



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

**CUANTIFICACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS URBANOS
EN CERROS ISLA**

El Proyecto de Parque Urbano para el cerro Chena, Santiago, Chile.

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

Cristian Retamal Araya

Profesor Guía: Sonia Reyes Pácke

Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales Pontificia Universidad Católica de Chile

Noviembre de 2015

CUANTIFICACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS URBANOS EN CERROS ISLA

El Proyecto de Parque Urbano en cerro Chena, Santiago, Chile.

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

Cristian Retamal Araya

Profesor Guía: Sonia Reyes Pácke

Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales Pontificia Universidad Católica de Chile

Noviembre de 2015

AGRADECIMIENTOS

A Soledad, Clarita y Genarito, porque ellos son parte importante de este logro. Soledad, sin tu apoyo, paciencia y amor entregado en este difícil, pero a la vez gratificante proceso, no habría sido posible. Hijos míos, espero que cuando crezcan lean esto y se sientan orgullosos.

A mi madre y mis suegros, mis logros son nuestros logros.

A mi profesor guía, Sonia Reyes, por su apoyo, infinito conocimiento y especialmente por su cordial forma de ser, no solo en este proceso, sino desde la primera clase.

A mis compañeros de Magíster, porque son un grupo increíble, muy alegre y unido, sin ellos realmente no habría sido lo mismo. A los “politipaps”, por la sinergia, cariño, apoyo y amistad sincera... recuerden siempre que el mundo es un pañuelo.

A Daniela Zaviezo, por su apoyo en el momento en que más lo necesitaba.

A los profesores del IEUT, porque realmente lograron ampliar mi visión como profesional.

A los funcionarios, y en especial a la Elita y Myriam, por darme ese empujoncito que faltaba.

A Cynamon Dobbs, por el apoyo constante, sus consejos e increíble disposición en todo momento.

A los funcionarios de la I. Municipalidad de San Bernardo, y en especial a Barbará Concha y Ma. Soledad Muñoz, por creer en mí y abrir sus puertas entregando información privilegiada.

RESUMEN

Los Servicios Ecosistémicos ha sido definidos como “todos los beneficios que la población obtiene de los ecosistemas” (MEA, 2005). A nivel de ciudades, donde se concentra la mayor parte de la población humana, se dispone de ecosistemas naturales y artificiales que proveen distintos beneficios a sus habitantes y por ende se trata del lugar donde la provisión de SE se encuentra más cercana a los beneficiarios. Hasta ahora la mayor parte de la literatura existente sobre Servicios Ecosistémicos Urbanos (SEU) se ha centrado en el hemisferio norte (Cilliers et al., 2013), con muy pocos estudios realizados a nivel nacional.

Las Áreas Verdes Urbanas (AVU) proveen SEU esenciales a nivel de ciudades, convirtiéndose en elementos fundamentales para mejorar la calidad de vida de la población urbana (Reyes & Figueroa, 2010; Gómez-Baggethun et al., 2013). Santiago presenta un bajo nivel de áreas verdes con un promedio de 3,4 m² por habitante (IEMA, 2013) y su localización esta marcada por una desigual distribución lo que repercute en niveles de calidad de vida disímiles (Orellana et al., 2012). Los cerros isla presentan una oportunidad única para aumentar la provisión de SEU y la cobertura de vegetación, y a su vez equilibrar la distribución AVU en el territorio (Forray et al., 2012).

La presente tesis definió como caso de estudio el Proyecto de Parque Urbano desarrollado para el cerro Chena, cuya próxima implementación será financiada por el Gobierno Regional. Los SEU en estudio fueron seleccionados principalmente por el nivel de información disponible y que fue necesaria para realizar su cuantificación, utilizando metodologías validadas por la academia y posibles de aplicar al caso de estudio, a saber; regulación de la calidad del aire, infiltración de agua y control de erosión.

Los resultados de la cuantificación permitieron concluir que la implementación del Proyecto aumentaría de manera importante el nivel actual de provisión de los SEU de regulación de la calidad del aire (86%), infiltración de aguas lluvia (104%) y control de la erosión (91%). A su vez, el nivel de cobertura vegetal del cerro Chena aumentaría en un 98% adicional, mejorando el índice de disponibilidad de áreas verdes urbanas para la población ubicada en las comunas del sur de la AMS de 3,53 m²/habitante a 7,33 m²/habitante.

La investigación realizada genera nuevo conocimiento en un campo donde a nivel nacional ha sido hasta ahora escaso, destacándose como el primer ejercicio de cuantificación de SEU realizado en un proyecto de parque urbano. A su vez establece herramientas de análisis amigables posibles de utilizar por investigadores locales cuando la información es acotada. Finalmente, los resultados obtenidos permiten conocer algunos beneficios que podrían gatillar en el territorio la aplicación de políticas públicas que actualmente se encuentran en pleno desarrollo.

INDICE

1	INTRODUCCIÓN	1
2	ESTADO DEL ARTE: SERVICIOS ECOSISTÉMICOS URBANOS, ÁREAS VERDES Y SU IMPACTO EN LA CALIDAD DE VIDA	3
2.1	CONCEPTUALIZACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS	3
2.2	SERVICIOS ECOSISTÉMICOS A ESCALA URBANA	5
2.3	EL ROL DE LAS ÁREAS VERDES URBANAS Y SU IMPACTO EN LA CALIDAD DE VIDA	8
2.4	SEU Y AVU; EN SEGUNDO PLANO FRENTE LA PLANIFICACIÓN URBANA	10
3	PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	13
3.1	PROBLEMATIZACIÓN: SITUACIÓN EN SANTIAGO, LA GRAN DEUDA QUE CONTRIBUYE A LA INEQUIDAD	13
3.1.1	<i>Carencia de áreas verdes y el bajo nivel de provisión de servicios ecosistémicos</i>	<i>14</i>
3.1.2	<i>Falta de investigación de SEU en Santiago.....</i>	<i>16</i>
3.1.3	<i>Justificación de los SEU seleccionados y problemática asociada</i>	<i>18</i>
3.2	PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	22
3.3	OBJETIVOS	22
4	METODOLOGÍA	23
4.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN	23
4.2	LEVANTAMIENTO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	23
4.3	CÁLCULO DE AUMENTO DE SUPERFICIES DE VEGETACIÓN	24
4.4	DEFINICIÓN DE METODOLOGÍAS DE CUANTIFICACIÓN	25
4.4.1	<i>Metodología para la cuantificación de la regulación de la calidad del aire.....</i>	<i>25</i>
4.4.2	<i>Metodología para la cuantificación de la infiltración de agua</i>	<i>28</i>
4.4.3	<i>Metodología para la cuantificación del control de la erosión</i>	<i>32</i>
4.5	IMPACTO DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN LA CALIDAD DE VIDA LOCAL.....	34
5	CERRO DE CHENA; OPORTUNIDAD ÚNICA.....	35
5.1	CARACTERIZACIÓN DE LOS CERROS ISLA EN EL AMS	35
5.1.1	<i>Estado actual de los cerros islas de la AMS</i>	<i>37</i>
5.1.2	<i>Estudios realizados.....</i>	<i>38</i>
5.2	EL CERRO CHENA	39
5.2.1	<i>Localización y Aspectos Administrativos</i>	<i>39</i>
5.2.2	<i>Sitio Prioritario N° 23</i>	<i>42</i>
5.2.3	<i>Usos de suelo y actividades</i>	<i>42</i>
5.2.4	<i>Estado de conservación ecológica y vegetación.....</i>	<i>45</i>
5.2.5	<i>Pendientes.....</i>	<i>48</i>
5.2.6	<i>Caracterización de la población beneficiada</i>	<i>48</i>
5.3	PROYECTO NUEVO PARQUE URBANO EN CERRO CHENA	49
6	RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA CUANTIFICACIÓN.....	55
6.1	RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN	55
6.2	CÁLCULO DEL AUMENTO DE LA COBERTURA VEGETAL.....	56
6.3	RESULTADOS DE LA CUANTIFICACIÓN.....	59
6.3.1	<i>Regulación de la calidad del aire.....</i>	<i>59</i>
6.3.2	<i>Infiltración de aguas lluvia</i>	<i>62</i>

6.3.3	<i>Control de la erosión</i>	66
6.4	SÍNTESIS DE RESULTADOS	72
7	DISCUSIÓN	74
8	BIBLIOGRAFÍA	79

INDICE DE IMÁGENES

FIGURA 1: RELACIONES ENTRE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y BIENESTAR HUMANO	4
FIGURA 2: ATRIBUTOS RELEVANTES EN LA VEGETACIÓN PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AIRE	7
FIGURA 3: RANKING DE COMUNAS DEL AMS DE ACUERDO AL ÍNDICE DE CALIDAD DE VIDA URBANA AÑO 2014	15
FIGURA 4: COMPARACIÓN VARIABILIDAD (%) POR DIMENSIÓN ICVU 2013 - 2014 (TODAS LAS COMUNAS)	16
FIGURA 5: DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA GLOBAL DE LOS ESTUDIOS REALIZADOS SOBRE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS URBANOS.....	17
FIGURA 6: ENFERMEDADES Y COSTOS ANUALES GENERADOS POR LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN CHILE	19
FIGURA 7: DISTRIBUCIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO EN INVIERNO EN EL AMS A LAS 21:00 HORAS	20
FIGURA 8: CLASIFICACIÓN DE LAS COMUNAS DE LA RM DE ACUERDO A SU CONDICIÓN SOCIOECONÓMICA PARA EL ESTUDIO DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS.....	26
FIGURA 9: UBICACIÓN DE CERROS ISLA EN LA CIUDAD DE SANTIAGO	36
FIGURA 10: LOCALIZACIÓN ADMINISTRATIVA DEL CERRO CHENA.....	40
FIGURA 11: VISTA DEL CERRO CHENA DESDE EL CERRO LA BALLENA.....	40
FIGURA 12: LÍMITES PEDIALES EN EL CERRO CHENA	41
FIGURA 13: USOS DE SUELO DEL CERRO CHENA.....	43
FIGURA 14: PUCARÁ DEL CERRO CHENA.....	44
FIGURA 15: SUPERFICIES SEGÚN CONDICIÓN NATURAL, CERRO CHENA	46
FIGURA 16: COMUNIDADES VEGETALES EN CERRO CHENA.....	47
FIGURA 17: COBERTURA VEGETAL CERRO CHENA.....	47
FIGURA 18: PENDIENTES DEL CERRO CHENA	48
FIGURA 19: ICVU REGIÓN METROPOLITANA	49
FIGURA 20: EJES DE ACCIÓN DERIVADOS DE LA PARTICIPACIÓN CIUDADANA	51
FIGURA 21: PROPUESTA GENERAL DE USO DE SUELO	52
FIGURA 22: PROPUESTA DE INFRAESTRUCTURA.....	53
FIGURA 23: CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO.....	54
FIGURA 24: COBERTURA VEGETAL POR COMUNIDAD VEGETAL - SITUACIÓN ACTUAL CERRO CHENA	57
FIGURA 25: AMPLIACIÓN DEL ZONA URBANIZABLE PRMS100.....	63
FIGURA 26: ÁREAS DE MENOR INFILTRACIÓN DE AGUAS LLUVIA EN LADERA NORTE DEL CERRO CHENA Y NUEVA ZONA URBANIZABLE DEL PRMS100 – SITUACIÓN ACTUAL.....	65
FIGURA 27: ÁREAS DE MENOR INFILTRACIÓN DE AGUAS LLUVIA EN LADERA NORTE DEL CERRO CHENA Y NUEVA ZONA URBANIZABLE DEL PRMS100 – SITUACIÓN CON PROYECTO.....	65
FIGURA 28: ÁREAS CON MAYOR RIESGO DE EROSIÓN - SITUACIÓN ACTUAL CERRO CHENA	66
FIGURA 29: ÁREAS DE MAYOR RIESGO DE EROSIÓN - SITUACIÓN CON PROYECTO CERRO CHENA.....	68
FIGURA 30: ÁREAS DE MAYOR RIESGO DE ACTIVACIÓN DE PROCESOS MORFODINÁMICOS EN LADERA NORTE DEL CERRO CHENA Y NUEVA ZONA URBANIZABLE DEL PRMS100 - SITUACIÓN ACTUAL.....	71
FIGURA 31: ÁREAS DE MAYOR RIESGO DE ACTIVACIÓN DE PROCESOS MORFODINÁMICOS EN LADERA NORTE DEL CERRO CHENA Y NUEVA ZONA URBANIZABLE DEL PRMS100 - SITUACIÓN CON PROYECTO	71

INDICE DE TABLAS

TABLA 1: GRUPOS Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS A NIVEL MUNDIAL	5
TABLA 2: FACTORES DE REGULACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE PARA ZONA DE ESTRATO SOCIOECONÓMICO MEDIO DEL AMS.	27
TABLA 3: CURVA NÚMERO PARA OTRAS TIERRAS AGRÍCOLAS (1)	29
TABLA 4: NÚMEROS DE LA CURVA PARA LAS ZONAS URBANAS (1), ÁREAS URBANAS TOTALMENTE DESARROLLADAS (VEGETACIÓN ESTABLECIDA)	30
TABLA 5: DESCRIPCIÓN DE GRUPOS HIDROLÓGICOS DE SUELO PARA CÁLCULO DE INFILTRACIÓN DE AGUA	30
TABLA 6: PENDIENTES UMBRALES Y PROCESOS MORFODINÁMICOS ASOCIADOS	33
TABLA 7: DESCRIPCIÓN DE ZONAS DE MAYOR RIESGO	34
TABLA 8: CERROS ISLA Y SUPERFICIE	36
TABLA 9: DATOS GENERALES DEL CERRO CHENA	41
TABLA 10: PREDIO DEL CERRO CHENA DE MAYOR TAMAÑO	42
TABLA 11: SUPERFICIES SEGÚN CONDICIÓN NATURAL, CERRO CHENA	45
TABLA 12: SUPERFICIES DE COBERTURA VEGETAL POR COMUNIDAD VEGETAL – SITUACIÓN ACTUAL CERRO CHENA	57
TABLA 13: SUPERFICIES DE COBERTURA POR COMUNIDAD VEGETAL- SITUACIÓN CON PROYECTO CERRO CHENA	58
TABLA 14: REMOCIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS – SITUACIÓN ACTUAL CERRO CHENA	60
TABLA 15: REGULACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE – SITUACIÓN CON PROYECTO CERRO CHENA	60
TABLA 16: COMPARACIÓN DE LA SITUACIÓN CON Y SIN PROYECTO RESPECTO DE LA REGULACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE EN CERRO CHENA	61
TABLA 17: INFILTRACIÓN DE AGUAS LLUVIAS SEGÚN TIPO DE COBERTURA – SITUACIÓN ACTUAL CERRO CHENA	62
TABLA 18: INFILTRACIÓN DE AGUAS LLUVIAS – SITUACIÓN CON PROYECTO CERRO CHENA	62
TABLA 19: COMPARACIÓN NIVELES DE INFILTRACIÓN EN LAS SITUACIONES CON Y SIN PROYECTO	62
TABLA 20: ÁREAS DE MAYOR RIESGO POR COMUNIDAD VEGETAL, PENDIENTE Y COBERTURA – SITUACIÓN ACTUAL CERRO CHENA	67
TABLA 21: ÁREAS DE MAYOR RIESGO POR COMUNIDAD VEGETAL, PENDIENTE Y COBERTURA – SITUACIÓN CON PROYECTO CERRO CHENA	68
TABLA 22: COMPARACIÓN ÁREAS DE ALTO RIESGO DE EROSIÓN EN LAS SITUACIONES CON Y SIN PROYECTO	69
TABLA 23: SÍNTESIS DE RESULTADOS	72

SIGLAS

AMS : Área Metropolitana de Santiago

AVU : Área Verdes Urbana

EAE : Evaluación Ambiental estratégica

ICVU : Índice de Calidad de Vida Urbana

MEA : Millennium Ecosystem Assessment

PRMS100: Modificación 100 al Plan Regulador Metropolitano de Santiago

SE : Servicio Ecosistémico

SEU : Servicio Ecosistémico Urbano

TEEB : The Economics of Ecosystems and Biodiversity

UF : Unidad de Fomento

USDA : Departamento de Agricultura de Estados Unidos

1 INTRODUCCIÓN

El concepto de Servicios Ecosistémicos (SE) ha sido definido como “todos los beneficios que la población obtiene de los ecosistemas” (MEA, 2005), por consiguiente su estudio inherentemente implica indagar sobre el bienestar humano. En las zonas urbanas existen ecosistemas de menor envergadura, artificiales o naturales con algún grado de intervención antrópica. Estos ecosistemas también son capaces de proveer beneficios a la población, pero con la particularidad de hacerlo a los habitantes urbanos; por esta razón han sido denominados como Servicios Ecosistémicos Urbanos - SEU (Bolund & Hunhammar, 1999). Los SEU son generados donde se concentra la mayor parte de la población humana, por ende se trata del lugar donde la provisión de los SE se encuentra más cercana a los beneficiarios.

