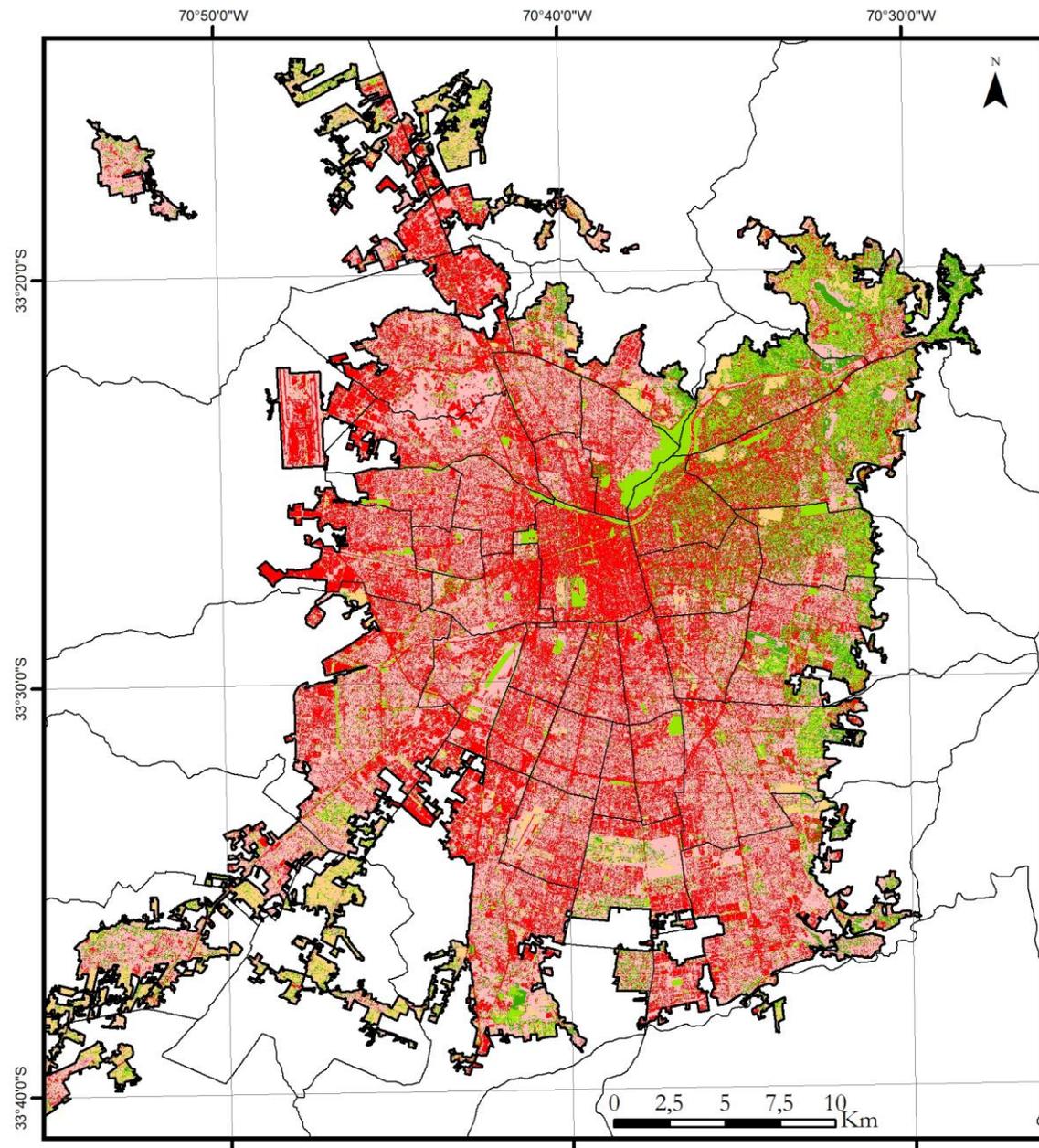


Fuente: Elaboración propia.

Con estos datos se construyó el Mapa de Valoración de Servicios Ecosistémicos del Área Urbana Consolidada Principal de la Región Metropolitana (figura 9), en la que se aprecia una concentración de la oferta de SE en el sector oriente y nororiente del área, junto con presencia con mayor grado de esparcimiento en la periferia norte y sur. Se aprecia en esta mayor oferta la relevancia del Cerro San Cristóbal y las áreas verdes urbanas y jardines del “cono de altos ingresos”. En el resto de la ciudad, salvo los sectores periféricos, destaca la presencia a modo de “islas” de SE, lo que por contigüidad se estima una oferta de peor calidad. Por la extensión de esta investigación no se desarrollará un análisis respecto del área de incidencia o impacto de cada SE.

En el resto de la ciudad destaca la presencia de baja o nula oferta de Servicios Ecosistémicos, cuestión que se debe a la gran cantidad de suelo construido y desnudo por un desarrollo inmobiliario denso, con baja cantidad de áreas verdes públicas y privadas.

Figura 9. Mapa de Valoración de Oferta de SSEE



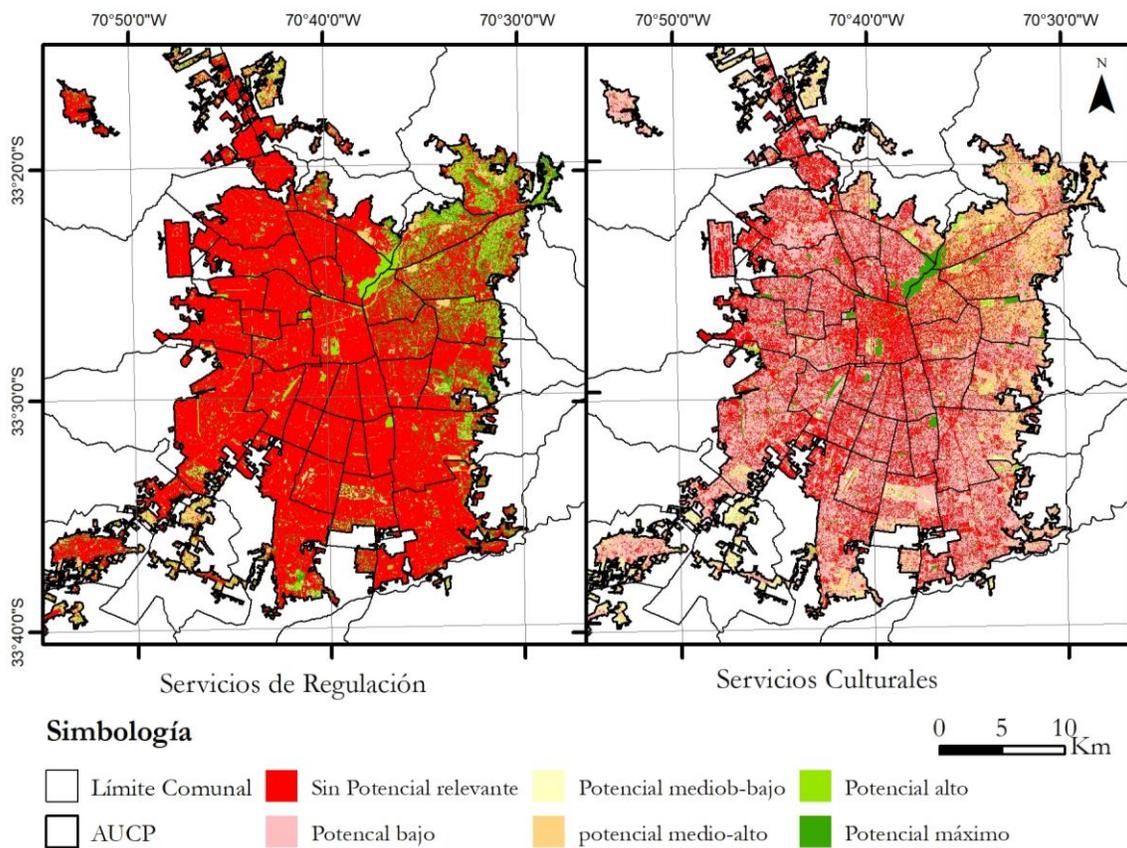
Simbología

- | | | | |
|----------------|-------------------------|-----------------------|------------------|
| Límite Comunal | Sin Potencial relevante | Potencial mediob-bajo | Potencial alto |
| AUCP | Potencial bajo | potencial medio-alto | Potencial máximo |

Fuente: Elaboración propia.