En esa misma línea, las Áreas Verdes Urbanas (AVU) son capaces de mitigar problemas ambientales que merman la calidad de vida a nivel de ciudades, a saber; el ruido, la contaminación atmosférica, inundaciones, procesos de remoción en masa, stress, islas de calor, entre otros.

En Chile, la población urbana ya supera el 87% y su tendencia permite prever que continuará creciendo (Política Nacional de Desarrollo Urbano, 2013). La planificación y los procesos de expansión urbana no han ayudado al posicionamiento de las AVU como espacios necesarios a nivel de ciudades. En la actualidad, Santiago presenta un promedio de 3,4 m² de áreas verdes por habitante (IEMA, 2013), cifra que se encuentra muy por debajo de estándares internacionales donde algunos estudios proponen al menos 20 m² de áreas verdes por habitante (Wang, 2009; Forray et al., 2012). Esta situación empeora frente a una marcada desigualdad en la distribución de las AVU, lo que repercute en niveles de calidad de vida disímiles, donde las comunas de menor ingreso reflejan una mayor cantidad de problemas relacionados con enfermedades e inseguridad (Orellana et al., 2012).

Las comunas más carentes concentran gran parte de su componente ambiental en los denominados “cerros islas”, transformándolos en su principal proveedor potencial de SEU a nivel local. Los cerros disponen de grandes superficies ubicadas dentro de la ciudad, con áreas que abarcan desde 2,57 há hasta 1.692,12 há, contabilizando 26 cerros los que suman una superficie total de 5.600 há. Es por esto que los cerros isla presentan una oportunidad única para aumentar poderosamente la provisión de SEU y la cobertura de vegetación, y a su vez equilibrar su distribución al situarse principalmente en los sectores de mayor carencia (Forray et al., 2012).

Hasta ahora la mayor parte de la literatura existente sobre SEU se ha centrado en el hemisferio norte, preferentemente en los países desarrollados y con muy pocos estudios desarrollados en Chile. Esto se explica principalmente porque en países en vías de desarrollo su estudio aún no es considerado como un campo importante de investigación (Cilliers et al., 2013).

La realización de esta tesis se justifica en la necesidad de generar nuevo conocimiento en un campo que a nivel nacional ha sido hasta ahora escaso y su vez conocer los beneficios que podrían gatillar en el territorio políticas públicas que actualmente se encuentran en pleno desarrollo.

La presente investigación definió como caso de estudio el Proyecto de Parque Urbano desarrollado para el cerro Chena, cuya próxima implementación será financiada por el Gobierno Regional. La investigación no considerará el levantamiento de información primaria, por consiguiente los SEU a estudiar serán definidos principalmente por el nivel de información disponible y que será necesaria para realizar su cuantificación, utilizando metodologías validadas por la academia y posibles de aplicar al caso de estudio. Por esta razón, y reconociendo la relevancia que los servicios culturales tienen para las ciudades, la tesis enfocará su estudio en los servicios de regulación.

Se realizará la cuantificación de los SEU seleccionados de manera de evaluar como estos varían su nivel de provisión con un proyecto que mejorará las condiciones ambientales y ecológicas del cerro Chena, destacándose como el primer ejercicio de cuantificación de SEU a nivel nacional realizado en un proyecto de parque urbano. Finalmente, se buscará comprender la forma en que esta variación de la provisión repercutirá en los habitantes de la población circundante al cerro Chena.

2 ESTADO DEL ARTE: SERVICIOS ECOSISTÉMICOS URBANOS, ÁREAS VERDES Y SU IMPACTO EN LA CALIDAD DE VIDA

2.1 Conceptualización de los Servicios Ecosistémicos

El estudio de los servicios ecosistémicos es una disciplina relativamente nueva que vincula aspectos económicos y ambientales de manera de valor a elementos que no cuentan con un precio que los pueda situar en el mercado. Es por esta misma razón que existen diferentes definiciones de servicio ecosistémico, sin embargo, la mayoría de los autores (Daily, 1997; Costanza et al., 1997; Kremen, 2005; Boyd y Banzhaf, 2007; de Groot et al., 2010), coinciden en una visión antropocéntrica que consideran a los servicios ecosistémicos como beneficios directos o indirectos que los humanos obtienen de los ecosistemas y sus procesos, para su bienestar.

Con la creación de este concepto, nace una plataforma propicia para el análisis de las relaciones existentes entre el funcionamiento intrínseco de los ecosistemas y el bienestar que estos otorgan al ser humano (Balvanera & Cotler, 2007), basada en el reconocimiento de los ecosistemas como fuentes de energía y materiales necesarios para la subsistencia de la humanidad (Constanza & Daly, 1992). Este relevamiento permitió también transparentar la dependencia humana de los ecosistemas y por consiguiente, el condicionamiento a largo plazo tanto del desarrollo económico como social (Constanza & Daly, 1992). Esta reciente perspectiva concibe a los ecosistemas como el capital natural, y a los procesos naturales como los generadores de SE, los que, compuestos de flujos de materiales, energía, e información, se combinan con servicios manufacturados y capital humano para finalmente producir el bienestar humano (Costanza et al., 1997). Por ende, se puede afirmar que una parte importante del bienestar humano en este planeta es proporcionado por los ecosistemas (Costanza et al., 1997).

Ya reconocido y validado, el concepto de SE ha ido evolucionando a medida que ha sido mejor estudiado. En 1997, Costanza et al. los definía como "los beneficios que las poblaciones humanas obtienen, directa o indirectamente, de las funciones de los ecosistemas". Posteriormente De Groot et al., (2002) estableció que los procesos del ecosistema pueden traducirse en funciones ecosistémicas, incorporando así formalmente este eslabón o concepto de "funciones", para referirse a los procesos desarrollados por los ecosistemas en forma intrínseca y necesarios para su propia subsistencia, y que por defecto resultan en la provisión de servicios a la humanidad.

En el año 2000, el Secretario General de las Naciones Unidas, Kofi Annan, convocó a la “Millennium Ecosystem Assessment” (MEA, 2005), cuyo objetivo fue evaluar las consecuencias de los cambios en los ecosistemas sobre el bienestar humano y generar las bases científicas para las acciones destinadas a mejorar la conservación y el uso sostenible de los mismos (MEA, 2005). En este inédito proceso que convocó al grupo de científicos sociales y naturales más grande que se haya reunido para evaluar el conocimiento en esta área, definió que “los servicios ecosistémicos son todos los beneficios que la población obtiene de los ecosistemas”. Dicha evaluación logró también identificar dónde existen amplios consensos sobre las conclusiones, pero también dónde la información es insuficiente para llegar a conclusiones firmes. El examinar al medio ambiente a través del marco de los SE facilita la identificación de cómo los cambios en los ecosistemas influyen sobre el bienestar humano (Figura 1), y proporciona información que los responsables de la toma de decisiones pueden sopesar junto con datos en el ámbito social y económico (MEA, 2005).

Figura 1: Relaciones entre servicios ecosistémicos y bienestar humano



Fuente: MEA, 2005.

Posteriormente, en el marco de la iniciativa de seguimiento de la MEA 2005, el proyecto The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB, 2008) reafirmó la visión de provisión en cascada, incorporando solo algunas escalas y atributos que permitieron facilitar el entendimiento de los flujos (relaciones) que existen entre los ecosistemas y el bienestar humano, por consiguiente del valor que representan para la humanidad.

Desde este consenso, y conforme al rol genérico que desempeñan, la MEA (2005) clasificó veintitrés (23) servicios ecosistémicos provistos por los ecosistemas a nivel mundial, categorizados en cuatro grupos esenciales para la subsistencia del hombre (Tabla 1). Esta clasificación se ha mantenido hasta el día de hoy sin sufrir grandes modificaciones y siendo ampliamente validada por la academia.

Tabla 1: Grupos y servicios ecosistémicos a nivel mundial

Provisión		Regulación	
1	Alimento.	7	Regulación de la calidad del aire.
2	Agua.	8	Regulación del clima.
3	Fibra, combustible y otras materias primas.	9	Mitigación de riesgos naturales.
4	Material genético.	10	Regulación del agua.
5	Productos bioquímicos y recursos medicinales.	11	Absorción de residuos.
6	Especies y/o recursos ornamentales.	12	Protección de la erosión.
Soporte		13	Formación y restauración del suelo.
16	Hábitat de reproducción.	14	Polinización.
17	Protección de reserva genética.	15	Regulación biológica.
Cultural			
18	Estética; apreciación del paisaje natural.	21	El patrimonio cultural e identidad.
19	Recreación.	22	Inspiración espiritual y religiosa.
20	La inspiración para la cultura, el arte y el diseño.	23	Educación y ciencia.

Fuente: Elaboración propia en base a De Groot et al., 2010.

2.2 Servicios Ecosistémicos a escala urbana

A nivel de ciudades se dispone de ecosistemas naturales y artificiales de menor magnitud, entendiéndose por ello a todas las áreas verdes y azules (cuerpos de agua) presentes en zonas urbanizadas. Es así como Bolund y Hunhammar (1999) identificaron o tipificaron siete (7) ecosistemas presentes a nivel urbano, sean estos; arboladas, jardines/parques, bosques urbanos, cultivos, humedales, lagos/mar y los arroyos. Estos ecosistemas internos tienen la capacidad de proveer beneficios directamente a los habitantes de las ciudades y por consiguiente han sido denominados como Servicios Ecosistémicos Urbanos (SEU) (Bolund & Hunhammar, 1999). Los

SEU tienen la particularidad de ser generados por ecosistemas “artificializados” o con una fuerte intervención antrópica. En las ciudades las funciones ecosistémicas suelen ser menores en cantidad y/o calidad, lo que puede redundar en una menor provisión al comparar con ecosistemas silvestres. No obstante, las ciudades concentran la mayor parte de la población humana y por consiguiente se trata del lugar donde la provisión de los SE se encuentra más cercana a los beneficiarios. Por ello, se considera a los SEU como un tipo especial de servicios ecosistémicos, reconociéndoles su importancia para la resiliencia de cualquier núcleo urbano y por ende para la calidad de vida de sus habitantes.

Bolund y Hunhammar (1999) propusieron una nueva clasificación para los SEU, sin embargo para el desarrollo del presente estudio se han considerado relevantes, y por consiguiente necesarios de definir, solo tres (3) de ellos, sean estos: regulación de la calidad del aire, infiltración de agua y control de la erosión. Todos ellos son servicios ecosistémicos de regulación que junto a los servicios culturales se han posicionado como son los más estudiados al ser considerados los de mayor relevancia en el contexto urbano (Haase et al., 2014):

- **Regulación de la calidad del aire:** La vegetación, y en especial árboles y arbustos, tiene la capacidad de mejorar la calidad del aire a través de dos procesos; la absorción de gases en el desarrollo de la fotosíntesis y la fijación en la superficie del follaje de partículas de polvo suspendidas (MEA, 2005). Los contaminantes son absorbidos por las estomas del follaje y atrapados en los espacios intracelulares de las hojas para posteriormente incorporarlos a los procesos metabólicos de la planta o árbol. La vegetación realiza este proceso a través de su masa foliar, por consiguiente esta capacidad es mayor para los árboles, por sobre los arbustos y pastizales, ya que mantienen una mayor área foliar (Nowak 1994^a; Escobedo et al 2008; Dobbs et al., 2011). Diversos estudios han estimado que genéricamente un parque puede eliminar hasta el 85% de la contaminación presente en el aire, mientras que una calle arbolada puede filtrar hasta el 70% (Bernatzky 1983, citado en Bolund & Hunhammar, 1999; Hernández, 2007; Dobbs et al., 2011). Una hectárea de bosque mixto puede eliminar 15 toneladas por año de partículas del aire, mientras que, por su gran masa foliar, un bosque de abetos (especie conífera) puede filtrar hasta 3 veces más (Tolly, 1988; Bramryd y Fransman, 1993, citados en Bolund & Hunhammar, 1999). McPherson et al. (1997) estimaron que los árboles de la región de Chicago pueden eliminar alrededor de 5.500 toneladas de contaminantes del aire, con una valoración monetaria superior a los US\$ 9.000.000 por la provisión aire de buena calidad durante un año. En la Figura 2 se resumen los atributos de la vegetación que permiten mejorar la calidad del aire.

Figura 2: Atributos relevantes en la vegetación para el mejoramiento de la calidad del aire



Fuente: Elaboración propia en base a Bolund & Hunhammar, 1999.

- **Infiltración del agua:** La infraestructura construida provoca la compactación y cobertura de los suelos, modificando drásticamente los flujos naturales de las aguas lluvia y minimizando la provisión SEU como la infiltración del agua (Bolund & Hunhammar, 1999; Krellenberg et al., 2013). La modificación de estas condiciones provocan riesgos naturales de alto impacto a la sociedad. Las inundaciones son consideradas un fiel reflejo de los problemas socionaturales, que en el caso de las ciudades latinoamericanas se encuentran altamente asociadas con la vulnerabilidad social, afectando más severamente a sus habitantes de menores ingresos (Romero et al., 2010). La compactación e impermeabilización del suelo generan otros efectos negativos como la disminución del nivel de agua en las napas subterráneas y la contaminación de las aguas al arrastrar en su recorrido los contaminantes presentes en las calles (Haughton y Hunter, 1994; citado en Bolund & Hunhammar, 1999; Krellenberg et al., 2013). A nivel urbano, las zonas que presentan vegetación tienen una capacidad de infiltración de aguas lluvia entre un 85% y 95%, mientras que las zonas urbanas carentes de vegetación, que manejan sus aguas lluvia a través de desagües y alcantarillas, logran un nivel de infiltración de apenas el 10% (Bernatzky, 1983; citado en Bolund & Hunhammar, 1999). De esta forma, las AVU son capaces de entregar superficies urbanas de suelos blandos aptos para la infiltración, de manera que una política pública que permita su planificación y manejo adecuado podría ayudar a la mitigación de este riesgo natural y a su vez a la disminución de los costos asociados a la construcción y manejo del sistema de drenaje de las aguas (Bolund & Hunhammar, 1999).

- **Control de la erosión:** Las raíces de la vegetación y la fauna edáfica evitan de manera natural el deslizamiento de tierra por las laderas, lo que se denomina como la retención del suelo (Gomez - Baggeth & de Groot, 2007). Selby (1993) señala que la vegetación contribuye a disminuir el efecto erosivo en las laderas a través de la absorción de agua, disminuyendo así el grado de saturación del suelo. Las raíces en general ayudan a la estabilización de las laderas actuando como anclajes de reforzamiento, pese a que en algunos casos esta estabilización es sólo superficial (Lara & Sepúlveda, 2008). Los fenómenos de remoción en masa son procesos de transporte de material de manera descendente definidos como procesos de “movilización lenta o rápida de determinado volumen de suelo, roca o ambos, en diversas proporciones, generados por una serie de factores” (Hauser, 1993, p. 8). Entre los principales factores desencadenantes de estos fenómenos se encuentran los sismos y las lluvias intensas, que generan en su mayoría flujos y deslizamientos (Lara & Sepúlveda, 2008).

Los rasgos geomorfológicos que condicionan eventos de remoción en masa son principalmente la topografía, las pendientes de las laderas, los cambios fuertes de pendientes de las laderas y la extensión y altura de las laderas. Estas características inciden en la velocidad, energía y volumen de las remociones que puedan originarse. La topografía escarpada y ángulos altos de pendientes de laderas es el primer factor geomorfológico a considerar, siendo propicios para la generación de flujos, deslizamientos y derrumbes. Mientras *mayor* es la pendiente, tanto de laderas como de cauces, mayor es su capacidad de transporte y de energía para hacia los flujos. Pendientes mayores a 25° en las cabeceras de las hoyas hidrográficas, son favorables para el desarrollo de flujos o aluviones (Hauser, 1993) aunque algunos podrían generarse sobre pendientes menores que no sobrepasan los 15° (Sauret, 1987, citado en Sepúlveda, 1998).

2.3 El rol de las áreas verdes urbanas y su impacto en la calidad de vida

En la actualidad existe consenso a nivel académico en que el concepto de “Calidad de Vida” no responde a una teoría única que defina y explique el fenómeno (García, 2005), por lo mismo es considerado aún impreciso. Inclusive, Urzúa y Caqueo-Úrizar (2012) sostienen que muchos investigadores no definen claramente el concepto en sus estudios, o erróneamente lo utilizan de manera indistinta bajo términos similares, pero no necesariamente iguales; satisfacción con la vida, bienestar subjetivo, bienestar, estado de salud, salud mental, felicidad, estado funcional, valores vitales, entre otros.

Reconociendo la complejidad intrínseca de utilizar el concepto, se revisarán algunas definiciones que son útiles para el alcance de la presente investigación, puesto que entregan una oportunidad para

vincular los beneficios aportados por los SEU con los impactos que estos generan en la calidad de vida de los residentes de las ciudades.

Max-Neef define a la calidad de vida desde la teoría de las necesidades humanas básicas, clasificándolas como; subsistencia, protección, afecto, entendimiento, participación, ocio, creación, identidad y libertad. Además agrega que estas necesidades son “finitas, pocas e identificables” (1993, p.42) y lo que varía entre culturas y a través del tiempo son los medios que usamos para satisfacer estas necesidades básicas, a los que llama “satisfactores”.

A nivel nacional, es necesario indicar que se han desarrollado distintas definiciones aceptadas para el concepto. Una de ellas es la acuñada por el Ministerio de Planificación (2005) quien la define como “el grado en que una sociedad posibilita la satisfacción de las necesidades de los miembros que la componen, las cuales son múltiples y complejas”.

Por su parte, Orellana et al. (2012) destaca la amplitud de variables que aborda esta definición, sin embargo, y a su vez, la cataloga como acotada respecto de los temas que contempla al estimar que su enfoque apunta principalmente a requerimientos de carácter básicos, conforme al nivel de desarrollo actual de nuestra sociedad. Para la construcción del Índice de Calidad de Vida Urbana, el autor propone una nueva definición del concepto describiéndolo como “las condiciones de vida objetivas de la población generadas a partir de las actuaciones y dinámicas de transformación del espacio urbano inducidas por actores públicos, privados y la sociedad civil” (Orellana et al., 2012). De este modo incluye variables que van más allá de las condiciones de habitabilidad, conforme a las nuevas necesidades propias de una nación en vías de desarrollo.

Así y todo, con diferencias validas que puedan demostrar las distintas definiciones, de alguna u otra forma todas abordan la importancia del entorno ambiental para la calidad de vida y con ello a los beneficios aportados por los distintos componentes de esta dimensión.

En esa misma línea, distintos autores concuerdan en que las AVU cumplen funciones y proveen servicios esenciales a nivel de ciudades, convirtiéndose en elementos fundamentales para mejorar la calidad de vida de la población urbana, especialmente en ciudades intermedias y metrópolis (Reyes & Figueroa, 2010; Gómez-Baggethun et al., 2013). A diferencia de la vegetación presente en el ámbito rural, en las ciudades las AVU además de cumplir un rol ecológico proveen servicios de regulación y culturales (Priego, 2002).

De acuerdo a Dobbs et al. (2011), la estructura del arbolado urbano presente en las AVU es un factor determinante en la función ecosistémicas y por ende determina el nivel de provisión del SE.

“De este modo, mediante la alteración de la estructura del bosque o arbolado urbano, podemos alterar ciertas funciones de los ecosistemas para maximizar el bienestar humano en las ciudades” (Dobbs, Escobedo y Zipperer, 2011, p. 2).

Otro claro ejemplo de problemas ambientales que merman la calidad de vida a nivel de ciudades, y que son posibles de mitigar a través del manejo de las AVU, es el ruido provocado principalmente por el tráfico y otras fuentes urbanas como industrias y grandes conglomeraciones de personas. Las AVU contribuyen a la disminución del ruido con la presencia de árboles y arbustos densos o grandes plantaciones, así como césped en lugar de un suelo de hormigón, ya que estas tienen la capacidad de reducir considerablemente los niveles de emisión sonora (Naturva'rdsverket, 1996; citado en Bolund & Hunhammar, 1999). Al igual que la contaminación atmosférica, el ruido repercute directamente en la calidad de vida de todos los habitantes de la ciudad.

Las AVU también permiten la infiltración de las aguas lluvia, minimizando escorrentías de aguas superficiales y previniendo inundaciones, al igual que la activación de procesos morfodinámicos en ladera de cerros (Romero et al., 2010; Romero & Vásquez, 2005). Igualmente minimizan el efecto de las islas de calor entregando espacios de sombra que regulan la temperatura local (Reyes & Figueroa, 2010).

Generalmente las áreas metropolitanas proporcionan un entorno poco amigable para sus habitantes, incentivado por un estilo de vida agitado y la baja disponibilidad de espacios destinados al descanso y la recreación. Este ambiente redundante en altos niveles de stress, con problemas de salud resultantes en la población. Los servicios de recreación que proveen las AVU causan sensaciones positivas de alto impacto, por ende son tal vez el servicio ecosistémico mejor valorado por los habitantes de las ciudades (Bolund & Hunhammar, 1999; Chiesura, 2004).

En consecuencia, cada vez existe mayor evidencia e información respecto a la relevancia de incorporar el componente natural en la planificación urbana, lo que permitiría maximizar los beneficios propiciando ciudades con mejor calidad de vida (Bolund & Hunhammar, 1999; Forray et al., 2012).

2.4 SEU y AVU; en segundo plano frente la planificación urbana

La tendencia mundial es que la población urbana siga aumentando, lo que podría dificultar aún más la posibilidad de ciudades con una mayor cantidad AVU lo que permitiría asegurar una buena provisión de servicios ecosistémicos. De acuerdo al Fondo de Población de las Naciones Unidas (UNFPA, 2013), producto de la explosiva urbanización imperante, al año 2050 más del 70% de la

población mundial vivirá en ciudades. Las áreas urbanizadas cubren sólo una pequeña porción de la superficie total del planeta, sin embargo estas generan gran parte de los impactos antropogénicos que presionan la biosfera (Gómez-Baggethun et al., 2013). El aumento explosivo de la urbanización ha exacerbado considerablemente problemas socioambientales presentes dentro de las mismas ciudades; inundaciones, contaminación atmosférica, stress, entre otros (Sorensen et al., 1997; Romero et al., 2010). Esta situación es aún más preocupante al considerar que actualmente a nivel mundial la mayor parte de la población humana y de los problemas ambientales se concentran en las ciudades (De la Barrera, 2012).

En Chile la expansión de usos residenciales, industriales y de servicios ha consumido en forma explosiva gran parte de los espacios disponibles dentro de las ciudades, en ausencia de una planificación e información de base que permita prever futuras presiones (García & Guerrero, 2006). Esta situación ha generado impactos en el medioambiente que afectan de manera especial a los sectores de menores ingresos, provocando mayor segregación social e injusticias ambientales ante la construcción de políticas públicas que finalmente han resultado fallidas (Romero et al., 2010). Sin embargo, y pese a lo anterior, también es posible señalar que a nivel urbano, existen impactos que afectan en forma tranversal a toda la sociedad, independiente de su condición socioeconómica, tales como la contaminación del aire, las islas de calor y el ruido, efectos que presionan la calidad de vida de los habitantes urbanos de todos los estratos sociales (Sorensen et al., 1997).

Aunque con frecuencia la generación de los servicios ecosistémicos puede ocurrir a cierta distancia de la ciudad, es necesario propiciar que estos sean producidos localmente ya que a menudo la más eficaz, y en algunos casos la única, forma de lidiar con problemas locales es a través de soluciones locales (Bolund & Hunhammar, 1999). En consecuencia, existe creciente evidencia respecto a la relevancia de incorporar el componente natural en la planificación urbana, lo que permitiría maximizar los SEU propiciando ciudades con mejor calidad de vida (Bolund & Hunhammar, 1999; Forray et al., 2012). En este sentido, las AVU se tornan vitales, al ser reconocidas como fuentes de provisión de servicios de regulación, soporte y culturales, ámbitos de mayor relevancia a nivel de ciudades (Reyes & Figueroa, 2010; Gómez-Baggethun et al., 2013).

A medida que se espera que en las próximas décadas la mayoría de las ciudades continúen creciendo, se hace necesario que los responsables políticos y planificadores de la ciudad valoren los SEU y los mismos ecosistemas que los proporcionan (Bolund & Hunhammar, 1999). Por ejemplo, una gestión apropiada de las AVU, por parte de los planificadores urbanos, permitiría maximizar las posibilidades de prevención y corrección de los problemas ambientales presentes a nivel de ciudades (Echechuri; Giudice y Prudkin, 1990) tales como; desastres naturales (inundaciones y deslizamientos

de tierra), islas de calor, contaminación del aire y agua (Sorensen, Barzetti, Keipi, & Williams, 1997; Romero et al., 2010). A su vez aumentaría la disponibilidad de espacios de recreación y esparcimiento, propiciando así la integración social y la reducción del estrés (Forray, et al., 2012). Estas mejoras permitirían favorecer estratégicamente la maximización de la condición de la sustentabilidad urbana y territorial de las ciudades (Sorensen, et al., 1997; Pataki, et al., 2011; Chiesura, 2004) y por consecuencia, el mejoramiento de la calidad de vida de los residentes urbanos. Sin embargo, para ello se requiere de información robusta que les permita entender su importancia, para luego tomar decisiones acertadas que efectivamente logren las mejoras esperadas.

Si bien históricamente la gestión de AVU, y por consecuencia de los SEU, no ha sido abordada con la relevancia necesaria, en la actualidad esa tendencia ha ido cambiando. Un claro ejemplo de esto es lo realizado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) quienes han incluido recientemente el indicador de superficie de áreas verdes por habitante dentro de un set de indicadores ambientales urbanos que desea impulsar. Dicho concepto ha sido propuesto por Naciones Unidas en el marco de los indicadores para evaluar el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) y de la Iniciativa Latinoamericana y Caribeña para el Desarrollo Sostenible (ILAC) (IEMA, 2013).

3 PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Problematicación: Situación en Santiago, la gran deuda que contribuye a la inequidad

A nivel nacional, la evaluación del estado del medio ambiente, realizado el año 2011 por el Ministerio del Medio Ambiente, definió a las AVU como uno de los indicadores relevantes para conocer el estado ambiental de las ciudades chilenas (IEMA, 2013). Sin embargo, con una población urbana que supera el 87% (Política Nacional de Desarrollo Urbano, 2013), y que entre los años 1970 y 2002 creció aproximadamente en un 107% (Universidad de Chile, 2010), se han generado dinámicas internas en la estructura y organización urbana que difícilmente favorecen el desarrollo y mantenimiento de AVU.

Es así como en el Área Metropolitana de Santiago, los procesos de expansión de zonas residenciales hacia sectores pre-cordilleranos de Santiago han provocado la pérdida de miles de hectáreas de, hasta ese entonces, áreas de ambientes naturales (Romero & Vásquez, 2005) ricos en especies de vegetación y fauna de carácter endémico, es decir, que no se encuentra de forma natural en otras áreas a nivel mundial. Esta zona ha sido clasificada como uno de los 34 hotspot a mundiales (Chilean winter rainfall-Valdivian forests) y que por ende mantiene prioridad de conservación al concentrar un mínimo de 1.500 especies de plantas vasculares endémicas (0,5 % del total mundial) y una alta proporción de vertebrados endémicos, en un hábitat fuertemente impactado por el hombre (Mittermeier et al., 2004). Sin embargo, y pese a esta significativa particularidad ecológica, la ciudad de Santiago es la zona más densamente poblada del país y por consiguiente mantiene un permanente requerimiento de suelo, generando importantes pérdidas de hábitats naturales y la biodiversidad presente en ellos (Forray et al., 2012). Dicho esto, para el año 2015 se ha estimado que la población de la Región Metropolitana de Santiago aumentará a 7.193.719 de habitantes (INE, 2002).

Romero et al. (2010), en referencia a estas áreas naturales antiguamente pertenecientes al fisco, menciona que estas podrían haber sido mantenidas como propiedad pública en virtud de los servicios ambientales que ofrecían a la ciudad y así transformarse en un bien común protegido por las políticas públicas. No obstante, proyectos inmobiliarios desarrollados en el cono de alta renta terminaron por generar injusticias ambientales al relocalizar los riesgos naturales a zonas residenciales aguas abajo, coincidentemente con la población de menores ingresos. Es así como queda en evidencia que la pérdida de ambientes naturales está directamente relacionada con algunos de los problemas ambientales que hoy en día afectan a la ciudad y sus habitantes, como los son las inundaciones y la contaminación atmosférica (Fernández, 2009; Forray et al., 2012).

Es quizás este último impacto el que mejor permite retratar la relación entre los servicios ambientales y la calidad de vida de las personas. La contaminación atmosférica causa efectos nocivos sobre la salud pública en general, aumentando fuertemente la incidencia de enfermedades respiratorias y cardiovasculares, con todos los costos sanitarios que ello implica (Gómez-Baggethun et al., 2013; MEA 2005; IEMA, 2013).

3.1.1 Carencia de áreas verdes y el bajo nivel de provisión de servicios ecosistémicos

El nivel de provisión de servicios de regulación (protección de la erosión, infiltración de aguas lluvia, regulación de clima, regulación de la calidad del aire, polinización, etc.) y culturales (recreación, patrimonio cultural e identidad, estética, etc.) guarda directa correspondencia con el tamaño de las áreas verdes. Al respecto, distintos estudios han establecido superficies mínimas de parques urbanos para asegurar un aporte significativo de SEU, las que van desde un tamaño mínimo de 2 hectáreas hasta 10 hectáreas (Reyes & Figueroa, 2010). Sin embargo, en la actualidad, sólo el 3% de las AVU de la ciudad de Santiago tiene una superficie mayor a 10 hectáreas. De hecho, el 91% presenta superficies menores a los 0,5 hectáreas, tamaño que inclusive disminuye al concentrarse en las comunas de menores ingresos donde muy pocas superan las 0,1 hectáreas (Reyes & Figueroa, 2010). Si bien en las últimas décadas se han realizado esfuerzos para mejorar su disponibilidad en la AMS, aún persiste una carencia en gran parte de la ciudad (De la Maza, 2002). Santiago presenta un promedio de 3,4 m² de áreas verdes por habitante (IEMA, 2013), cifra que se encuentra muy por debajo de estándares internacionales donde algunos estudios proponen al menos 20 m² de áreas verdes por habitante (Wang, 2009; Forray et al., 2012). En ese sentido, las comunas más carentes concentran gran parte de su componente ambiental en los denominados “cerros islas”, transformándolos en su principal proveedor de servicios ecosistémicos a nivel local.

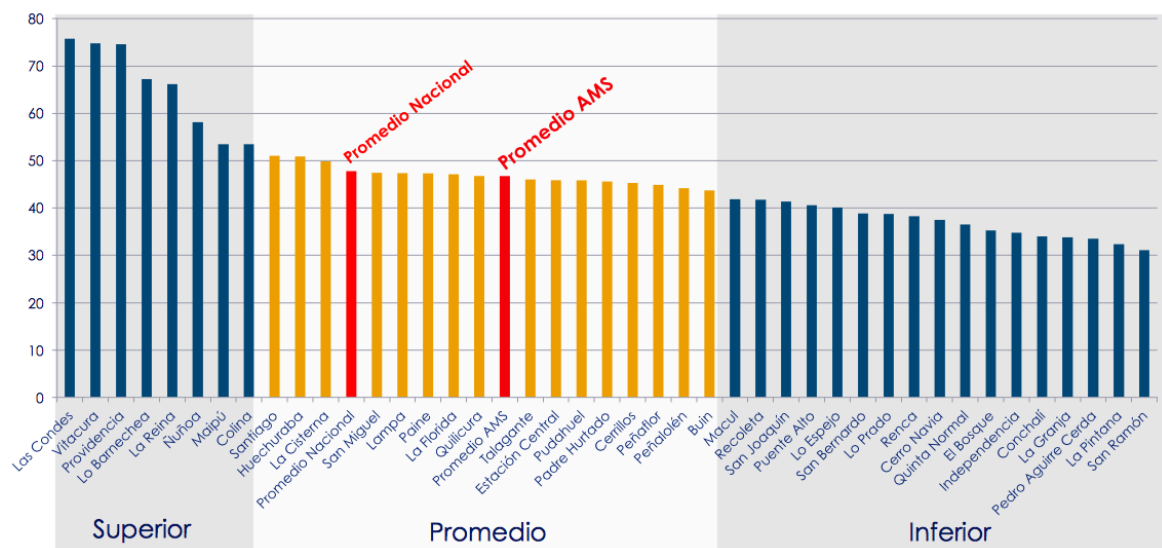
“La gran deuda de la ciudad de Santiago con sus habitantes es la provisión de áreas verdes de un tamaño superior a 0,5 hectáreas, así como grandes parques, con tamaño superior a 2 hectáreas” (Reyes & Figueroa, 2010, p. 107).