Analizando los SE de acuerdo con su clasificación (figura 10), destaca la oferta de servicios de regulación en el sector nororiente y precordillerano, con un marcado contraste respecto del resto de la ciudad que presenta nula oferta de este tipo de servicios. Por su parte, los servicios culturales, si bien también tienen media-alta oferta en el sector nororiente, su distribución es más dispersa en el espacio, con un contexto de ciudad con un bajo potencial de oferta. En ambos casos, destaca la comuna de Santiago como una zona con nula oferta nula de ambos tipos de servicio.

Figura 10. Mapa de Valoración de Oferta de SSEE de Regulación y Culturales



Fuente: Elaboración propia.

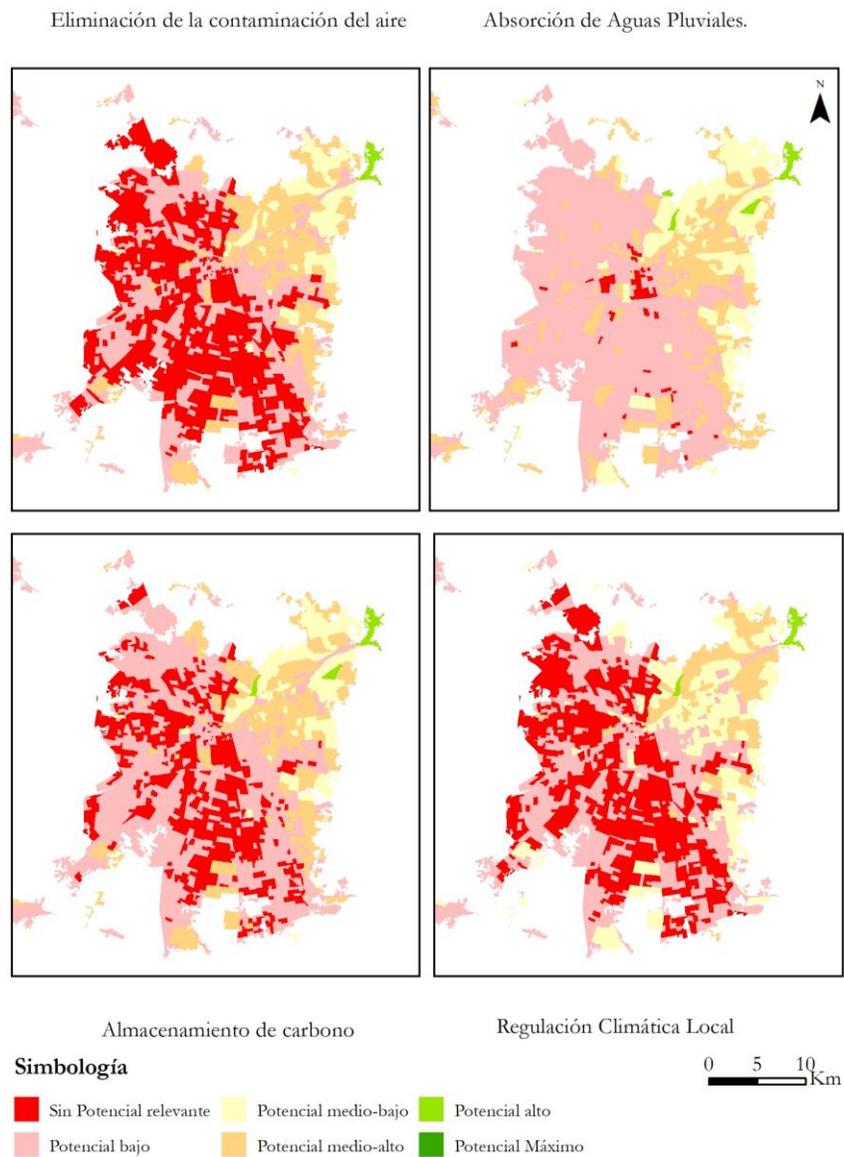
4.3.1 Servicios de Regulación

Los servicios de regulación también varían sus ofertas en el territorio (figura 11). El servicio de absorción de aguas pluviales es el que tiene un mayor potencial de oferta en la región, a diferencia de los servicios

de Eliminación de la contaminación del aire y de regulación climática local que son aquellos con menor potencial de oferta.

En los siguientes mapas se ve una comparación entre los diversos SE de regulación a nivel de zona censal, para permitir la comparación con otros fenómenos espaciales que puedan complementar la comprensión de los fenómenos en torno al espacio y la relación de la valoración de los SE con el valor del suelo.

Figura 11. Mapa de Valoración de Oferta de SSEE de Regulación por Zona Censal



Fuente: Elaboración propia.

4.4 Incidencia de los Servicios Ecosistémicos en el Valor del Suelo

Para determinar la incidencia de los SE en el Valor del Suelo se realizó una Regresión Geográficamente Ponderada (RGP) utilizando el software Arcmap a nivel de zona censal, para obtener la correlación entre ambas variables. Utilizando el Valor del Suelo como variable dependiente y el valor de los SE como variable independiente, se obtuvo un mapa que muestra la diferencia entre los valores predichos y los valores observados de forma estandarizada.

Utilizando el método de mínimos cuadrados ordinarios (OLS) en Arcmap, se obtuvo un Coeficiente de Determinación Ajustado R² de 0,40. Para la RGP, en cambio, las variables observadas no presentan casos de multicolinealidad, ya que se obtiene un promedio de condiciones de 4,7, calculados en base al promedio del número de condiciones de cada entidad de salida. El número de condición como variable de salida de la RGP indica la existencia de colinealidad local en valores superiores a 30. A su vez, posee un Coeficiente de Determinación Ajustada de 0,51 (tabla 10). Esto explica que hay correlación entre las variables, pero que estas no se presentan en la mayoría de los casos, en este sentido, casi la mitad de las correlaciones existentes en el modelo pueden explicarse por las variables empleadas.

Tabla 10. Resultados de Regresión Geográficamente Ponderada utilizando el software Arcmap

Bandwidth:	10335,468
Residual Squares:	51532,983
Effective Number:	16,117
Sigma:	5,490
AICc :	10786,323
R2:	0,520
R2 Adjusted:	0,515

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 12 se aprecia en color amarillo las predicciones más acertadas con un muy bajo error estándar (entre -0,5 y 0,5), de tal forma que el modelo predijo un valor de suelo de acuerdo con la variable independiente de valor de SE y estos fueron cercanos. Sin embargo, esta predicción no presenta el mismo nivel de error estándar en las zonas azules o rojas. En las zonas de color azul, los valores predichos se encuentran sobre estimados; es decir, se esperaba un valor de suelo mayor a lo observado dada esa presencia de Servicios Ecosistémicos. Por el contrario, en las zonas de color rojo los valores predichos

subestiman el valor observado, lo que quiere decir que se esperaba un menor valor de suelo dada esa presencia de SSEE.

En cuando a la distribución espacial, se aprecia una baja dependencia en valores predichos subestimados en la comuna de Providencia y en sectores de Las Condes y Vitacura. En esta última comuna, el límite de estos valores se encuentra al costado sur del río Mapocho. Así mismo, en la comuna de Providencia se encuentra marcada la diferencia con el Cerro San Cristóbal y con el límite comunal sur hacia Ñuñoa. La figura 12 muestra que el modelo está geográficamente distribuido presentando una distribución concentrada, lo que se corrobora al realizar un análisis de autocorrelación local (índice de Moran) y un análisis de valores concentrados altos y bajos (Tabla 11), lo que demuestra que existe concentración de valores altos