Adicionalmente a la carencia de AVU de mayor tamaño, la ciudad de Santiago se caracteriza por una marcada desigualdad su distribución, tanto en términos de superficie como de accesibilidad. Esta inequidad se encuentra altamente relacionada con los estratos socioeconómicos (Reyes & Figueroa, 2010), lo cual tiene su correlato con el resultado de los índices de calidad de vida de cada comuna (Forray et al., 2012). Es así como las comunas de altos ingresos mantienen una mayor superficie de AVU (entre 9,5 y 12 m²/hab), mientras que algunas comunas de menores ingresos ni siquiera

alcanzan a 1 m²/hab (Reyes y Figueroa, 2010). Esta situación se ve fuertemente reflejada en sectores donde predominan urbanizaciones de vivienda social, las que mantienen densidades promedio de 500 habitantes por hectárea y disponen de superficies de AVU que oscilan entre 1,1 y 1,5 m²/habitante (Bascuñán et al., 2007).

Esta desigual distribución repercute en niveles de calidad de vida disímiles, donde las comunas de menor ingreso reflejan una mayor cantidad de problemas relacionados con enfermedades e inseguridad (Orellana et al., 2012). Es así como el Índice de Calidad de Vida Urbana (ICVU), construido para las ciudades chilenas, correlaciona sus menores puntajes precisamente con las comunas de la AMS que presentan mayores carencia, no sólo en áreas verdes, sino que en todas las dimensiones que mide el ICVU: vivienda y entorno, condición laboral, conectividad y movilidad, condiciones socioculturales, ambiente de negocios y salud y medio ambiente (Figura 3).

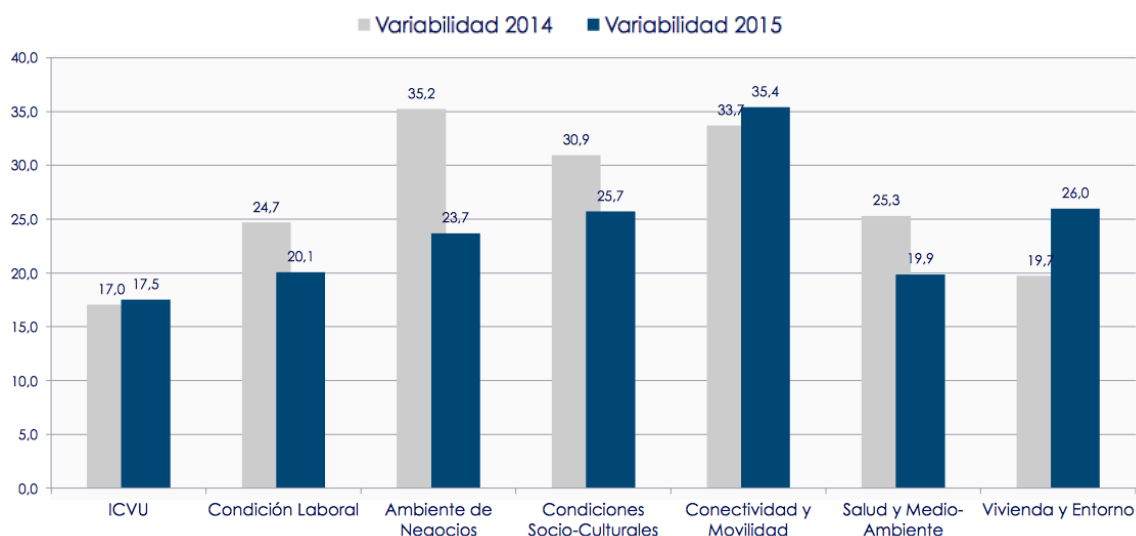
Figura 3: Ranking de comunas del AMS de acuerdo al Índice de Calidad de Vida Urbana año 2014



Fuente: Orellana et. al., 2015.

En la misma línea de análisis, y para las áreas metropolitanas estudiadas, los resultados obtenidos el año 2014 (Figura 4) muestran que si bien la dimensión de salud y medioambiente no presenta la mayor brecha, y que además reflejó una baja en la variabilidad respecto al año anterior, esta diferencia sigue siendo alta al presentar un 20% de variabilidad (Orellana et. al., 2015).

Figura 4: Comparación variabilidad (%) por dimensión ICVU 2013 - 2014 (todas las comunas)

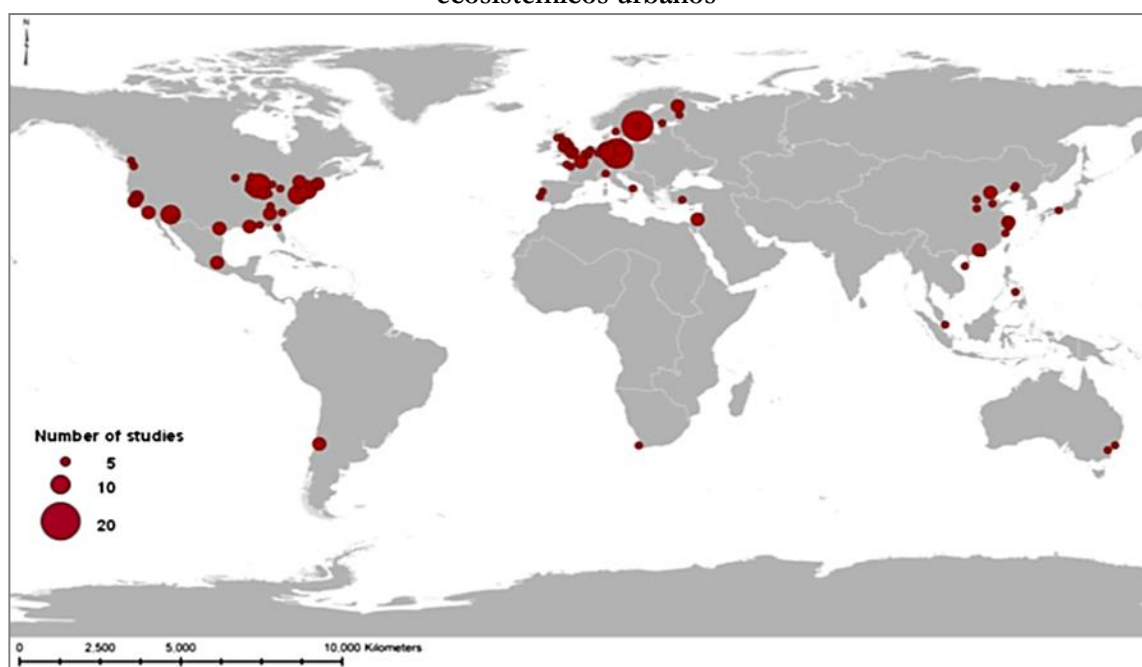


Fuente: Orellana et. al, 2015.

3.1.2 Falta de investigación de SEU en Santiago

A pesar de que las ciudades se han transformado en un foco de atención de distintas disciplinas científicas (De la Barrera, 2012), hasta ahora la mayor parte de la literatura existente sobre SEU se ha centrado en el hemisferio norte, preferentemente en los países desarrollados. Esto se explica principalmente porque en países en vías de desarrollo los estudios ecológicos urbanos aún no han sido considerados como un campo importante de investigación (Cilliers et al., 2013). Si bien existe una serie de investigaciones que han analizado los servicios ecosistémicos globales, solo 217 han estudiado los servicios ecosistémicos provistos a nivel urbano (Figura 5), y la mayoría de ellos se han realizado en Europa, América del Norte y China (Haase et al., 2014).

Figura 5: Distribución geográfica global de los estudios realizados sobre servicios ecosistémicos urbanos



Fuente: Haase et al., 2014.

Tal cual lo muestra la Figura 5, a nivel nacional existen muy poca investigación enfocada en los SEU a nivel urbano, destacando el estudio realizado por Escobedo & Novak (2009) sobre el nivel de mejoramiento de la calidad del aire aportado por el arbolado urbano de la ciudad de Santiago.

Respecto a estudios específicos enfocados en los cerros isla, estos tampoco abundan. Entre ellos se destaca el realizado por Forray et al. (2012) quienes diagnosticaron su estado general para luego proponer lineamientos de gestión estratégica para su recuperación y mejoramiento de la sustentabilidad urbana. Otro estudio sobre cerros isla es el realizado Pérez et al. (2013) quienes estudiaron el valor biológico y los servicios ecosistémicos aportados por los sitios prioritarios cerros Lonquén y Chena, proponiendo un plan indicativo para ambos sitios.

En definitiva, hasta la fecha no existe una data suficiente de estudios que hayan investigado sobre los SEU en la ciudad de Santiago y/o cerros isla. Por lo tanto, cualquier propuesta concreta que se plantee para el mejoramiento de los cerros isla exigirá “la producción de una base de información mucho más detallada y consistente que la que se encuentra disponible” (Forray et al., 2012, p. 193).

Conforme a esta necesidad de información, y a la vez oportunidad reconocida que otorgan los cerros isla, se hace relevante evaluar cuál sería el nivel de provisión de SEU que podrían aportar a los habitantes de la ciudad de Santiago. Una cuantificación de los SEU relevantes para la calidad de vida de Santiago aportaría a la disponibilidad de datos técnicos necesarios para la toma de decisiones

en los procesos de planificación estratégica de la ciudad, en sus distintos niveles de escala. Es necesario entender y conocer el comportamiento de los ecosistemas urbanos frente a cambios provocados en sus procesos y con ello identificar los de mayor relevancia para la sociedad, buscando así asegurar medidas para su mantenimiento (Alberti & Marzluff, 2004, citado en De la Barrera, 2012).

3.1.3 Justificación de los SEU seleccionados y problemática asociada

Es de suma relevancia aclarar que el presente estudio no considera el levantamiento de información primaria. Por consiguiente, los SEU que serán estudiados han sido definidos principalmente por el nivel de información disponible y que es necesaria para realizar su cuantificación a través de metodologías validadas por la academia. La elección de los SEU a evaluar es a menudo determinado por la disponibilidad de datos (Hasse et. al., 2014).

Anexo a esto, la elección de los SEU también ha considerado las siguientes condicionantes:

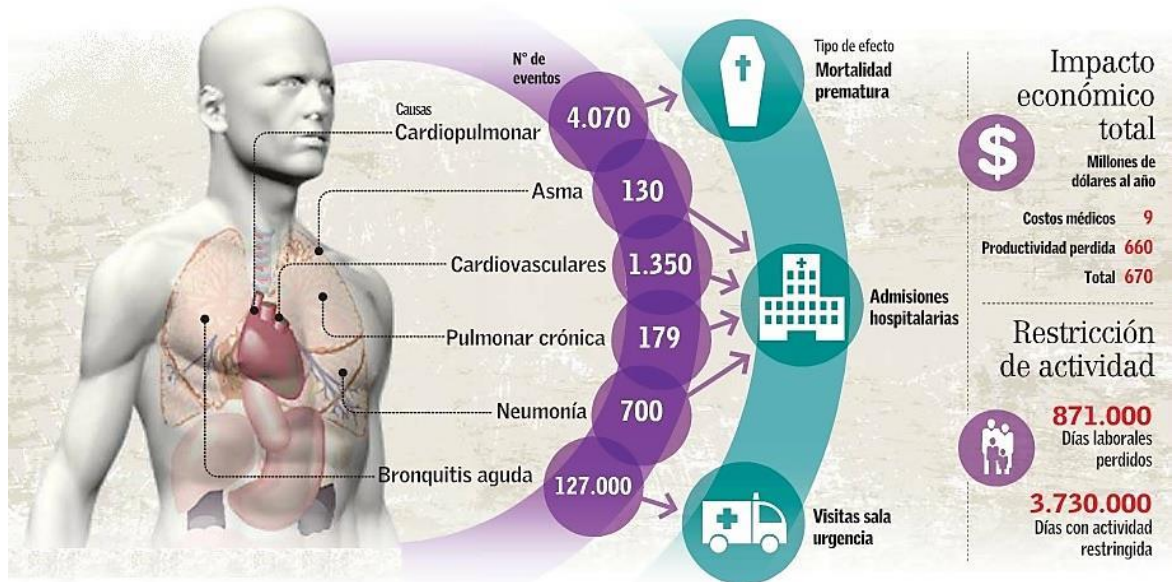
- Los SEU escogidos deberían contar con metodologías de cuantificación posibles de aplicar al caso de estudio.
- Los beneficios otorgados por los SEU deberían favorecer preferentemente a la población circundante al cerro.
- El alcance del estudio debería enmarcarse dentro de las expectativas definidas por el programa de estudio.
- Los SEU escogidos deberían estar relacionados con la línea de profesionalización y conocimiento del tesista.

De esta forma, y reconociendo la absoluta importancia del aporte que realizan los servicios culturales a las ciudades (recreación, patrimonio cultural, identidad, etc.), se han seleccionado para su estudio tres servicios de regulación, sean estos: regulación de la calidad del aire, infiltración de agua y control de erosión.

- **Regulación de la calidad del aire:** Los SEU toman mayor o menor relevancia dependiendo de los problemas ambientales propios de cada ciudad y de los beneficios que sus habitantes son capaces de percibir. Según lo declarado por el actual Gobierno, la contaminación atmosférica ha sido definida como el problema ambiental más relevante para las ciudades de Chile, en especial para el AMS y el área de estudio. El Informe de Estado del Medio Ambiente (2013) reveló que anualmente en Chile mueren alrededor de 4 mil personas al año por afecciones cardiopulmonares derivadas de la contaminación del aire. Respecto a las atenciones médicas en el mismo período, el informe indicó que se generaron

129 mil casos, los que en su mayoría correspondieron a eventos de urgencia por bronquitis aguda (127 mil) y, en menor grado, a afecciones cardiovasculares (1.350), neumonía (700) y asma (130). En suma, estas atenciones generaron al Estado de Chile un costo por US\$9 millones anuales (Figura 6).

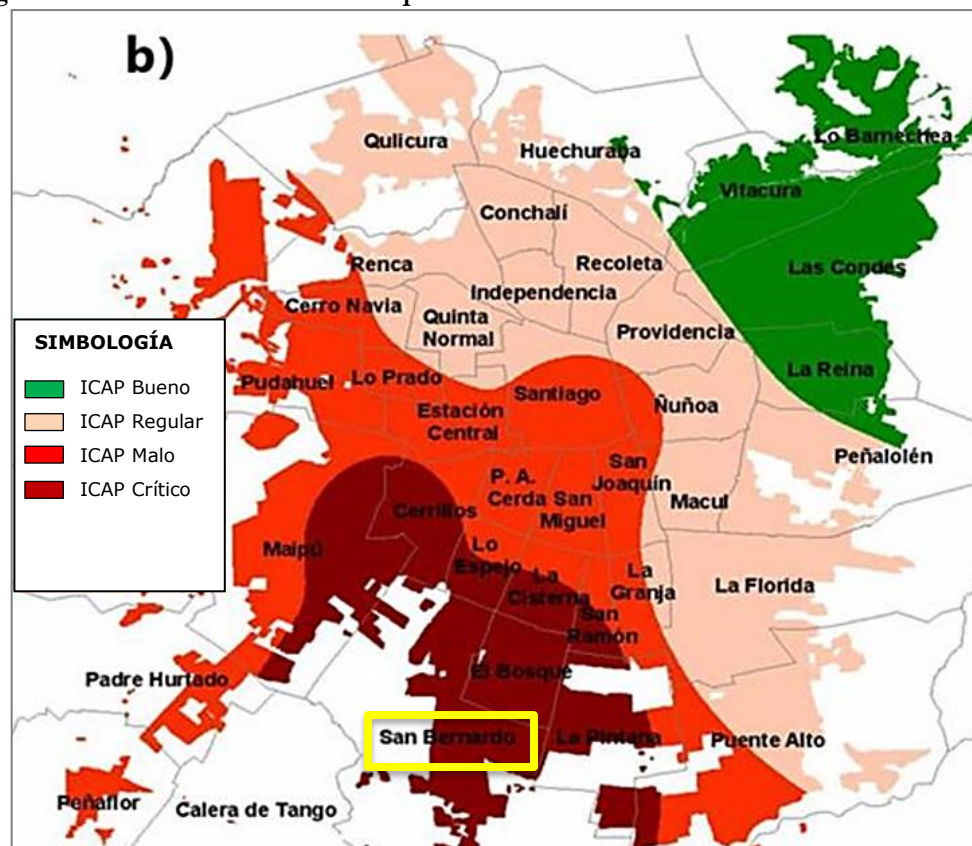
Figura 6: Enfermedades y costos anuales generados por la contaminación del aire en Chile



Fuente: El Mercurio 26 de junio de 2014, en base a IEMA 2013.

En cuanto al AMS “los sectores de ingresos medios y bajos, repartidos por las áreas centrales y particularmente en el sur-poniente de la ciudad, alcanzan los niveles más altos de partículas en suspensión, aunque participan de menor manera en el origen de las mismas” (Fuentes, 2009; Vásquez et al., 2009; citados en Romero et al., 2010), tal como se observa en la Figura 7.

Figura 7: Distribución del material particulado en invierno en el AMS a las 21:00 horas



Fuente: Romero et al., 2010.

Nuevamente la contaminación atmosférica se muestra como un buen ejemplo para reflejar la situación de injusticia ambiental presente en la ciudad de Santiago, donde los habitantes de mayores recursos son precisamente los principales emisores de contaminantes atmosféricos, mientras que los residentes de sectores de menores ingresos son los que sufren mayormente sus efectos, con altas tasas de morbilidad y mortalidad (Romero et al., 2010).

- **Infiltración de aguas:** La ciudad de Santiago presenta un alto riesgo de inundaciones y remociones en masa de sedimentos, por lo que la infiltración de aguas se presenta como un SEU de mayor interés local (Romero et al., 2010). Krellenberg et al. (2013) realizó una investigación sobre la exposición de la vivienda a riesgos de inundación en la AMS, esto basado en eventos ocurridos históricamente. Sus conclusiones determinaron que un 11% de las viviendas del AMS se encuentran en zonas expuestas a inundaciones estacionales, en ese sentido estima que la construcción ha fallado hasta ahora para asegurar la prevención en estas zonas.

De igual forma estableció que las áreas edificadas en las zonas propensas a las inundaciones de la AMS aumentaron de 8.459 hectáreas a 9.357 hectáreas entre 2001 y 2009, mientras que la cantidad de cobertura de vegetación o el uso agrícola disminuyó en el mismo período.

Conforme a que demostraron una mayor exposición a este riesgo, el mismo estudio enfocó el análisis sobre 3 municipios en particular; Lampa, Pedro Aguirre Cerda y San Bernardo. En la comuna de San Bernardo el 13% de las viviendas (6.529) del municipio se encuentran en zonas propensas a las inundaciones. Respecto a la superficie, el 9,1% de San Bernardo (1.425 há) se inunda al menos una vez cada dos años (Krellenberg et al., 2013). Estos resultados superan claramente los valores medios observados para la AMS en su conjunto.

Control de la erosión: La erosión es un proceso intrínsecamente natural y representa al primer eslabón del ciclo geomorfológico que define la evolución de la superficie del planeta (erosión-transporte-sedimentación) (Díaz, 2011). Toda superficie natural inclinada o ladera está influenciada por la gravedad y puede ser modificada por movimientos en masa ladera abajo. Por su parte, el agua impacta el suelo a través de las gotas de lluvia y luego escurriendo en surcos que abren pequeños canales donde se concentra la escorrentía superficial. Los efectos combinados de los procesos gravitacionales y de las aguas de escorrentía provocan la activación de procesos morfodinámicos como deslizamientos o remociones en masa, cárcavas, derrumbes, entre otros (Díaz, 2011).

Como antes fue mencionado, la ciudad de Santiago presenta un alto riesgo de remociones en masa, donde los sedimentos que históricamente han acompañado a las lluvias, movilizan los escurrimientos superficiales de agua desde los piedemontes hacia el fondo de la llanura donde se asienta la ciudad (Romero et al., 2010). Un claro ejemplo de ello fue el último evento de gran envergadura ocurrido en 1993, donde grandes flujos generados en las quebradas de Macul y San Ramón causaron cerca de 30 muertes y grandes daños a nivel de ciudad (Naranjo & Varela, 1996).

3.2 Pregunta de investigación

¿Cuánto cambiará la provisión de SEU en estudio generados por el cerro Chena una vez implementado el Proyecto de Parque Urbano?

3.3 Objetivos

Objetivo general

Cuantificar la provisión actual del cerro Chena para los SEU seleccionados y estimar el cambio en la tasa de provisión una vez implementado el Proyecto de Parque Urbano propuesto por el Gobierno Local.

Objetivos específicos

- Identificar las condiciones físicas y biológicas actuales del Cerro Chena y conocer las medidas de mejoramiento propuestas que son necesarias para la cuantificación de los servicios ecosistémicos urbanos en estudio.
- Analizar las metodologías disponibles para la cuantificación de los servicios ecosistémicos en estudio y realizar las adaptaciones necesarias acorde a los datos disponibles.
- Cuantificar el nivel de provisión de servicios ecosistémicos urbanos en estudio bajo las condiciones actuales del cerro Chena.
- Proyectar cuál sería su provisión una vez implementadas las mejoras propuestas en el Proyecto de Parque Urbano.

4 METODOLOGÍA

4.1 Tipo de investigación

Se realizó una investigación del tipo descriptivo correlacional puesto que, por una parte, se buscó describir como se manifiestan los SEU a estudiar en una zona determinada (Cerro Chena) midiéndolos de manera cuantitativa en dos situaciones distintas; a su vez también fue de interés comprender la relación que existe entre los SEU y las condiciones socioambientales de los residentes de las comunas aledañas, de manera de analizar la forma en como el aumento de provisión permitiría mejorar la calidad de vida de las personas.

4.2 Levantamiento y análisis de información

El levantamiento y análisis de información se realizó en base al cumplimiento de los objetivos específicos propuestos para esta investigación. Para el primero de ellos *“Identificar las condiciones físicas y biológicas actuales del Cerro Chena y conocer las medidas de mejoramiento propuestas que son necesarias para la cuantificación de los servicios ecosistémicos urbanos en estudio”*, se realizó el análisis de información secundaria disponible, específicamente investigaciones hasta ahora realizadas respecto de SEU. De igual forma fue relevante analizar estudios de casos de parques urbanos con atributos similares, caracterizaciones de cerros isla, y en específico, del Cerro Chena, con especial hincapié en el análisis de sus atributos biológicos, ambientales, de planificación, así como de su entorno inmediato. En ese sentido, se buscó compilar líneas de base vegetacionales, niveles de cobertura, usos de suelo, fotografías aéreas, entre otros. Buena parte de esta información está contenida en la preparación del Proyecto de Parque Urbano desarrollado para el cerro Chena, el cual fue analizado en profundidad.

El análisis de la información recopilada considera el uso de un Sistema de Información Geográfica (SIG) que permitió la integración, organización, almacenamiento, manipulación y análisis de los datos georreferenciados, así como la creación de nueva cartografía.

El levantamiento de la información secundaria fue complementado con la realización de reuniones con académicos, profesionales y representantes del municipio, vinculados al desarrollo del Proyecto de Parque Urbano, cuyo objetivo fue indagar y obtener, con el mayor nivel de detalle posible, información necesaria para realizar la cuantificación de los SEU. De igual forma, se buscó conocimiento y experiencias que permitieron definir los criterios necesarios para hacer las proyecciones de las futuras restauraciones.

El segundo objetivo específico propuesto también requirió del levantamiento de información secundaria ligada a metodologías que permitan ejecutar la cuantificación, de acuerdo a la información disponible. En ese contexto se buscó realizar reuniones con investigadores que cuenten con experiencia en procesos de cuantificación de SEU, con especial atención en AVU.

4.3 Cálculo de aumento de superficies de vegetación

La principal fuente de información sobre la cual se realizaron los cálculos de cuantificación de los SEU en estudio corresponde a las superficies de las distintas comunidades vegetales identificadas en el cerro Chena. Este dato fue cruzado con el nivel de cobertura vegetal y las propuestas hechas por el proyecto para su mejoramiento o aumento de cobertura sean estas; preservación, conservación, restauración y amortiguamiento. Dado que el cerro Chena posee una vasta superficie que abarca 1.334,02 há de las cuales solo entre un 30% y un 40% presenta cobertura vegetal (Organización Santiago Cerros Isla), existe entonces una oportunidad cierta de aumentar significativamente la superficie de vegetación urbana en las comunas ubicadas el sector sur-poniente de la AMS (I. Municipalidad de Calera de Tango, 2008) y, por consiguiente, transformarse en un sitio estratégico para contribuir a la provisión de los SEU de interés.

El estudio de Pérez et al. (2013) entrega por separado el nivel de cobertura vegetal del cerro Chena y las comunidades vegetales identificadas. Por ende, para realizar la cuantificación de los servicios en estudio fue necesario construir nueva información mediante el cruce de ambas bases de datos. Esta información fue preparada a través de un sistema de información geográfica (SIG) y el uso de Google Earth, tanto para la condición actual como para la situación con proyecto.

Pérez et al. (2013) estableció distintos niveles de cobertura vegetal, definidos por rangos de la siguiente forma: Denso (100-51%); Claro (50-11%); Escaso (10-1%); Sin Cobertura (0%). Estos rangos son bastante amplios y no permiten realizar cálculos más acotados. Es por esto que para el presente estudio se trabajó con la “mediana estadística” de cada rango. De esta forma se asumió que para las áreas “Densas” existe una cobertura vegetal del 75% de la superficie; para las “Claros” un 30% y para las “Escasas” un 5%.

Para la situación con proyecto, se realizó un segundo cruce de información que permitió unir la data de cada una de las comunidades vegetales con el nuevo nivel de cobertura, definido según la propuesta del Parque Urbano (preservación, conservación, restauración, amortiguamiento o uso intensivo). Tal como fue mencionado en la presentación del proyecto, este propone áreas donde se realizará el mejoramiento de la cobertura vegetal (áreas de conservación y restauración) y otras donde solo se ejecutará la mantención de la condición actual (preservación y amortiguamiento).

De esta forma se asumió que en la condición futura del Parque se maximizará el nivel de cobertura vegetal en las zonas definidas para restauración y conservación, aumentando su cobertura a un 75% (Denso) respecto de la condición actual. Por ende, las áreas que actualmente tienen una cobertura Densa, no presentarán cambios respecto de la condición actual. De igual forma, para las áreas en donde el proyecto propone áreas de amortiguación y preservación, se asume que se mantendrá el nivel actual de cobertura vegetal.

4.4 Definición de metodologías de cuantificación

La definición de las metodologías a utilizar estuvo fuertemente condicionada por los requerimientos de entrada de cada método, cuya finalidad fue asegurar la disponibilidad de información requerida viabilizando así la efectiva aplicación del método. El uso de las metodologías seleccionadas supone su adaptación a la información disponible, por lo que, al igual que el cálculo de la superficie vegetal, se utilizaron supuestos los que fueron identificados en la presentación de cada método.

Una vez definidas las metodologías, conforme a los objetivos específicos tercero y cuarto se cuantificó la provisión de los servicios ecosistémicos seleccionados de manera de evaluar como estos varían su nivel de provisión con un proyecto que mejora las condiciones ambientales y ecológicas del cerro Chena.

4.4.1 Metodología para la cuantificación de la regulación de la calidad del aire

Hoy en día existen distintos softwares que permiten realizar la cuantificación del nivel de captura de contaminantes atmosféricos asociado a unidades vegetales urbanas. Para el caso de este estudio, la metodología que se utilizó corresponde a la adaptada por Escobedo y Nowak (2009) desde el modelo UFORE (Urban Forest Effects Model; Modelo de Efectos del Bosque Urbano). Este modelo fue desarrollado por el Departamento de Agricultura del Servicio Forestal de los EEUU (USDA) para asistir al manejo e investigación de la estructura y funciones del arbolado urbano. El modelo UFORE puede ser utilizado tanto en áreas urbanas como peri-urbanas y es capaz de calcular la remoción de contaminantes por parte de la superficie foliar, como función de la deposición seca y la transpiración. El estudio utilizó un componente específico del modelo UFORE que cuantifica las deposiciones secas de contaminantes atmosféricos, en particular la remoción de O₃ y PM₁₀ a cada hora, por parte de la cobertura arbórea a través de un año (Escobedo y Chacalo, 2008).

Para el estudio sobre la remoción de contaminantes en Santiago, Escobedo y Nowak (2009) utilizaron un enfoque que dividía la AMS en tres sectores de acuerdo a su condición

socioeconómica (alto, medio y bajo), tal como se observa en la Figura 8. El estudio se realizó con data de contaminación atmosférica obtenida entre julio de 2000 y junio de 2001.

Figura 8: Clasificación de las comunas de la RM de acuerdo a su condición socioeconómica para el estudio de remoción de contaminantes atmosféricos



Fuente: Escobedo y Nowak, 2009.

Para estas tres subregiones socioeconómicas se identificaron las características demográficas, estructuras forestales urbanas, contaminación ambiental dinámica, desarrollo económico y la actividad cultural. Utilizando el UFORE se estimó la eliminación de contaminación para cada una de ellas. Para la zona socioeconómica media, que es donde se ubica el cerro Chena, los resultados del estudio indican que presenta las mayores concentraciones de ozono (O₃) y Monóxido de Carbono (CO) del total del área de estudio. El estudio concluye que la alta concentración de O₃ en el ambiente puede deberse al aumento del transporte, aunque también por la acción del viento proveniente desde la zona occidente de Santiago hacia las áreas centrales y el piedemonte. Las concentraciones de Dióxido de Azufre (SO₂) son ligeramente más altas en este sector, posiblemente por la alta densidad de industrias y áreas comerciales.

Para esta misma zona, el estudio entrega los menores resultados de remoción de contaminantes y la menor tasa de remoción de PM₁₀ por metro cuadrado tanto en árboles como en arbustos. Esta

menor remoción relativa de contaminantes se debe principalmente a la baja cobertura promedio de árboles y arbustos, aunque también a una decreciente concentración de algunos contaminantes. Para el caso de este estudio, lo más relevante del trabajo de Escobedo y Nowak es la determinación de factores de remoción de contaminantes para la vegetación en Santiago, de acuerdo a la clasificación socioeconómica que estos autores propusieron. Dichos factores están diferenciados para árboles y arbustos y salvo para el Monóxido de Carbono, se ofrece un rango dentro del cual dicho factor puede encontrarse. En la

Tabla 2 presenta los resultados de la remoción total de contaminantes para la zona socioeconómica media, así como los factores de remoción propuestos para el cálculo de dichos resultados.

Tabla 2: Factores de regulación de la calidad del aire para zona de estrato socioeconómico medio del AMS.

Contaminantes	Tasa de remoción (g/m ²)			
	Arboles		Arbustos	
	Media	Rango	Media	Rango
PM 10	7,4	(3,9 – 11,5)	5,7	(2,2 - 8,8)
O3	2,8	(0,9 – 5,9)	2	(0,9 - 5,9)
CO	0,4	-	0,4	
NO2*	0,7		0,6	
SO2	0,6	(0,4 – 1,7)	0,5	(0,4 - 1,7)
Total	11,9	(4,8 – 20,5)	9,2	(3,5 - 16,4)

Fuente: Escobedo y Nowak, 2009. // * Proyecto Fondecyt, datos sin publicar Escobedo 2002.

A pesar de las diferencias que podrían existir entre la zona socioeconómica media y el cerro Chena respecto de las especies y la estructura de la vegetación, el estudio de Escobedo y Nowak (2009) resulta ser la mejor aproximación disponible en la literatura actual, ya que se trata de una investigación realizada en la misma área de estudio, utilizando las mismas condiciones climatológicas y de contaminación atmosférica, elementos relevantes para el cálculo de los factores de remoción.

Para realizar el cálculo de la regulación de la calidad del aire en el caso de estudio, se trabajó con los siguientes supuestos:

- Para la comunidad vegetal “Bosque Boldo-Litre” se utilizaron los factores de remoción de contaminantes determinados para árboles, según el estudio de Escobedo y Nowak (2009).
- Para las comunidades vegetales de tipo “matorral” se utilizaron los factores de remoción de contaminantes determinados para arbustos, según el estudio de Escobedo y Nowak (2009).
- Para las comunidades vegetales definidas como “Pradera”, “Plantación” y para el área actual del Parque Metropolitano Sur, se utilizaron los factores de remoción para arbustos en su valor más bajo del rango propuesto, según el estudio de Escobedo y Nowak (2009).