Tabla 11. Datos de autocorrelación espacial y concentración de valores altos

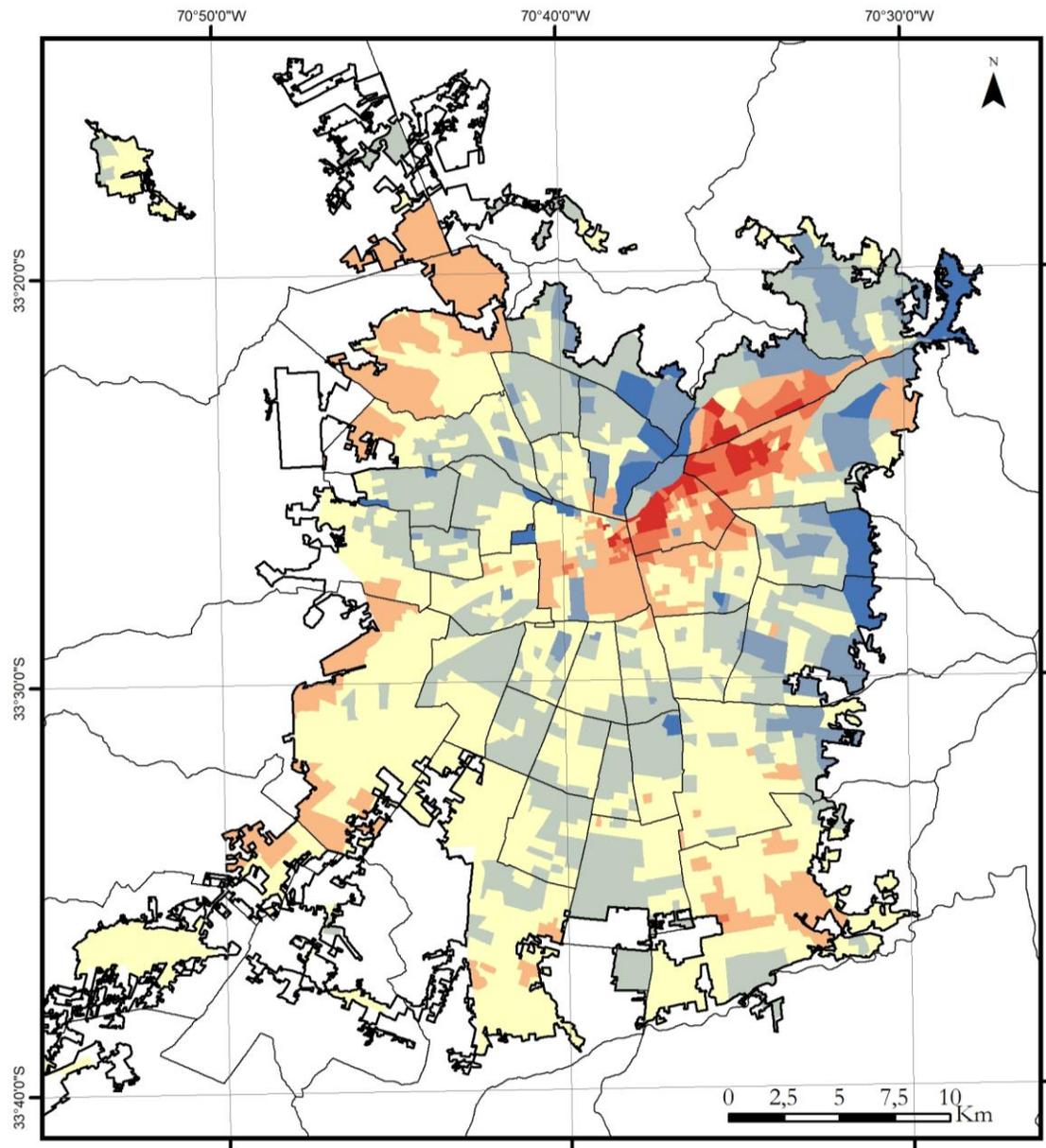
Autocorrelación Espacial	Concentración de valores altos
Moran's Index: 0,669456	z-score: 9,569102
Expected Index: -0,00058	p-value: 0
z-score: 125,430742	
p-value: 0	

Fuente: Elaboración propia.

Respecto de los valores predichos sobrestimados, estos se localizan hacia la precordillera y el sector norte del cono de altos ingresos, y al poniente del Cerro San Cristóbal. En estos sectores con alta presencia o cercanía de oferta de SE, se obtuvieron valores de suelo más bajos de los esperados.

En algunos casos es posible pensar, como en la comuna de Ñuñoa y Providencia, que existan factores normativos que condicionen ese quiebre abrupto; no obstante, hay una clara continuidad espacial en el centro del “cono de altos ingresos” y en su costado, que pueden albergar sus explicaciones en otras dinámicas urbanas.

Figura 12. Mapa de Incidencia de los SSEE en el Valor del Suelo



Simbología

	Límite Comunal	Regresión Geográficamente Ponderada		-2.5 - -1.5 Std. Dev.		0.5 - 1.5 Std. Dev.
	AUCP	Residuos Estandarizados		-1.5 - -0.5 Std. Dev.		1.5 - 2.5 Std. Dev.
				< -2.5 Std. Dev.		-0.5 - 0.5 Std. Dev.
						> 2.5 Std. Dev.

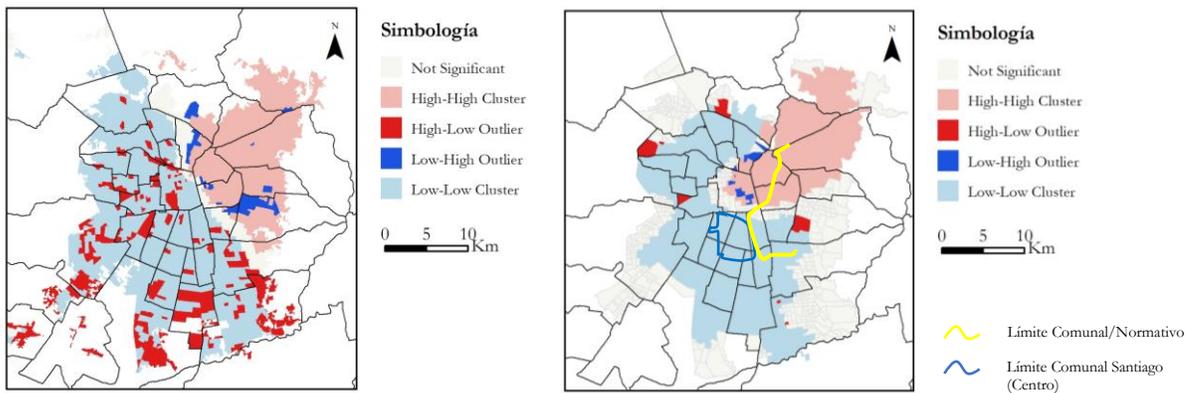
Fuente: Elaboración propia.

4.4.1 Influencia Local de los Servicios Ecosistémicos y el Valor del Suelo

Se realizó un análisis de autocorrelación espacial a nivel local (LISA) (Anselin, 1995), para tener una visión local de los valores residuales de la distribución (figura 12). A nivel de SE se aprecian valores atípicos altos en sectores de valores bajos, lo que puede explicar por la concentración de las coberturas de parques urbanos, suelos desnudos y praderas. Otra diferencia es que los valores de suelo altos se desplazan hacia el centro de la comuna de Santiago y tienen cortes abruptos por límites comunales, mientras que los valores altos de los SE tienden a ser más continuos. Esto se puede explicar tanto por aspectos normativos como de autosegregación en el mapa de Valor del Suelo, lo que explicaría estas divisiones de límites políticos (Figura 13).

A nivel global se obtuvieron altos valores de correlación con un índice de Morán de 0,96 y un Z-score 172 de para el Valor del suelo y un índice de Morán de 0,48 y un Z-score de 86 para los SE, encontrando un alto nivel de clusterización en ambos casos caracterizados por los sectores de mayor ingreso.

Figura 13. LISA de SE (izquierda) y Valor de Suelo (derecha)

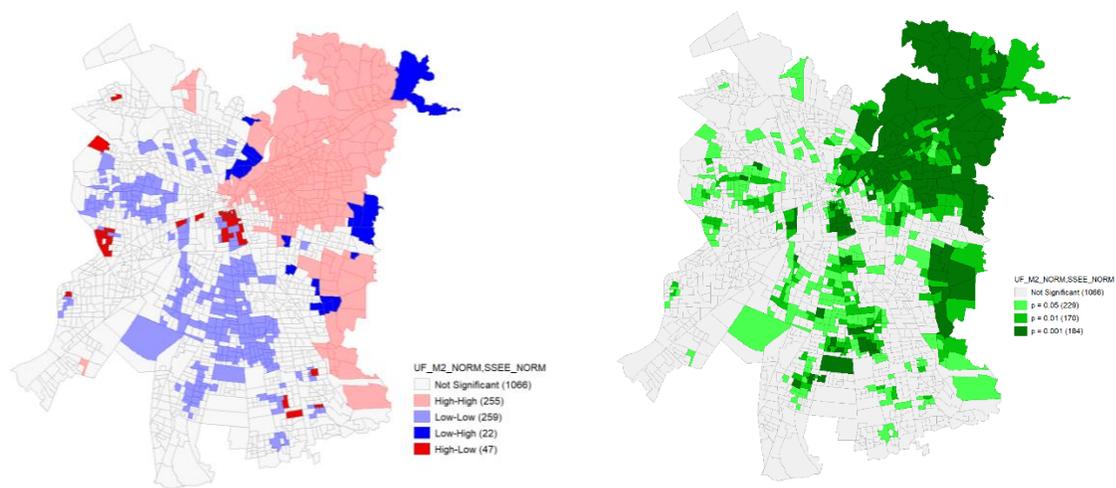


Fuente: Elaboración propia.