4.4.2 Metodología para la cuantificación de la infiltración de agua

Para la cuantificación de este SEU se utilizó la metodología Técnica Release 55 (TR-55) “Hidrología Urbana para cuencas pequeñas”, elaborada por la *Conservation Engineering Division* del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA). Dicha metodología permite, de manera simplificada, estimar la infiltración y descargas de agua lluvia en cuencas pequeñas, con especial énfasis en ciudades y cuencas hidrográficas urbanizadas.

La aplicación de esta metodología requiere contar con datos de precipitación (peor evento durante 24 horas en los últimos 10 años), tipo de cobertura del suelo (bosques, matorrales, suelo agrícola, praderas, zonas áridas, áreas urbanizadas, entre otras), condición hidrológica (bueno, medio y pobre) y grupo de suelo hidrológico donde se ubica el sector en estudio, lo que se asocia a la capacidad de infiltración según el tipo de sub-suelo.

De esta forma, el cálculo se realiza según las siguientes formulas:

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)} \qquad S = \frac{1000}{CN} - 10$$

Donde;

- Q : coeficiente de escorrentía (cm)
- P : precipitación (cm)
- S : potencial máximo de retención de la cuenca (cm)
- CN : curva número de la cuenca (cm)

La curva número (CN) de la cuenca se obtiene de las Tablas 3 y 4, proporcionadas por la misma metodología:

Tabla 3: Curva número para otras tierras agrícolas (1)

Tipo de cobertura	Condición Hidrológica	Curva Número por Grupo de Suelo Hidrológico			
		A	B	C	D
Pastos, praderas - forraje para el pastoreo continuo (2)	Bueno	99	61	74	80
	Medio	49	69	79	84
	Pobre	68	79	86	89
Pradera - hierba continua, protegido de pastoreo y en general para el heno segado	-	90	58	71	78
Maleza - hierba, mezcla de hierba con maleza como elemento principal (3)	Bueno	30 (4)	48	65	73
	Medio	35	56	70	77
	Pobre	48	67	77	89
Combinación Bosque-Hierba (5)	Bueno	32	58	72	79
	Medio	43	65	76	82
	Pobre	57	73	82	86
Bosque (6)	Bueno	30 (4)	55	70	77
	Medio	36	60	78	79
	Pobre	45	66	77	83
Caseríos - edificio, calles, caminos entrada y lotes de los alrededores	-	59	74	82	86

Fuente: USDA, 1986

- (1) Buen estado escurrentía, y $I_a = 0.2S$.
- (2) Pobre: <50% cubierta vegetal o altamente pastoreados sin mantillo
Medio: 50% a 75% cubierta vegetal y no muy pastoreados.
Bueno: > 75% cubierta vegetal y la ligera o sólo de vez en cuando pastoreados.
- (3) Pobre: <50% cubierta vegetal
Medio: 50% a 75% cubierta vegetal
Bueno: > 75% cubierta vegetal
- (4) Número de la curva real es menor de 30; utilizar CN = 30 para los cálculos de escurrentía.
- (5) CN's mostrados han sido calculados para las zonas con un 50% de bosque y el 50% de cobertura de hierba (pastos). Otras combinaciones de condiciones pueden calcularse desde la CN de por bosques y pastos.
- (6) Pobre: hojarasca de bosque, árboles pequeños, y la maleza son destruidas por el pastoreo intensivo o la quema regular.
Medio: los bosques son pastoreados, pero no quemados, y algunos residuos de los bosques cubren el suelo.
Bueno: los bosques están protegidos del pastoreo y la hojarasca y maleza cubren adecuadamente el suelo.

Tabla 4: Números de la curva para las zonas urbanas (1), áreas urbanas totalmente desarrolladas (vegetación establecida)

Tipo de Cobertura Espacio abierto; césped, parques, campos de golf, cementeros, etc. (2)	Curva Número por Grupo de Suelo Hidrológico			
	A	B	C	D
Mal estado (cubierta de hierba <50%)	68	79	86	89
Condición Media (cubierta de hierba 50% al 75%)	49	69	79	84
Buen estado (cubierta de césped > 75%)	39	61	74	80

Fuente: USDA, 1986

(1) Condición escorrentía media y $I_a = 0.2S$.

(2) Los CNs mostrados son equivalentes a las de los pastos. El CN compuesto puede calcularse para otras combinaciones de espacio abierto tipo de cobertura.

Como se indicó, el cálculo de la infiltración requiere de conocer el grupo de suelo hidrológico correspondiente a la zona de estudio. La metodología TR-55 ofrece 4 grupos, los cuales se presentan a continuación en la Tabla 5.

Tabla 5: Descripción de grupos hidrológicos de suelo para cálculo de infiltración de agua

Grupos Hidrológicos de Suelo	Descripción
A	BAJO POTENCIAL DE ESCORRENTÍA Suelos con bajo potencial de escurrimiento por su gran permeabilidad y capacidad de infiltración aun cuando se encuentran húmedos. Principalmente se trata de suelos profundos con texturas gruesas (areno o areno-limosa). Alta tasa de transmisión de agua, más de 0,30 pulgadas/hr.
B	MODERADAMENTE BAJO POTENCIAL DE ESCORRENTÍA Suelos con moderada capacidad de infiltración cuando se encuentran saturados. Principalmente consiste en suelos de mediana a alta profundidad, con buen drenaje. Sus texturas van de moderadamente finas a moderadamente gruesas (franca, franco-arenosa o arenosa). Tasas de transmisión de agua moderada, de 0.15 a 0.30 pulgadas/hr.
C	MODERADAMENTE ALTO POTENCIAL DE ESCORRENTÍA Suelos con escasa capacidad de infiltración una vez que se encuentran saturados. Su textura va de moderadamente fina a fina (franco-arcillosa o arcillosa). También se incluyen aquí los suelos que presentan horizontes someros bastante impermeables. Baja tasa de transmisión de agua de 0,05 a 0,15 pulgadas/hr.
D	ALTO POTENCIAL DE ESCORRENTÍA Suelos muy arcillosos con elevado potencial de escurrimiento y, por lo tanto, con muy baja capacidad de infiltración cuando están saturados. También se incluyen aquí los suelos que presentan una capa de arcilla somera y muy impermeable así como suelos jóvenes de escaso espesor sobre una roca impermeable, ciertos suelos salinos y suelos con nivel freático alto. Tasas de transmisión muy lenta, de 0 a 0,05 pulgadas/hr.

Fuente: NRCS, 2002.

Para la aplicación de la metodología se ocuparon los siguientes datos y supuestos:

- Se asumió que las comunidades vegetales de tipo “matorral” son similares a las coberturas de tipo “Combinación Bosque-Hierba”.
- Se asumió que las superficies cubiertas por viñedos son similares a las coberturas de tipo “Combinación Bosque-Hierba” en condición “Pobre”.
- Respecto a las áreas que se adicionará al Parque Metropolitano Sur (actualmente cultivos de papas), para calcular su nivel de infiltración en la Situación Actual se utilizó la Tabla 2-2 para tierras de cultivos, específicamente la cobertura “Row crops - Straight row (SR)” en condición de “Pobre”. Luego, para la situación Con Proyecto se calculó su nivel de infiltración utilizando el tipo de cobertura “Espacio abierto (césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.)” en condición de “Buen Estado”.
- Para definir “P” se utilizó la mayor precipitación en los últimos 10 años para 24 horas, dato recogido en la estación más cercana al área de estudio que es en este caso la Estación Quinta Normal. Este evento ocurrió el día 15 de agosto de 2008, (<http://164.77.222.61/climatologia/>).
- Se asumió que el suelo hidrológico es del tipo C; esto de acuerdo al estudio Pérez et al. (2013), donde se indica:

“Según el Estudio Agrológico del CIREN (1996), los suelos en el sector del cerro Chena corresponden a la Serie Santiago (STG) y la serie Maipo (MAO). La serie Santiago es un miembro de la familia franca gruesa sobre arenosa esquelética, mixta, térmica de los Entic Haploxerolls (Mollisol), que son suelos de origen aluvial, ligeramente profundos que se presentan en una topografía plana, con o sin microrelieve. La serie Maipo es miembro de la familia franca fina, mixta, térmica de los Fluventic Haploxerolls (Mollisol), son suelos de origen aluvial, profundos, presentes en topografía plana, con o sin microrelieve, ubicados en un gran cono aluvial que se extiende por decenas de kilómetros en ambos márgenes del río Maipo. El cerro Lonquén no presenta una descripción de suelo, según el Estudio Agrológico del CIREN, quedando clasificado simplemente como Cerro.

Según Luzio et al. (2010) los suelos en posición de cerro, son suelos ligeros a moderadamente profundos sobre un sustrato constituido por rocas básicas del tipo andesitas y dioritas con distinto grado de meteorización. La mayoría de estos suelos son de clases texturales medias y finas (**franco arcillo limosa hasta arcillosa**), con una tendencia a hacerse más finas hacia los horizontes

en contacto con el sustrato. El pH es variable desde 5,5 a 7,5. Todos presentan buen drenaje y escurrimiento superficial. Prácticamente todos presentan pedregosidad angular y subangular, y la rocosidad se hace más abundante en las pendientes más escarpadas. A causa de sus propiedades y posición en el paisaje, se les considera en clases VI y VII de Capacidad de Uso” (Pérez, 2013; p. 24).

4.4.3 Metodología para la cuantificación del control de la erosión

Durante la activación de procesos en una ladera confluyen a la vez tanto factores estabilizadores como desencadenantes, como lo son el clima (agua), la geología de la vertiente, la vegetación, el ángulo de la pendiente, entre otros, por lo que es difícil plantear cuál o cuáles fueron la causa después de un deslizamiento. Como antes ha sido mencionado, el presente estudio y sus metodologías de análisis han sido condicionados por la información disponible. Es por esto que el cálculo del control de la erosión tuvo su base en el estudio de las unidades geomorfológicas, el que incorpora conceptualmente la noción de sensibilidad geomorfológica, es decir, la mayor o menor factibilidad para que estas unidades puedan verse afectadas por procesos dinámicos de erosión y/o de remociones en masa (Chávez, 2005).

Es así como el presente estudio propone una metodología propia basada en el concepto de sensibilidad geomorfológica, desde la relación existente entre dos de los factores antes señalados: la pendiente topográfica y la cobertura vegetal.

Selby (1993) estableció que la vegetación es capaz de estabilizar las laderas al interceptar el agua caída, disminuir la capacidad de erosión provocada por la escorrentía superficial, aumentar la resistencia y porosidad del suelo y generar un aumento de la evapotranspiración del agua disminuyendo así el grado de saturación del suelo. Además, las raíces actúan como agentes estabilizadores de las laderas.

Con respecto a los procesos morfodinámicos, estos se encuentran directamente condicionados por el grado de inclinación de la pendiente. Es así como se han definido umbrales de pendientes o puntos críticos (Tabla 6), donde uno u otro proceso se desencadena manifestando el potencial de energía interna de las laderas, lo que es directamente proporcional con el aumento de la inclinación (Araya & Borgel, 1972).

Tabla 6: Pendientes umbrales y procesos morfodinámicos asociados

Pendiente en Grados Sexagesimales	Concepto	Proceso morfodinámico
0 – 2	Horizontal	Erosión nula a leve.
2,1 – 5,0	Suave	Erosión débil, difusa, inicio de regueras.
5,1 - 10,0	Moderada	Erosión moderada a fuerte. Inicio de erosión lineal, desarrollo de regueras.
10,1 – 20,0	Fuerte	Erosión intensa, erosión lineal frecuente, cárcavas incipientes.
20,1 – 30,0	Muy fuerte a moderada	Cárcavas frecuentes, movimientos en masa (deslizamientos), reptación.
30,1 – 45,0	Escarpada	Coluviamiento, solifluxión intensa.
>45,0	Muy escarpada	Desprendimientos y derrumbes, corredores de derrubios frecuentes.

Fuente: Araya & Borgel (1972), adaptada por Mesina (2003).

El presente estudio enfocó su análisis en zonas que presenten pendientes desde las catalogadas como “muy fuertes a moderada escarpada” hasta pendientes mayores, puesto que a partir de los 20 grados sexagesimales existe una mayor probabilidad de activación de procesos de deslizamientos o movimientos en masa, que son de interés para la investigación.

En tanto Pérez et al. (2013) caracterizó las pendientes del cerro Chena según la nomenclatura de Gastó et al. (1993). Esta clasificación determina las pendientes de la siguiente forma: Plano (<10,4 %); Ondulado (10,5 – 34,4 %); Cerrano (34,5 – 66,4 %); Montano (>66,5%).

Conforme a los procesos morfodinámicos definidos de interés para el presente estudio, y la caracterización de pendientes existente para el cerro Chena, se identificaron las áreas que presentan una mayor pendiente, es decir, áreas sobre los 20 grados sexagesimales equivalentes a las categorías de “Cerrano” y “Montano” según la nomenclatura de Gastó et al. (1993).

Posteriormente se trabajó sobre esa base realizando los distintos cruces con información relacionada a cobertura vegetal, principalmente las áreas con un bajo nivel de vegetación, es decir, las categorías de escaso y claro. Este cruce definió un grupo de zonas que fueron consideradas como áreas de mayor riesgo de activación de procesos morfodinámicos, según se describe en la Tabla 7.

Tabla 7: Descripción de zonas de mayor riesgo

Zonas de Mayor Riesgo	Descripción (pendiente y cobertura vegetal)
Montano - Escaso	Superficie con pendiente sobre un 66,5 % y vegetación que cubre un 5% del área total.
Montano - Claro	Superficie con pendiente sobre un 66,5 % y vegetación que cubre un 30% del área total.
Cerrano - Escaso	Superficie con pendientes entre 34,5 – 66,4 % y vegetación que cubre un 5% del área total.
Cerrano - Claro	Superficie con pendientes entre 34,5 – 66,4 % y vegetación que cubre un 30% del área total.

Fuente: Elaboración propia.

De esta forma, para la situación actual, se identificaron las zonas con mayor riesgo de activación de procesos morfodinámicos de interés, mientras que para la situación con proyecto se identificaron las áreas donde se propusieron acciones de mejora, es decir, donde se consideró aumentar la cobertura vegetal, y por consiguiente, que disminuirán el riesgo de activación.

4.5 Impacto de los servicios ecosistémicos en la calidad de vida local

Finalmente se buscó comprender con mayor detalle la forma en que la variación en la provisión de los SEU en estudio repercutirá en los habitantes de la población circundante al cerro Chena.

Para analizar la situación del SEU de regulación de la calidad del aire, se cotejaron los resultados con los obtenidos por el estudio de Escobedo y Nowak (2009) y así tener un punto de comparación respecto del nivel de remoción de contaminantes aportado por el arbolado urbano existente en el área de estudio. Por su alto impacto en la salud de la población, y la disponibilidad de información, esta evaluación se enfocó en el análisis del PM10.

En tanto a los SEU de infiltración de aguas lluvia y control de la erosión, el análisis se enmarcó en los beneficios que recibirán las 1.240 há urbanizables recientemente agregadas por el PRMS100 y que colindan al norte del cerro Chena. Para ello, se hizo una evaluación focalizada de la ladera norte.

5 CERRO DE CHENA; OPORTUNIDAD ÚNICA

5.1 Caracterización de los cerros isla en el AMS

En el AMS, las comunas con mayor carencia de áreas verdes podrían incrementar fuertemente la superficie disponible si se utilizaran los espacios que otorgan los sitios eriazos; no obstante ninguna de ellas lograría llegar a los estándares recomendados internacionalmente ya que los sitios disponibles son de tamaños más bien acotados (Figueroa, 2008; citado en IEMA, 2013).

El AMS presenta ciertas particularidades geomorfológicas que condicionan y caracterizan a esta metrópoli. La ciudad se encuentra en una cuenca rodeada completamente por dos cordones montañosos conformados por la Cordillera de los Andes, que la limita por el oriente alcanzando 3.000 m.s.n.m., y por el poniente la Cordillera de La Costa, que separa a la cuenca del mar elevándose por más de 1.000 m.s.n.m (Romero et al., 2010).

En el valle central asoman un grupo de hitos naturales conocidos como “cerros isla”, denominación metafórica usada para estas áreas no pobladas que se elevan por sobre el nivel de la ciudad, aisladas unas de otras en una matriz altamente urbanizada. Estos cerros disponen de grandes superficies ubicadas dentro de la ciudad, las que abarcan áreas que van desde las 2,57 há del Cerro Navia hasta 1.692,12 há del Cerro Lo Aguirre, siendo este último el más alto con una cumbre que no supera los 500 m de altura. En su conjunto contabilizan 26 cerros isla distribuidos en toda la ciudad, sumando una superficie total de 5.600 há. Es por esto que los cerros isla presentan una oportunidad única para aumentar poderosamente la cobertura de vegetación dentro de la ciudad (Forray et al., 2012).

Cada uno de estos cerros presentan características propias (Tabla 8) originadas por diferencias en sus dimensiones, pendientes, orientación, vegetación, nivel de erosión, construcciones e intervenciones urbanas (Mackenney & Ulriksen, 2009).

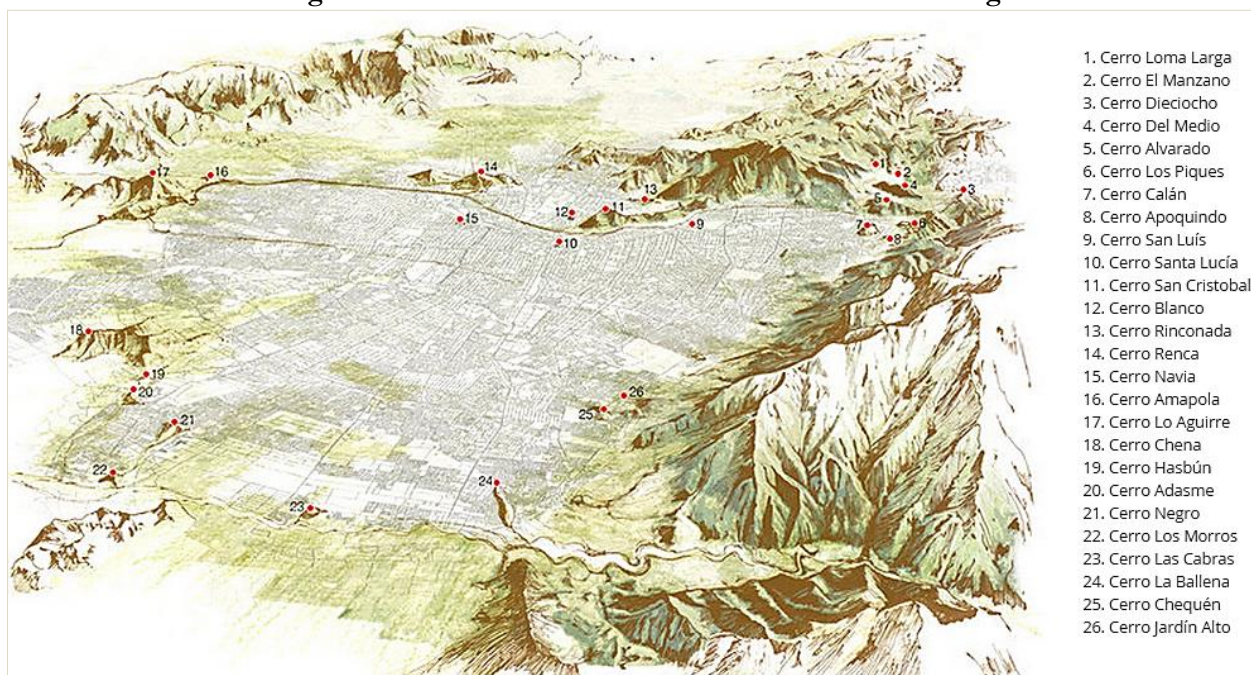
Tabla 8: Cerros Isla y superficie

Nombre	Superficie (há)	Nombre	Superficie (há)
Lo Aguirre	1.463,80	Loma Larga	31,40
Chena	1.334,02	Blanco	19,80
Renca	747,00	Adasme	19,80
San Cristóbal	632,16	San Luis	17,61
Negro	127,80	El Manzano	11,93
Alvarado	104,80	Los Piques	11,15
Amapola	70,12	Las Cabras	10,80
La Ballena	59,70	Apoquindo	9,80
Del Medio	56,10	Hasbún	8,09
Calán	45,90	Santa Lucía	6,90
Chequén	41,90	Jardín Alto	6,40
Dieciocho	32,70	Rinconada	6,20
Los Morros	32,00	Cerro Navia	2,60

Fuente: Página Web Organización Santiago Cerros Isla, 2 de Septiembre de 2014 (<http://www.santiagocerrosisla.cl>).

En cuanto a su distribución, estos se ubican principalmente en las comunas situadas al norte y sur de la ciudad (Figura 9), con excepciones tan emblemáticas, por su centralidad y uso, como los cerros Santa Lucía y San Cristóbal.

Figura 9: Ubicación de Cerros Isla en la ciudad de Santiago



Fuente: Página web Organización Santiago Cerros Isla, 2014 (<http://www.santiagocerrosisla.cl>).

Más del 70% de la superficie total de los cerros isla se ubica en comunas de estratos socioeconómicos bajos (Forray et al., 2012) que carecen de áreas verdes y prácticamente no cuentan con parques de mayor tamaño. En la misma línea, del total de los cerros isla, la mayoría de ellos (15) se ubican en comunas que presentan un índice de calidad de vida inferior a la media nacional (Orellana et al., 2012; citado en Forray, 2012). Por consiguiente, si se integrara la superficie disponible de los cerros isla a la red de áreas verdes del AMS, las comunas que incorporarían una mayor cantidad de m² de áreas verde por habitante correspondería precisamente a las de menor ingreso, logrando aumentos tan significativos tales y como; Pudahuel (43,2 m²/hab), San Bernardo (31 m²/ hab), Renca (31,2 m²/hab) y Quilicura (33 m²/hab) (Forray et al., 2012).

“Los cerros isla, por su masa crítica y su localización, son un recurso privilegiado para aumentar la dotación de áreas verdes por habitante, y al mismo tiempo, para distribuir las de manera más equitativa en la ciudad” (Forray et al., 2012, p. 178).

“El desarrollo de planes de recuperación para estos cerros podría entregar miles de hectáreas de ambientes naturales para Santiago, lo que ayudaría a solucionar la falta de áreas verdes y los problemas de contaminación atmosférica que afectan a la ciudad” (Fernández I. , 2009, p. 2).

Es así como los cerros isla presentan una oportunidad concreta para la corrección de los problemas antes descritos, tanto a escala metropolitana como a nivel local (Forray et al., 2012).

5.1.1 Estado actual de los cerros islas de la AMS

Históricamente los cerros isla han sufrido la presión antrópica tanto por la explotación de sus recursos como por el mismo uso de sus espacios. Si antiguamente el aprovechamiento de la madera y la producción de carbón deterioraban su estado de conservación, hoy en día lo hacen la explotación de canteras y principalmente las nuevas urbanizaciones que presionan fuertemente en lo que se refiere al uso de los suelos. Un ejemplo emblemático de ello son las comunas del cono de alta renta, donde los precios del suelo en las zonas aledañas a estos cerros llegan a valorizarse hasta 30 UF/m² (Mackenney & Ulriksen, 2009; Forray et al., 2012).

También existen excepciones a esta condición, donde aún se mantienen cerros con poca intervención (Cerros Dieciocho, Los Piques y Del Medio), mientras que otros han sido transformados en parque urbanos (San Cristóbal, Santa Lucía y Cerro Navia). No obstante, la gran mayoría no ha recibido iniciativas que propicien su conservación encontrándose altamente alterados y con un bajo nivel de cobertura vegetal; situación que coincide con las comunas de menores ingresos (Forray et al., 2012).

En promedio los niveles de cobertura vegetal bordean apenas el 30%, con situaciones tan extremas como el Cerro Renca, el tercero más grande en superficie (1.476,08 há), que no supera el 10% de cobertura arbórea. A este evidente deterioro se agrega el aislamiento ecológico con la cuenca y la baja conectividad entre estos elementos naturales que forman parte de un mismo sistema, lo que sin duda impacta en el estado de conservación de los mismos cerros (Forray et al., 2012).

“En general existe en los cerros un alto nivel de degradación ambiental, aislaciones ecológicas, escasa diversidad de flora y fauna, y condiciones de suelo que hacen prácticamente imposible su recuperación natural (pérdida de sustrato, compactación, bajo nivel de nutrientes)” (Forray et al., 2012, p. 185).

5.1.2 Estudios realizados

Si bien en la actualidad los cerros isla se encuentran en el foco de los planificadores y hacedores de la política pública, esto no siempre fue así. Por el contrario, como se ha mencionado antes, históricamente estos espacios han carecido del reconocimiento y valoración que merecen conforme a los SEU que aportan a la sociedad. En la última década esta tendencia ha cambiado de la mano de algunos estudios realizados sobre estos hitos naturales.

Referente a las oportunidades que presentan los cerros isla, Fernández (2009) desarrolló un primer acercamiento para resaltar las bondades que entregan estos espacios como solución para los problemas de la ciudad de Santiago. En la misma línea, Forray et al. (2012) desarrolló una investigación mucho más profunda donde analizó sus características, estado de conservación, normativas de uso de suelo que les aplican y finalmente identificó las oportunidades que presentan para la ciudad de Santiago, esbozando una propuesta general con lineamientos operacionales que permitirían compatibilizar la creación de parques urbanos con medidas de conservación ecológica.

En relación de la presión a la que están expuestos, Mackenney y Ulriksen (2009) realizaron un análisis de la situación que vivían los cerros isla ubicados en la pre-cordillera del sector nor-oriente, específicamente de la presión inmobiliaria a la que están fuertemente sometidos hasta el día de hoy.

En cuanto al estado de conservación ecológica, Fernández (2008) analizó el nivel de fragmentación que ha provocado la urbanización en estos hábitats naturales. Mella & Loutit (2007) realizaron un estudio enfocado al comparar el estado de las aves presentes en los cerros islas y parques de Santiago. Por su parte, y recientemente, Mashini (2014) ha propuesto una metodología que permitiría integrar los cerros isla a la matriz ecológica de la cuenca, la que actualmente se encuentra

altamente fragmentada. A su vez, pone a prueba el método analizando el caso del cerro Hasbún, donde explora distintas formas para su unificación al corredor sur de San Bernardo.

Otro estudio, y mucho más enfocado al presente caso de estudio, es la investigación realizada por Bonacic et al. (2010) quien enfocó su estudio al estado de conservación de los cerros Chena y Lonquén, abordando aspectos de biodiversidad, atributos del paisaje natural, amenaza e impactos provocados por el ser humano. Posteriormente, y como una continuación del estudio anterior, Pérez et al. (2013) investigó sobre el valor biológico en los mismos sitios prioritarios cerros Lonquén y Chena, para luego entregar un plan indicativo con las directrices necesarias para la conservación de la biodiversidad en ambos cerros. Respecto a los servicios ecosistémicos aportados por ambos cerros, el ejercicio realizado en esta investigación solo contempló una aproximación generalizada a la cuantificación, extrapolando datos y asociándolos directamente a la superficie total del cerro.

No obstante, y sin duda alguna, aún se requiere de mayor investigación que permita guiar la actual generación de políticas públicas, lideradas en el último tiempo por el Gobierno Regional.

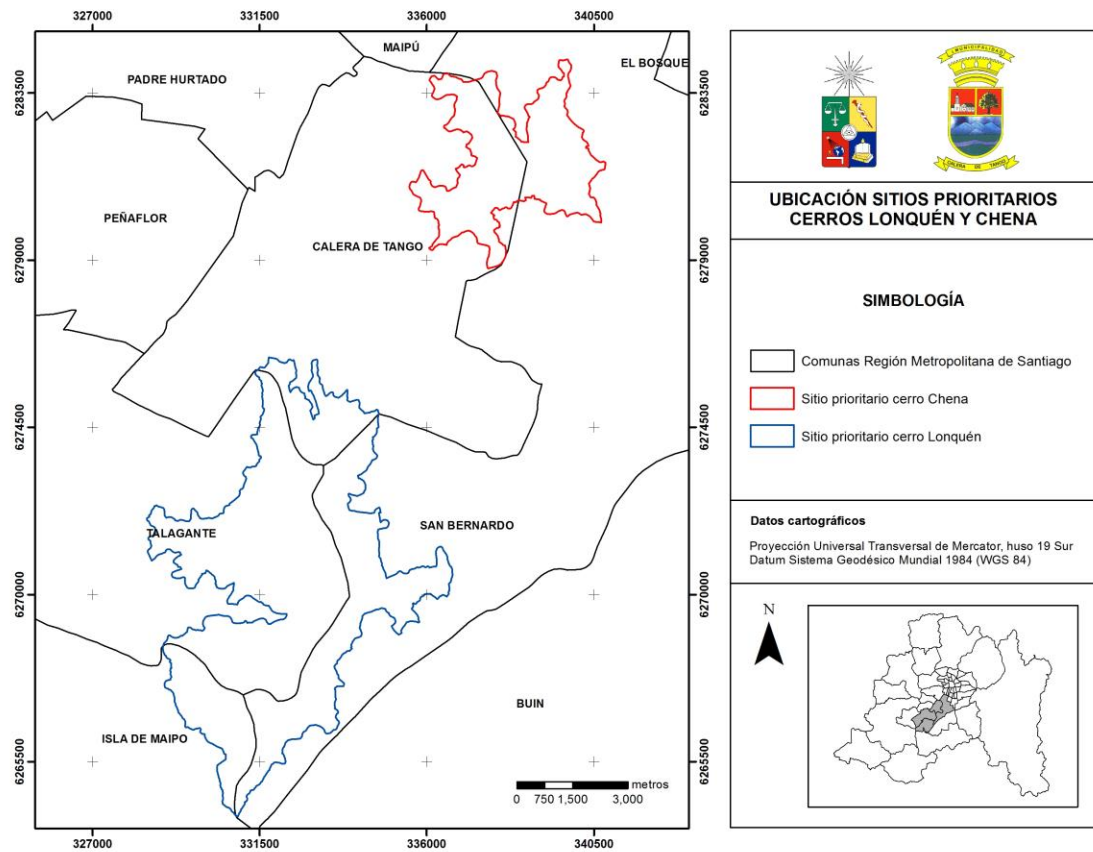
5.2 El Cerro Chena

5.2.1 Localización y Aspectos Administrativos

El cerro Chena se ubica al sur de Santiago en el denominado Corredor Verde de San Bernardo, que lo configura junto a los cerros Hasbún, Negro, Adasme y Los Morros. Cuenta con una superficie total de 1.334, 02 ha, las cuales se distribuyen entre las comunas de San Bernardo (45%) y Calera de Tango (55%); ambas ubicadas al extremo sur de la Región Metropolitana (Figura 10). En tanto la

Tabla 9 muestra una vista general del cerro Chena tomada desde la cumbre del cerro La Ballena que está ubicado al sur de Puente Alto.

Figura 10: Localización Administrativa del Cerro Chena



Fuente: Pérez et al, 2013.

Figura 11: Vista del cerro Chena desde el cerro La Ballena



Fuente: Propuesta Parque Metropolitano Sur Cerro Chena.

La Tabla 9 entregan algunos datos generales del cerro Chena como su configuración física, cobertura vegetal, normativas que aplican a la planificación del suelo, entre otros.

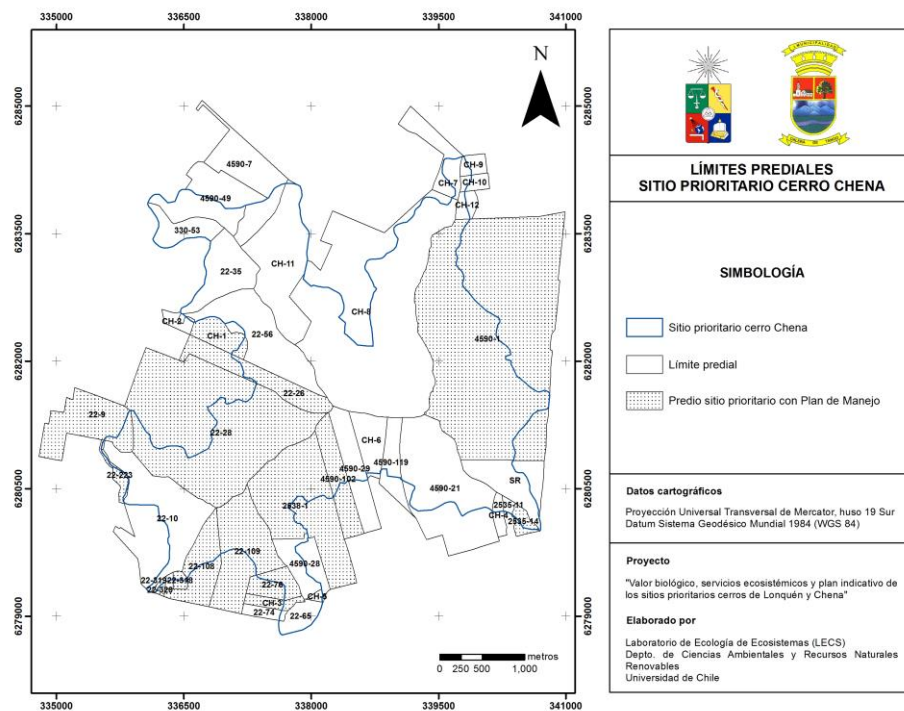
Tabla 9: Datos generales del cerro Chena

Altura	480 m
Altitud	950 msnm
Superficie total	1.334,02 há
Superficie no construida	1.176,15 há
Composición vegetal	Nativa
Cobertura arbórea	30 - 40%
Contexto	Urbano - Rural
Normativa (PRMS)	8.3.1.3. Áreas de rehabilitación Ecológica (ARE) 8.2.1.2. De Derrumbes y Asentamiento del Suelo

Fuente: página web Organización Santiago Cerros Isla, 2014 (<http://www.santiagocerrosisla.cl>).