4.4.2 Varianza de los Servicios Ecosistémicos

Se realizó un análisis bivariado entre las variables del Valor de Suelo y el promedio de SE, normalizadas entre 0 y 1 (correspondiendo al 0 los valores mínimos y a 1 los valores máximos), para determinar el nivel de significancia de los resultados, obteniendo una alta correlación en los valores altos de ambas variables. Como se aprecia en la figura 13, la significancia en el “cono de altos ingresos” y sectores precordilleranos alcanza valores de p value en torno al 0,001. La situación de la comuna de Santiago sigue siendo atípica por presentar valores inversos

Figura 14. Análisis Bivariado con niveles de significancia



Fuente: Elaboración propia.

4.4.3 Análisis de variables independientes

Se evaluaron variables disponibles en el área de estudio que puedan ser incorporadas en un nuevo modelo de regresión que explique los valores no predichos y no sean colineales entre sí. En este sentido, se analizaron las variables de Índice Socio Material Territorial elaborado por el Observatorio de Ciudades UC, el índice de diversidad de usos a través de datos obtenidos en el Servicio de Impuestos Internos, la Densidad de Población por medio de datos censales, y la distancia a paraderos de transporte públicos obtenidos del Instituto Nacional de Estadísticas (tabla 12). Estas variables fueron escogidas porque presentan dinámicas asociadas a distancias y localización que afectan el valor del suelo (Da Silva & Cardozo, 2016).

Tabla 12. Matriz de correlación bivariada

	Valor de Suelo	SSEE	ISMT	Diversidad Usos	Densidad Población	Distancia Paraderos
Valor del Suelo	1					
SSEE	0,681**	1				
ISMT	0,773**	0,610	1			
Diversidad Usos	-0,293**	-0,161**	-0,385**	1		
Densidad Población	0,59*	-0,265**	0,046	0,050*	1	
Distancia Paraderos	0,53*	0,180**	0,096**	0,085**	-0,181**	1

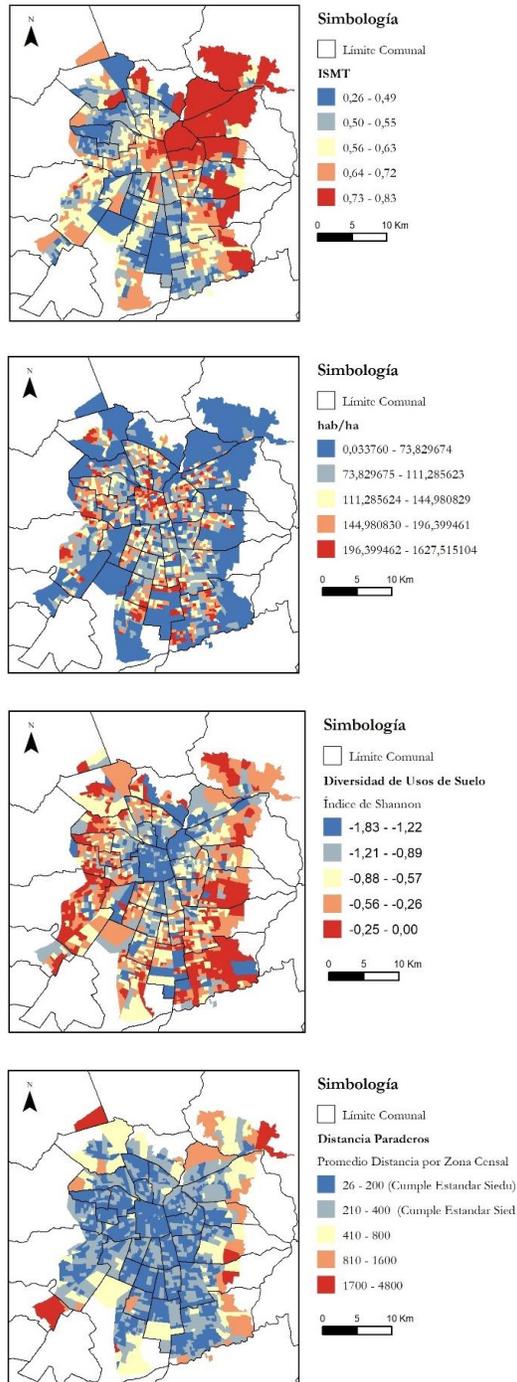
Con significancia tal que * corresponde a $p < 0,05$ y ** a $p < 0,01$

Fuente: Elaboración propia.

Para determinar las variables a utilizar en el modelo de regresión geográficamente ponderado se realizó una matriz de correlaciones bivariados donde se aprecia altas correlaciones entre las variables ISMT y Densidad de Población. Si bien la Distancia a paraderos tiene una correlación media, posee una baja significancia estadística, por lo que no se emplea en la regresión. Tampoco se cotejaron en el análisis variables altamente colineales con los SE como Distancia a Áreas Verdes o NDVI.

4.4.4 Análisis de Variables

Figura 15. Variables Independientes



Fuente: Elaboración propia en base a datos censales, INE 2017.

La región presenta altos niveles de segregación socio material que se han ido profundizado en el tiempo (Figura 115), tal como se aprecia en el Indicador Socio Material Territorial (OCUC, 2018), donde destaca el denominado “cono de altos ingresos” que corresponden a aquellos hogares con mejores condiciones de habitabilidad, materialidad de vivienda y escolaridad.

En cuanto a la densidad poblacional, ésta tiende a concentrarse en sectores más céntricos, aunque su distribución es más bien heterogénea salvo en la periferia. Se realizó un análisis autocorrelación espacial verificando una distribución concentrada en los segmentos más altos con un z-score de 53,8.

Los sectores con mayor diversidad de usos, en tanto, tienden a ser zonas centrales y bien conectadas, donde se destacan la comuna de Santiago y los ejes Oriente hacia Providencia, Las Condes, Vitacura, ejes sur hacia San Miguel y La Cisterna, Sur oriente hacia Ñuñoa y Macul, y en las comunas de Maipú, Independencia y Recoleta. Las periferias, por su parte, presentan menor diversidad de usos, por lo tanto, también, menor competencia de usos alternativos al mismo suelo.

Finalmente, la Distancia a Paraderos se aprecian valores heterogéneos en la mayor parte del área de estudio salvo los sectores periféricos y precordilleranos. Para la mayoría de los otros sectores, se encuentran en condiciones aceptables de distancia hacia el transporte público. Es posible que esta sea una de las razones de su baja significancia estadística en la correlación local bivariada.

4.4.5 *Análisis multivariado*

Utilizando el Valor de suelo como variable independiente y la valoración de la provisión de Servicios Ecosistémicos como variable independiente, se agregaron las variables del Índice Socio Material Territorial y la Densidad de Población para una Regresión Múltiple Geográficamente Ponderada.

Para las 4 variables observadas no presentan casos de multicolinealidad, obteniendo un promedio de condiciones de 13,53, superior a la RGP anterior, pero dentro de los parámetros. Así mismo, se obtiene un Coeficiente de Determinación Ajustada de 0,87 lo que mejora la estimación de la regresión (tabla 13). Es decir, que el 87% de las veces, las variables logran explicar el valor del suelo predicho.

Los valores Sigma que corresponden a la suma residual normalizada de cuadrados, también son menores en este caso ($0,06 < 5,49$), lo que es un mejor resultado en términos que disminuye la desviación estándar cuadrada.

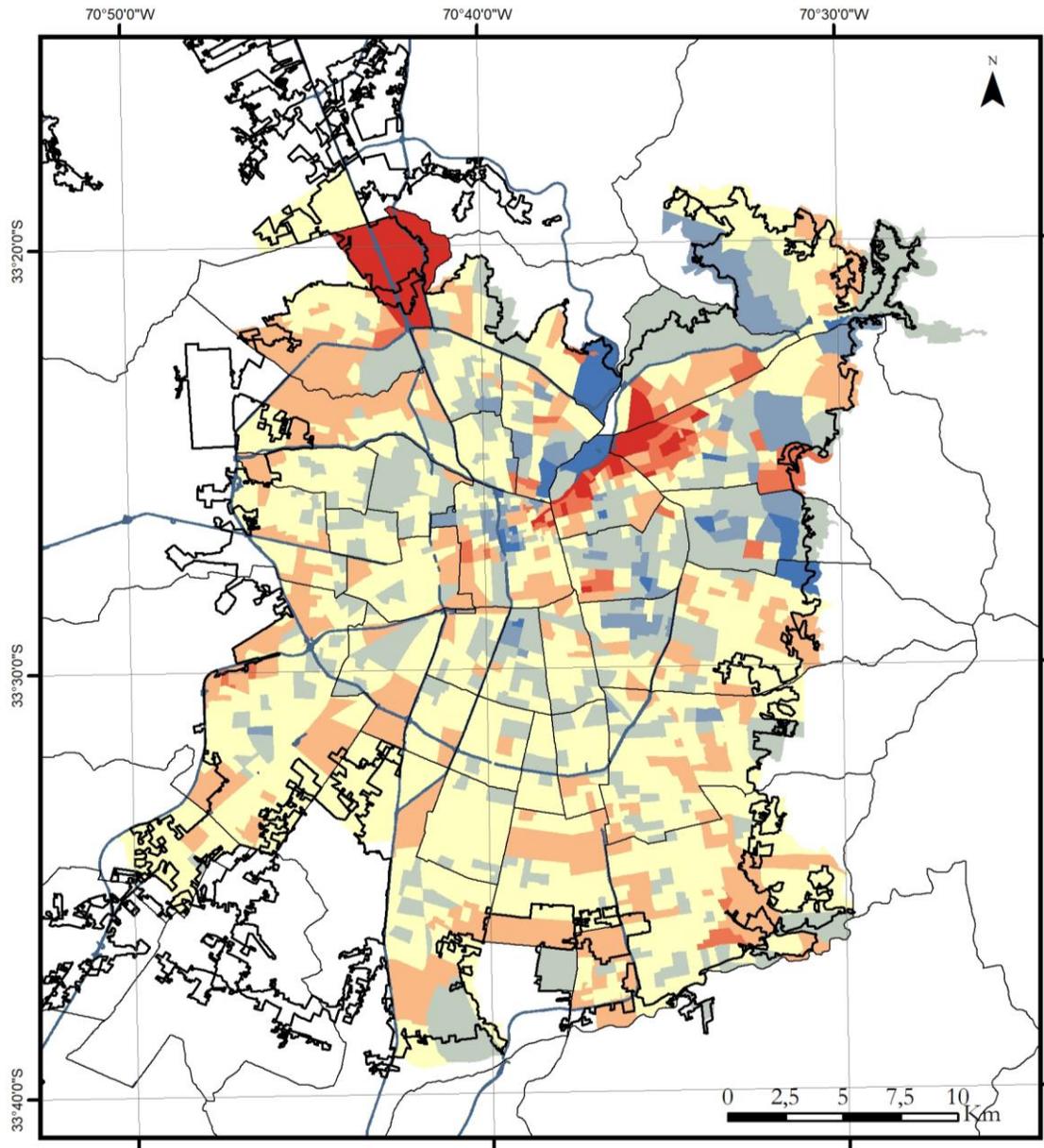
Tabla 13. Resultados de Regresión Múltiple Geográficamente Ponderada con el software Arcmap

Bandwidth:	3726,04
Residual Squares:	5,92
Effective Number:	95,45
Sigma:	0,06
AICc :	-445,21
R2:	0,880
R2 Adjusted:	0,871

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 16 mejora la predicción general, y se refuerza en sectores asociados a los centros de la comuna de Providencia, Vitacura y Las Condes para valores subestimados, y en la precordillera nororiente y al costado norte del Cerro San Cristóbal para valores sobreestimados. El caso de los valores anómalos del borde urbano es posible considerar la afectación por dinámicas de borde urbano, cuestiones que esta investigación no aborda, pero considera como limitantes para la explicación.

Figura 16. Mapa de variables incidentes en el valor del suelo



Simbología

	Límite Comunal	Regresión Geográficamente Ponderada		-2.5 - -1.5 Std. Dev.		0.5 - 1.5 Std. Dev.
	AUCP	Residuos Estandarizados		-1.5 - -0.5 Std. Dev.		1.5 - 2.5 Std. Dev.
				< -2.5 Std. Dev.		-0.5 - 0.5 Std. Dev.
						> 2.5 Std. Dev.

Fuente: Elaboración propia.

4.4.6 Caracterización

Se utilizaron las variables dependientes e independientes para analizar el fenómeno de clusterización de tal forma de entender el funcionamiento de las dinámicas de las variables. Se utilizó la metodología de K-Means de 8 zonas con un peso espacial del 20% (figura 17) para incorporar variables de continuidad espacial, pero sin quitar peso a las correlaciones entre variables (la zona 8 se descarta del análisis por detectar una muy baja cantidad de sectores con valores anómalos). Se testearon otros pesos espaciales obteniendo conformaciones de clases similares al sector oriente, por lo que es posible interpretar los altos niveles de clusterización analizados con el índice de Morán. En un análisis sin incorporar los pesos espaciales, el radio entre la suma de los cuadrados entre cluster es mayor ($0.77 > 0,72$); no obstante, se escogió la variable con peso espacial de 0,2 ya que permitió incorporar una caracterización de sectores con áreas verdes más concentradas.

Cabe destacar que la zona 7 (figura 17), que es aquella que presenta más valores atípicos en la anterior Regresión Geográficamente Ponderada, es una zona caracterizada por altos valores de oferta de SE (2,05), altos valores de suelo (34,81 UF/m²), niveles medios de densidad poblacional (137 hab/ha) y niveles muy altos de ISMT (0,77). El sector 6, contiguo al 7 hacia el centro se diferencia en tener menor oferta de SE (0,90), valor del suelo medio alto (17,35 UF/m²), mayor densidad poblacional (259 hab/ha) y medio alto ISMT (0,72). El sector 5 asociado al oriente precordillerano mantiene altos valores de ISMT (0,73) y de oferta de SE (18,32 UF/m²), pero bajos niveles de densidad (62 hab/ha), por lo que hay una mayor disponibilidad de SSEE por población en comparación a la zona 7 (tabla 14).

De la zona 4 a la 1 se caracterizan por tener en general los menores valores de ISMT, SSEE y Valor de Suelo, destacando la zona 2 por tener mayor Densidad Poblacional, y la zona 1 y 2 por tener los peores valores de suelo.

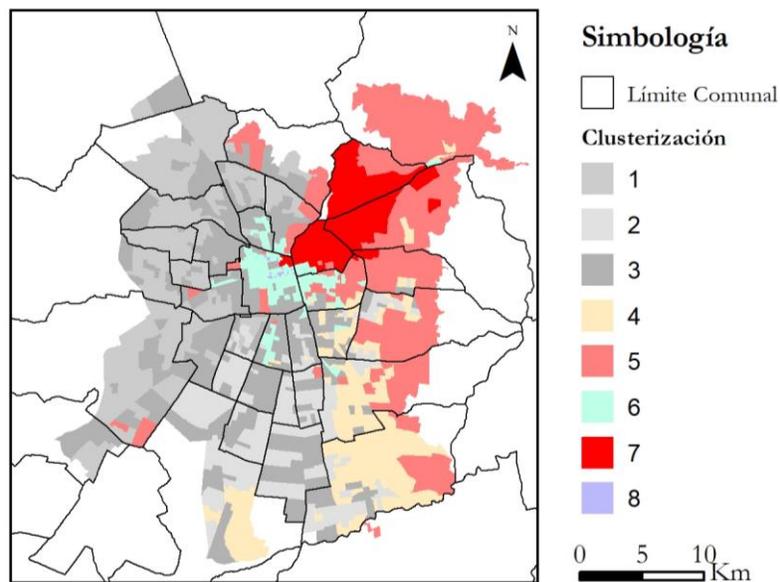
La zona 4 posee una baja densidad (98 hab/ha), bajo ISMT (0,59), aunque de los más altos de estas últimas zonas, bajo valor de SSEE (0,94) y un valor de suelo medio bajo (10,70 UF/m²). La zona 3 posee media baja población (127 hab/ha), bajo ISMT (0,59), bajo SSEE (0,83) y un valor medio-bajo de valor de suelo (12,06 UF/m²), aunque de los más altos de estos últimos sectores. El sector 2 posee un nivel medio de población (175 hab/a), bajo ISMT (0,49), el valor más bajo de SSEE (0,64) y bajo Valor de Suelo (8,05 UF/m²). Finalmente, la zona 1 posee baja población (135 hab/ha), bajo ISMT (0,50), bajos SSEE (0,76) y el Valor de Suelo más bajo (7,8 UF/m²) (tabla 14)

Tabla 14. Tabla de caracterización por zonas

Zona	Densidad Poblacional	ISMT	Valor SSEE	Valor de Suelo
7	137 hab/ha	0,77	2,05	34,81 UF/m ²
6	259 hab/ha	0,72	0,90	17,35 UF/m ²
5	62 hab/ha	0,73	2,25	18,32 UF/m ²
4	98 hab/ha	0,59	0,93	10,70 UF/m ²
3	127 hab/ha	0,59	0,83	12,06 UF/m ²
2	175 hab/a	0,49	0,64	8,05 UF/m ²
1	135 hab/ha	0,50	0,76	7,8 UF/m ²

Fuente: Elaboración propia.

Figura 17. Caracterización por K-Means



Fuente: Elaboración propia.

En comparación con la RGP, se aprecia que los sectores cuyos valores de suelo no pudieron ser predichos, corresponden a la zona 7 y la zona 5. Ambas zonas poseen altos valores de provisión de SSEE e ISMT, dos de los más altos valores de suelo, pero densidades poblacionales totalmente distintas, por lo que la disponibilidad del SSEE por habitante es mayor en la zona 5 respecto de la zona 7.

5 CONCLUSIÓN

A través del análisis de los datos se pudo corroborar que existe una relación entre el valor de los Servicios Ecosistémicos y Valor del Suelo que no es homogénea en el espacio y que, por consiguiente, existen otro tipo de dinámicas que podrían explicar esa variación. En el caso del sector de altos ingresos se apreciaron dos fenómenos que alteraban la correlación. En primer lugar, la presencia de sectores donde la oferta de SSEE juega un papel menor relevante a la hora de configurar el valor del suelo, como por ejemplo en los sectores centrales de Providencia, Las Condes y Vitacura donde existen otros factores que aumentan en mayor medida el valor del suelo, como los fenómenos de auto segregación (ISMT) o de dimensiones de los predios y viviendas que se reflejan en una menor densidad poblacional. Pero, por otro lado, se constata en el mismo sector de altos ingresos, lugares que valoran de menor manera a la oferta de SE. Esto se puede deber a que en los sectores más periféricos y precordilleranos existe mayor disponibilidad y, a su vez, menores presiones de densificación por lo que podría hacer bajar la disposición a pagar. Es decir, que al existir mayor disponibilidad de provisión de SSEE ante un menor mercado, el valor del bien se ve disminuido de acuerdo a la curva de la demanda.

En sectores con presencia de grupos socioeconómicos de menores ingresos, no se aprecian mayores diferencias en sectores con baja disponibilidad de SSEE; no obstante, en sectores inmediatos a plazas, parques u otro tipo de cobertura con alta valoración en provisión de SSEE, pero con presencia aislada en el espacio, se aprecia una sobrevaloración del valor predicho. Esto quiere decir que, si bien se esperaba un mejor valor para tal SSEE, este es menos valorado o influye menos en la composición del valor del suelo. Esto se puede explicar de acuerdo a las diferencias de valoración de costo del viaje explicadas por Martínez-Harms et al. (2018) respecto del nivel socioeconómico de los visitantes a determinados parques, y a la diferencia de la percepción del confort climático urbano expresada por Smith & Henríquez (2019), que darían cuenta de una diferencia entre la valoración económica de un SSEE de otro tipo de valoraciones. En este sentido, hay aspectos en el mercado de la vivienda, sobre todo en sectores de menores ingresos, donde las valoraciones ambientales no afectan el valor del suelo debido a que las elecciones sobre localización tienden a ser restringidas o, en algún caso, dependiendo del subsidio, prácticamente nulas, o porque se privilegia el acceso a la vivienda por sobre otros beneficios de acuerdo con su localización.

Esta observación anterior también puede ser complementada considerando que las coberturas con mayor provisión de SSEE al que se encontraban aisladas, es decir, sin contigüidad espacial entre coberturas, obtenían un valor de suelo observado menor al predicho; por el contrario, coberturas con mayor oferta de SSEE y mayor contigüidad espacial obtenían valores predichos más altos (salvo en los casos con menor densidad habitacional).

También es posible determinar que los Servicios Culturales tienen un mayor impacto en el valor de suelo, sobre todo cuando funcionan como “islas” de servicio, que es el fenómeno que ocurre en gran parte del área de estudio y afecta áreas de influencia más bien reducidas y relacionadas a áreas verdes de mayor envergadura. Es preciso mencionar que esta situación vuelve pertinente el estudio sobre la variación de la valorización de las infraestructuras verdes debido a la capacidad que tienen de incidir en la economía del suelo, en relación con sus dimensiones y a otros SE relacionados, toda vez que los SE culturales asociados a Parques Urbanos en sectores sin presencia de otras ofertas de SE cercanas y cuyas dimensiones sean irrelevantes, no influye y, por lo tanto, no se valoriza de la misma forma.

Esta investigación permitió avanzar en la comprensión de los Servicios Ecosistémicos Urbanos, y sus resultados muestran la importancia de relevar la inversión y el cuidado en Medio Ambiente con criterios de Justicia Social, sobre todo en un marco de crisis climática. La Región Metropolitana y su baja valoración ante la oferta de Servicios Ecosistémicos en general, más allá de un sector en específico, presenta muchas dificultades para la adaptabilidad al cambio climático, por lo que es urgente plantear políticas públicas que traten la oferta de SSEE como un elemento clave para nuestras ciudades, y que constituyen un agente relevante para la disminución de la segregación urbana. En este sentido, es recomendable potenciar el desarrollo de infraestructura verde en contexto de crisis hídrica y desarrollar mecanismos de captura de plusvalías y redistribución de riquezas que permita compensar aquellos sectores con menor valoración de SSEE.

Finalmente, algunos desafíos que propone este estudio es continuar con la investigación de la valoración ambiental en la Región Metropolitana incorporando metodologías mixtas que permitan identificar aquellos aspectos de la valoración que no pueden ser considerados desde el punto de vista económico, pero que intervienen en otro tipo de decisiones y relaciones sociales y con su entorno. Así mismo, es necesario aislar los valores anómalos y profundizar el estudio de los cluster de valores altos, analizando por separado las variables por grupo socioeconómico.

6 BIBLIOGRAFÍA.

Ahumada, S. (2021). Comprendo el beneficio, luego redistribuyo. Aprendizaje para el proceso constituyente chileno, a partir de la aplicación de la ley de participación de plusvalías en el municipio de Manizales, Colombia – PLANEIO. *Revista Planeo*, 46.
<http://revistaplaneo.cl/2021/01/14/comprendo-el-beneficio-luego-redistribuyo-aprendizaje-para-el-proceso-constituyente-chileno-a-partir-de-la-aplicacion-de-la-ley-de-participacion-de-plusvalias-en-el-municipio-de-manizales-colombia/>

- Albarracín, O., Fernández, M., Díaz, C., Mora, A., Carvajal, C., & Castellanos, H. (2018). Guía de aplicación de la Valoración Económica Ambiental. In *Resolución* (p. 58). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. www.minambiente.gov.co
- Anselin, L. (1995). Local Indicators of Spatial Association—LISA. *Geographical Analysis*, 27(2), 93–115. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x>
- Barco, C., & Smolka, M. (2007). Desafíos para Implementar la Participación en plusvalías en Colombia. In M. O. Smolka & L. Mullahy (Eds.), *Perspectivas Urbanas. Temas críticos en políticas de suelo en América Latina*.
- Baró, F., Palomo, I., Zulian, G., Vizcaino, P., Haase, D., & Gómez-Baggethun, E. (2016). Mapping ecosystem service capacity, flow and demand for landscape and urban planning: A case study in the Barcelona metropolitan region. *Land Use Policy*, 57, 405–417. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.06.006>
- Bolund, P., & Hunhammar, S. (1999). Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics*, 29(2), 293–301. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(99\)00013-0](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00013-0)
- Burkhard, B., Kroll, F., Müller, F., & Windhorst, W. (2009). Landscapes' capacities to provide ecosystem services - A concept for land-cover based assessments. *Landscape Online*, 15(1), 1–22. <https://doi.org/10.3097/LO.200915>
- Burkhard, B., Kroll, F., Nedkov, S., & Müller, F. (2012). Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. *Ecological Indicators*, 21, 17–29. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.06.019>
- Carpio, G. (2014). *Precio Del Suelo Y Metodologías De Evaluación. Exploración Para La Captura De Plusvalías Urbanas En El Caso De La Región Metropolitana De Santiago De Chile*. 152. <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/130467>
- Cerda, A., & García, L. (2018). *Valoración económica del ambiente*. 6651.
- Cerda, A., Rojas, J., & García, L. (2007). Disposición a pagar por un mejoramiento en la calidad ambiental en el Gran Santiago, Chile. *Lecturas de Economía*, 67(67), 143–160.
- Congreso de Colombia. (1997). Ley 388 de 1997. *Diario Oficial*, 43.091, 24 de julio de 1997. <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=339#0>
- Consejo Nacional de Desarrollo Urbano. (2015). *Propuesta para una política de suelo para la integración social*

urbana. 1–43. http://cndu.gob.cl/wp-content/uploads/2015/05/Documento_Final_Propuesta-de-Políticas_Suelo_para_Integración_Social_CNDU_Mayo_2015.pdf

Costanza, R., D'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R. V., Paruelo, J., Raskin, R. G., Sutton, P., & van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, *387*(6630), 253–260.
<https://doi.org/10.1038/387253a0>

Da Silva, J., & Cardozo, O. (2016). Análisis espacial del precio del suelo con modelos de regresión lineal múltiple (MRLM) y Sistemas de Información Geográfica (SIG), Resistencia (Argentina). *Revista Geográfica de Valparaíso*, *51*(October 2015), 57–74. http://geografiapucv.cl/wp-content/uploads/2016/05/51_4.pdf

Daily, G. C. (1997). Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems. In *Nature's Services: Societal Dependence On Natural Ecosystems*. Island Press.
<http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=QYJSziDfTjEC&pgis=1>

Daily, G. C., Soderqvist, T., Aniyar, S., Arrow, K., Dasgupta, P., Ehrlich, P. R., Folke, C., Jansson, A., Jansson, B.-O., Kautsky, N., Levin, S., Lubchenco, J., Maler, K.-G., Simpson, D., Starrett, D., Tilman, D., & Walker, B. (2000). The Value of Nature and the Nature of Value. *Science*, *289*(5478), 395. <http://10.0.4.102/science.289.5478.395>

de la Barrera, F., Bachmann-Vargas, P., & Tironi, A. (2015). La investigación de servicios ecosistémicos en Chile: una revisión sistemática. *Investigaciones Geográficas*, *50*(50), 3.
<https://doi.org/10.5354/0719-5370.2015.41171>

Dobbs, C., Hernández-Moreno, Á., Reyes-Paecke, S., & Miranda, M. D. (2018). Exploring temporal dynamics of urban ecosystem services in Latin America: The case of Bogota (Colombia) and Santiago (Chile). *Ecological Indicators*, *85*(June 2017), 1068–1080.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.11.062>

Dobbs, C., Kendal, D., & Nitschke, C. R. (2014). Multiple ecosystem services and disservices of the urban forest establishing their connections with landscape structure and sociodemographics. *Ecological Indicators*, *43*, 44–55. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.02.007>

Dye, R., & England, R. (2010). *Assessing the Theory and Practice of Land Value Taxation* (L. I. of L. Policy (ed.)).

- Encinas, F., Aguirre, C. A., Truffello, R., Puig, I., & Hidalgo, R. (2019). Pobreza energética y segregación espacial: nuevas dimensiones urbanas para la desigualdad. *International Conference Virtual City and Territory*, 0(13), 1–7. <https://doi.org/10.5821/ctv.8703>
- Encinas, F., Marmolejo, C., & Aguirre, C. (2016). El impacto de los proyectos inmobiliarios y sus atributos de sustentabilidad sobre el valor del suelo: ¿causa o consecuencia? dos estudios de casos para Santiago de Chile. *Hábitat Sustentable*, 6(2), 70–79. <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RHS/article/view/2579>
- Encinas, F., Truffello, R., Aguirre, C., & Hidalgo, R. (2019). Especulación, renta de suelo y ciudad neoliberal. O por qué con el libre mercado no basta. *ARQ (Santiago)*, 102, 120–133. <https://doi.org/10.4067/S0717-69962019000200120>
- Faeth, S. H., Bang, C., & Saari, S. (2011). Urban biodiversity: Patterns and mechanisms. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1223(1), 69–81. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2010.05925.x>
- Fernández, I., & de la Barrera, F. (2018). Biodiversidad urbana, servicios ecosistémicos y planificación ecológica: un enfoque desde la ecología del paisaje. In *Biodiversidad urbana en Chile: Estado del arte y los desafíos futuros* (Issue November, pp. 113–146). Universidad Central de Chile. <https://www.researchgate.net/publication/328747893>
- Figuerola, E., Reyes, P., Calfigura, E., Torres, M., Bachmann, P., & Aguilera, M. (2016). Mapa de Valor Económico de Servicios Ecosistémicos de la Región de Tarapacá. *Proyecto CENRE-Universidad de Chile Realizado Para El Gobierno Regional de Tarapacá*.
- Figuerola, P. (2018). *Disponibilidad de Áreas Verdes en ciudades de Chile: Escalamiento Urbano y Sustentabilidad*. Universidad Austral de Chile.
- Fisher, B., & Kerry Turner, R. (2008). Ecosystem services: Classification for valuation. *Biological Conservation*, 141(5), 1167–1169. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.02.019>
- Fisher, B., Turner, R. K., & Morling, P. (2009). Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological Economics*, 68(3), 643–653. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.09.014>
- Freeman III, M., Herriges, J., & Kling, C. (2014). *The Measurement of Environmental and Resource Values*. RFF Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.4324/9781315780917>
- Fuentes, L., & Mac-Clure, O. (2020). The middle classes and the subjective representation of urban space in Santiago de Chile. *Urban Studies*, 57(13), 2612–2627.

<https://doi.org/10.1177/0042098019881350>

- Gutiérrez, O. (2014). Aspectos ambientales de la gestión empresarial del suelo. *Universidad de León*, 1–349.
https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/3535/tesis_eebf8b.PDF?sequence=1&isAllowed=y
- Haase, D., Larondelle, N., Andersson, E., Artmann, M., Borgström, S., Breuste, J., Gomez-Baggethun, E., Gren, Å., Hamstead, Z., Hansen, R., Kabisch, N., Kremer, P., Langemeyer, J., Rall, E. L., McPhearson, T., Pauleit, S., Qureshi, S., Schwarz, N., Voigt, A., ... Elmqvist, T. (2014). A quantitative review of urban ecosystem service assessments: Concepts, models, and implementation. *Ambio*, 43(4), 413–433. <https://doi.org/10.1007/s13280-014-0504-0>
- Haines-Young, R., & Potschin, M. (2010). The links between biodiversity, ecosystem services and human well-being. In D. G. Raffaelli & C. L. J. Frid (Eds.), *Ecosystem Ecology* (pp. 110–139). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511750458.007>
- Haines-Young, R., & Potschin, M. (2012). Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): Consultation on Version 4, August-December 2012. In *Notes and Queries* (Report to the European Environment Agency). <https://doi.org/10.1093/nq/s3-XII.307.392-a>
- Haines-Young, R., & Potschin, M. (2018). CICES V5. 1. Guidance on the Application of the Revised Structure. *Fabis Consulting, January*, 53.
- Hansen, R., Frantzeskaki, N., McPhearson, T., Rall, E., Kabisch, N., Kaczorowska, A., Kain, J. H., Artmann, M., & Pauleit, S. (2015). The uptake of the ecosystem services concept in planning discourses of European and American cities. *Ecosystem Services*, 12, 228–246.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.11.013>
- Hernández Sampiri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la Investigación* (McGraw-Hill (ed.); Quinta Edición).
- Herreros-Cantis, P., & McPhearson, T. (2021). Mapping supply of and demand for ecosystem services to assess environmental justice in New York City. In *Ecological Applications* (Vol. 31, Issue 6).
<https://doi.org/10.1002/eap.2390>
- INE, & MINVU. (2018). *Metodología para medir el Crecimiento Urbano de las Ciudades de Chile* (C. de E. H. y U. del M. de V. y Urbanismo (ed.)).

- Jofré, M. T. (2006). Recuperación de la renta urbana: Una tarea ética pendiente. *Revista INVI*, 21(058), 42–70. <https://doi.org/10.4067/invi.v21i58.298>
- Kandziora, M., Burkhard, B., & Müller, F. (2013). Interactions of ecosystem properties, ecosystem integrity and ecosystem service indicators: A theoretical matrix exercise. *Ecological Indicators*, 28, 54–78. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.09.006>
- Kremer, P., Hamstead, Z. A., & Mcphearson, T. (2016). The value of urban ecosystem services in New York City: A spatially explicit multicriteria analysis of landscape scale valuation scenarios. *Environmental Science and Policy*, 62, 57–68. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.04.012>
- Ludwig, D. (2000). Limitations of economic valuation of ecosystems. *Ecosystems*, 3(1), 31–35. <https://doi.org/10.1007/s100210000007>
- Mancilla, D. (2020). *Efectos del incendio forestal del año 2017 en la provisión de servicios ecosistémicos en la recuperación del paisaje. Caso microcuenca estero empedrado* [Universidad de Concepción]. <http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/5637>
- Mardones, C. (2006). Impacto de la Percepción de la Calidad del Aire sobre el Precio de las Viviendas en Concepción-Talcahuano, Chile. *Cuadernos de Economía*, 43(128), 301–329. <https://doi.org/10.4067/s0717-68212006000200004>
- Martínez-Harms, M. J., Bryan, B. A., Wood, S. A., Fisher, D. M., Law, E., Rhodes, J. R., Dobbs, C., Biggs, D., & Wilson, K. A. (2018). Inequality in access to cultural ecosystem services from protected areas in the Chilean biodiversity hotspot. *Science of the Total Environment*, 636, 1128–1138. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.353>
- Martínez, C. (2004). Valoración Económica De Áreas Verdes Urbanas De Uso Público En La Comuna De La Reina. *Tesis Magistral Universidad de Chile*, 118.
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystem and Human Well-Being: Synthesis*. Island Press/World Resources Institute,.
- MINVU. (2014). *Política Nacional de Desarrollo Urbano: Hacia una Nueva Política Urbana para Chile*. <http://cndu.gob.cl/wp-content/uploads/2014/10/L4-Politica-Nacional-Urbana.pdf>
- Montoya-Tangarife, C. (2018). *Dinámicas Y Contrastes Entre Procesos De Sustentabilidad Del Paisaje En La Región Urbana Santiago-Valparaíso* [Pontificia Universidad Católica de Chile].

<https://repositorio.uc.cl/handle/11534/22045>

- Montoya-Tangarife, C., de La Barrera, F., Salazar, A., & Inostroza, L. (2017). Monitoring the effects of land cover change on the supply of ecosystem services in an urban region: A study of Santiago-Valparaíso, Chile. *PLoS ONE*, *12*(11), 1–22. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0188117>
- Munévar, C., Hernández, N., & Cardona, A. (2018). La eficacia de la participación de la plusvalía urbana en el municipio de Manizales-Colombia. *Revista Republicana*, *2018*(24), 41–60. <https://doi.org/10.21017/Rev.Repub.2018.v24.a39>
- Munroe, D. K. (2007). Exploring the determinants of spatial pattern in residential land markets: Amenities and disamenities in Charlotte, NC, USA. *Environment and Planning B: Planning and Design*, *34*(2), 336–354. <https://doi.org/10.1068/b32065>
- Núñez, F., & Schovelín, R. (2002). Modelo de precio de suelo urbano en el gran Concepción. *Ingeniería Industrial*, *1*(1), 47–58.
- Pérez, F. J. (2016). Medio Ambiente, Bienes Ambientales Y Métodos De Valoración. *Equidad y Desarrollo*, *1*(25), 119–158. <https://doi.org/10.19052/ed.3725>
- Potschin, M. B., & Haines-Young, R. H. (2011). Ecosystem services: Exploring a geographical perspective. *Progress in Physical Geography*, *35*(5), 575–594. <https://doi.org/10.1177/0309133311423172>
- Ridker, R. G., & Henning, J. A. (1967). The Determinants of Residential Property Values with Special Reference to Air Pollution. *The Review of Economics and Statistics*, *49*(2), 246–257. <https://doi.org/10.2307/1928231>
- Rivas, J. (2015). *Uso del Método de Precios Hedónicos, para estimar variación en precios de viviendas producto de nuevas líneas de Metro* [Universidad de Chile]. <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/135053>
- Samsura, D. A. A., van Deemen, A. M. A., van der Krabben, E., & van der Heijden, R. E. C. M. (2013). Bargaining for value capturing: A game-theoretical analysis and experimental approach. *Environment and Planning B: Planning and Design*, *40*(2), 234–253. <https://doi.org/10.1068/b37156>
- Schirpke, U., Candiago, S., Egarter Vigl, L., Jäger, H., Labadini, A., Marsoner, T., Meisch, C., Tasser, E., & Tappeiner, U. (2019). Integrating supply, flow and demand to enhance the understanding of interactions among multiple ecosystem services. *Science of the Total Environment*, *651*, 928–941. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.235>

- Seppelt, R., Dormann, C. F., Eppink, F. V., Lautenbach, S., & Schmidt, S. (2011). A quantitative review of ecosystem service studies: approaches, shortcomings and the road ahead. *Journal of Applied Ecology*, 48(3), 630–636. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2010.01952.x>
- Smith, P., & Henríquez, C. (2019). Perception of thermal comfort in outdoor public spaces in the medium-sized city of Chillán, Chile, during a warm summer. *Urban Climate*, 30(August), 100525. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2019.100525>
- Smith, P., & Henríquez, C. (2021). Propuesta de un indicador para evaluar la calidad climática urbana: estudio de caso en una ciudad media mediterránea chilena. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 30(1), 144–157. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v30n1.79653>
- TEEB. (2010). The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature: A Synthesis of the Approach, Conclusions and Recommendations of TEEB. In *Teeb*.
- Vargas, P. B. (2016). *Mapeo de Servicios Ecosistémicos en Chile: caso de estudio en las regiones de Tarapacá y Aysén*. October.
- von Bernath, Z., de la Barrera, F., Lobos, G., Ruiz, V., Serey, Í., & Tironi, A. (2018). *Identificación de Ecosistemas Continentales y los Servicios Ecosistémicos que estos Proveen. Informe Final* (Reporte Para El Ministerio Del Medio Ambiente). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.21142.65609>
- Wainer, P., Gasic, I., & Sánchez, R. (2019). *Agentes económicos en el mercado del suelo urbano de Santiago de Chile, período 2010 – 2015. Aportes a la discusión pública*. (Issue August).
- Webset, R., & Burgess, T. M. (1980). Optimal Interpolation and Isarithmic Mapping of Soil Properties Iii Changing Drift and Universal Kriging. *Journal of Soil Science*, 31(3), 505–524. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1980.tb02100.x>
- Wenner, F. (2018). Sustainable urban development and land value taxation: The case of Estonia. *Land Use Policy*, 77, 790–800. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.08.031>
- Wu, J. (2013). Landscape sustainability science: Ecosystem services and human well-being in changing landscapes. *Landscape Ecology*, 28(6), 999–1023. <https://doi.org/10.1007/s10980-013-9894-9>

7.1 Anexo 1. Encuesta Consulta a Expertos



INSTITUTO DE ESTUDIOS URBANOS
Y TERRITORIALES
FACULTAD DE ARQUITECTURA, DISEÑO Y ESTUDIOS URBANOS

Consulta a Expertos. Valoración de Servicios Ecosistémicos a partir de Matriz de Coberturas Terrestres

Tesista: Sebastián Abumada

Profesor Guía: Luis Fuentes Arce

La siguiente encuesta es parte del trabajo de campo de la tesis de Magister en Asentamientos Humanos y Medio Ambiente de la Pontificia Universidad Católica de Chile titulada "Distribución Espacial de la Incidencia de la Valoración Ambiental en el Valor del Suelo de la Región Metropolitana de Santiago" y busca determinar la incidencia de la valorización de los servicios ecosistémicos y su distribución espacial, en el valor del suelo en la región.

Algunos de los resultados de esta investigación será la definición de los servicios ecosistémicos que tienen mayor impacto en el valor del suelo, y la producción de una metodología que permita incorporar los servicios ecosistémicos como variable en la conformación del valor del suelo

Para la producción de los datos y el análisis, y dada la envergadura de los datos trabajados, esta tesis utiliza una matriz de valoración propuesta por Burkhard et al (2012,2014) y adaptada por Montoya Tangarife (2018) para el contexto de la región, que permite, por medio de valoración de expertos, mapear los servicios ecosistémicos a partir de coberturas de suelo. El procedimiento consiste en valorar el potencial de oferta de los servicios ecosistémicos que puede proveer cada cobertura dentro de la Región, en particular, el Área Urbana Consolidada Principal de la Región Metropolitana.

Dado del área de estudio, se disponen de coberturas terrestres clasificadas dentro del entorno urbano, por lo que se deberá calificar el potencial de cada cobertura de proveer los distintos tipos de servicios ecosistémicos propuestas, con valores que van entre 0 y 5, tal como se explica en la siguiente escala:

0 a 0,5 = Sin potencial relevante para proveer el Servicio Ecosistémico seleccionado

0,6 a 1,5 = Bajo potencial para proveer Servicio Ecosistémico seleccionado

1,6 a 2,5 = Medio-Bajo potencial para proveer Servicio Ecosistémico seleccionado

2,5 a 3,5 = Medio-alto potencial para proveer Servicio Ecosistémico seleccionado

3,6 a 4,5 = Alto potencial para proveer Servicio Ecosistémico seleccionado

4,5 a 5 = Máximo potencial para proveer Servicio Ecosistémico seleccionado