El cerro Chena presenta un total de 40 predios (Figura 12) pertenecientes a 35 propietarios. De estos el 43,5% corresponde a empresas, el 17,4% a personas naturales, el 13% a varios propietarios, el 4,3% a comunidades y el 21,8% a otro tipo de propietarios. Si bien el número de propietarios es alto, existen 5 predios de mayor dimensión (Tabla 10) que en su conjunto abarcan el 91% de la superficie total (1.212,77 há de las 1.334,02 há totales).

Figura 12: Límites prediales en el Cerro Chena



Fuente: Pérez et al., 2013.

Tabla 10: Predio del Cerro Chena de mayor tamaño

Predio	Propietario	Superficie (há)
4190-1	Fisco Ejército de Chile	412,70
CH-8	Sociedad Agrícola Rinconada de Chena	320,96
22-28	Sociedad Agrícola Rinconada Lo Ermita Ltda.	255,42
4590-21	Inmobiliaria Don Alejandro S.A.	120,69
2538-1	Inversiones Interterra S.A.	111,34
22-10	Comunidad El Tanguito	103,00

Fuente: (Pérez et al., 2013)

5.2.2 Sitio Prioritario N° 23

Como antes ya fue mencionado, la Región Metropolitana de Santiago se encuentra en la “Eco-Región Mediterránea de Chile, considerada como uno de los 34 hotspot a nivel mundial debido al alto riesgo que existe de perder hábitats ricos en diversidad de especies endémicas producto de la acción antrópica (Mittermeier et al., 2004). Es así como el año 2003 la CONAMA aprobó la Estrategia Nacional para la Conservación de la Diversidad Biológica. Su aplicación a nivel regional fue ejecutada por la COREMA (2005) aprobando la Estrategia para la Conservación de la Biodiversidad en la Región Metropolitana (Resolución Exenta N° 184, 2005), la que entrega un marco regulatorio propicio para la elaboración de planes de acción específicos destinados a cada sitio prioritario; reconocidos por su “valor intrínseco de la diversidad biológica, tanto para el sustento y desarrollo del ser humano, como para la evolución y el mantenimiento de los sistemas necesarios para la vida en la biósfera” (COREMA, 2005), entre los cuales se encuentra el cerro Chena; Sitio Prioritario N° 23.

En ese contexto, localmente la Ilustre Municipalidad de Calera de Tango preparó el “Plan de Acción Pucarás del Maipo” que consolida acciones de conservación en forma conjunta para los Sitios Prioritarios N° 18 Cerro Lonquén y N° 23 Cerro Chena. Este Plan tiene como objetivo principal el “fomentar la protección de la fauna y flora silvestre local y así recuperar el patrimonio genético de la Comuna de Calera de Tango, en pro de la conservación de la biodiversidad” (I. Municipalidad de Calera de Tango, 2008).

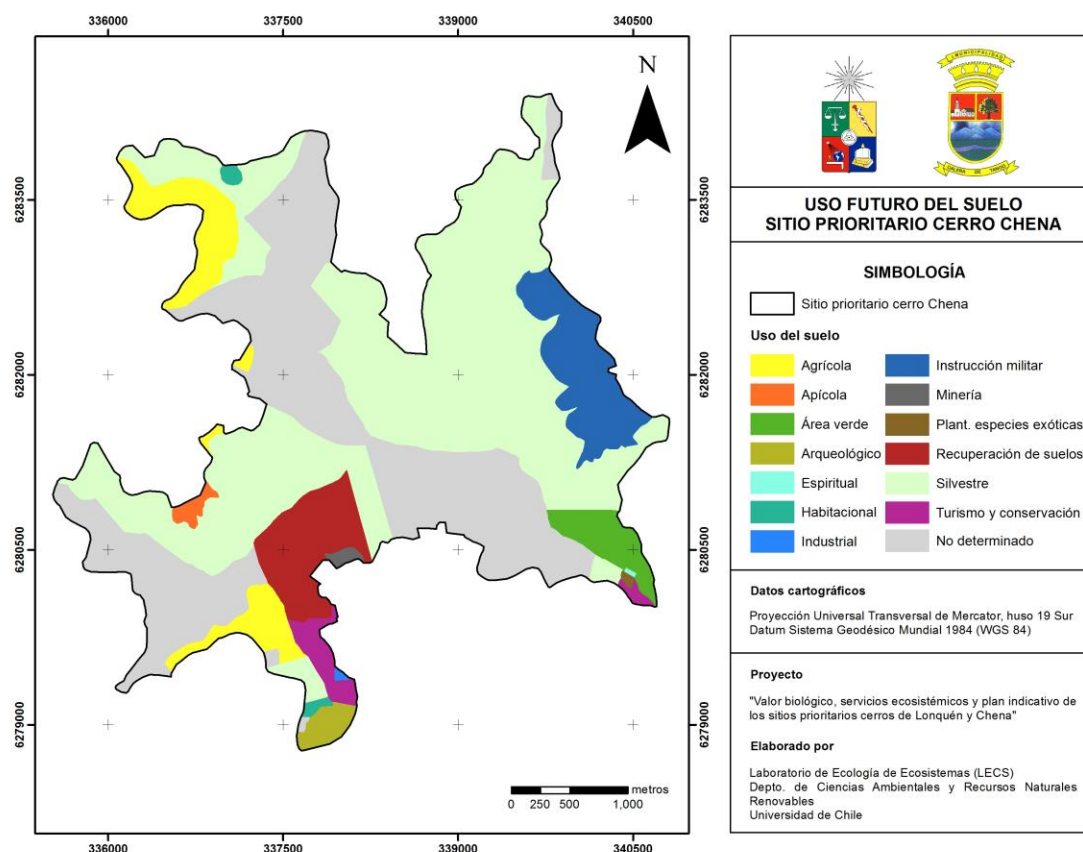
5.2.3 Usos de suelo y actividades

Conforme a su condición de cerro isla, el cerro Chena está rodeado por usos de suelo asociados a la actividad humana intensiva. Es así como en la mayor parte de su contorno se desarrollan actividades agrícolas, inclusive con avances de cultivos en terrazas hacia el cerro. En menor grado también recibe los impactos propios de las urbanizaciones contiguas al cerro. Respecto de su costado oriente,

el cerro Chena presenta una marcada colindancia con la Autopista Central, la que literalmente cortó su extremo sur-oriente generando el nuevo cerro isla Hasbún.

Internamente el cerro mantiene una variada gama de usos de suelo de carácter formal (Figura 13) contabilizándose un total de 14 usos, siendo altamente predominante el silvestre con un 69,5% de la superficie total equivalente a 926,4 há (Pérez, et al., 2013).

Figura 13: Usos de suelo del Cerro Chena



Fuente: Pérez et al., 2013.

Informalmente, en el cerro se realizan diversas actividades, tanto legales como ilegales, las que sin duda alguna condicionan el estado de conservación del mismo. Los principales uso informales guardan relación con la caza de conejos, visitas recreativas (picnic, camping, trekking), practica de motocross y ciclismo (descenso y saltos en bicicletas), vertedero de canteras, visitas a sitios religiosos (santuario de la virgen) y arqueológicos (Pucará) (Bonacic et al., 2012).

Se evidencia la caza de conejos por toda la extensión del cerro, lo que se afirma por la presencia de cartuchos, *huachis* o lazos e improvisados campamentos. Esta actividad se asocia a los frecuentes incendios que han afectado fuertemente al cerro, al generar fuegos con el fin de eliminar la cobertura herbácea que oculta a los conejos, al igual que la generación de fogatas en los numerosos sitios de campamento usados para pasar la noche (Bonacic et al., 2012).

El motocross, y en menor grado el ciclismo de descenso, generan importantes huellas en el cerro, deteriorando la vegetación de pradera y provocando la erosión de las laderas, sobre todo considerando que estos deportes no utilizan los caminos existentes. Por su parte, las visitas recreativas se asocian a la presencia de basura, extracción de material vegetal y a riegos de incendios (Bonacic et al., 2012).

En el contexto patrimonial, el Cerro Chena ha sido considerado como uno de los primeros promontorios sagrados, al vincular su altura con el contenido simbólico de poder. Este carácter es acreditado por la existencia de hallazgos arqueológicos de la civilización Inca que datan del siglo XV d.c., específicamente un “pucará” (Figura 14), fortaleza o complejo defensivo, cuyo objetivo habría sido el resguardo del dominio Inca al sur del río Maipo. Sin embargo, sucesivas revisiones de los estudios arqueológicos realizados en los vestigios, han determinado que estos no corresponderían a un “pucará” sino más bien a un “huaca” o lugar sagrado para los Incas usado como observatorio astronómico y para la práctica de sus ceremonias, las que son efectuadas hasta el día de hoy (Stehberg, 2006).

Figura 14: Pucará del Cerro Chena



Fuente: Pérez et al., 2013.

Respecto del sentido religioso, el 10 de enero de 1988 se inauguró la imagen de la Virgen María, actualmente ubicada dentro de las inmediaciones del Parque Metropolitano Sur, donde todos los años la comunidad católica local realiza procesiones y constantemente se reciben visitas de los creyentes.

En definitiva, todas las actividades antes descritas ocurren sin control alguno, propiciado por la falta de medidas de fiscalización y control de accesos al cerro, inclusive en zonas donde se han implementado proyectos de reforestación y restauración natural (Bonacic et al., 2012).

Otro de los usos relevantes del cerro Chena, y que a diferencia cuenta con mayor control y planificación que los antes mencionados, es el Parque Metropolitano Sur. El año 2002, las Fuerzas Armadas de Chile donaron 38 há ubicadas al centro-este del cerro, colindantes a la Autopista Central, destinadas para la construcción de un nuevo parque urbano. Este sector era usado históricamente por la comunidad de San Bernardo como lugar de esparcimiento, principalmente para la celebración de denominado “18 chico”. El Parque Metropolitano Sur cuenta con 8 há de planicie, donde se desarrollan la mayoría de las actividades; grandes explanadas de césped, zona de picnic, una laguna artificial, canchas de fútbol de pasto sintético, senderos hacia un santuario en la cima del cerro y un circuito para realizar ejercicios (Parque Metropolitano de Santiago, 20014) (Anexo 5; Fotografías de la 1 a la 11).

5.2.4 Estado de conservación ecológica y vegetación

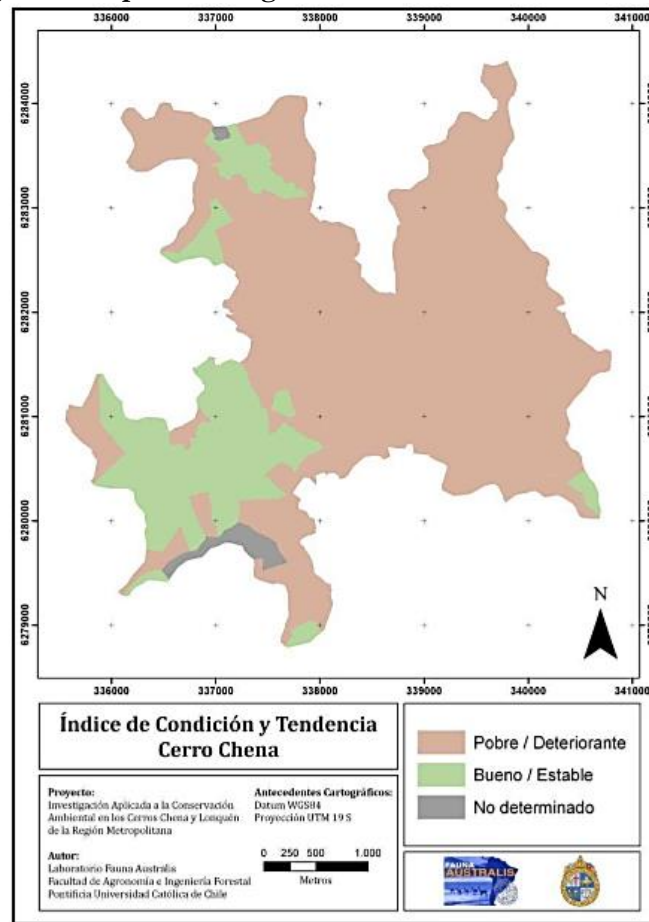
Como se aprecia en la Tabla 11 y en la Figura 15, la mayor parte de cerro (79,3%) se encuentra con un alto grado de deterioro de su estado natural.

Tabla 11: Superficies según condición natural, Cerro Chena

Estado Natural	Área (ha)	Área (%)
Deteriorado	1.044,7	79,3
Estable	251,4	19,1
No Determinado	21,4	1,6

Fuente: Bonacic et al., 2012.

Figura 15: Superficies según condición natural, Cerro Chena



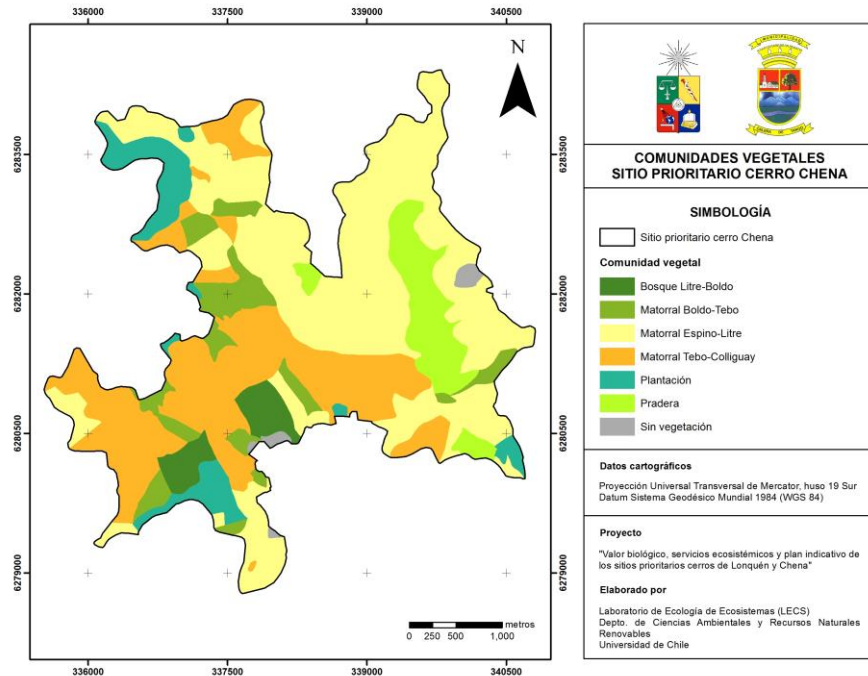
Fuente: Bonacic et al., 2012.

No obstante al evidente nivel de deterioro ecológico del cerro Chena, existen sectores que presentan un mejor estado de conservación, como lo es la zona localizada al sur-oeste del cerro (319,8 há; 24% del cerro). Este sector mantiene una densidad de cobertura vegetal leñosa mayor a un 50 % y a su vez alberga el 97 % de la superficie de ejemplares de Quillay y Litre, superficie vegetal en mejor estado. Esta zona también aloja el 49% de la superficie de Chagual y Quisco, que representa una comunidad en categoría de vulnerable. Otra de las virtudes de este sector es que mantiene sus quebradas en buenas condiciones (Bonacic et al., 2012).

Existen otras zonas que si bien se encuentran degradadas, presentan otras formaciones vegetacionales con potencial de recuperación natural. Un ejemplo de ello es la zona localizada al centro-este del cerro (216 há; 16,4% del cerro), que aunque prácticamente ha perdido casi por completo los ejemplares de árboles, aún mantiene superficies de praderas y especies arbustivas en buen estado, entregando así una matriz con un alto potencial de recuperación de las condiciones naturales originales del cerro (Bonacic et al., 2012).

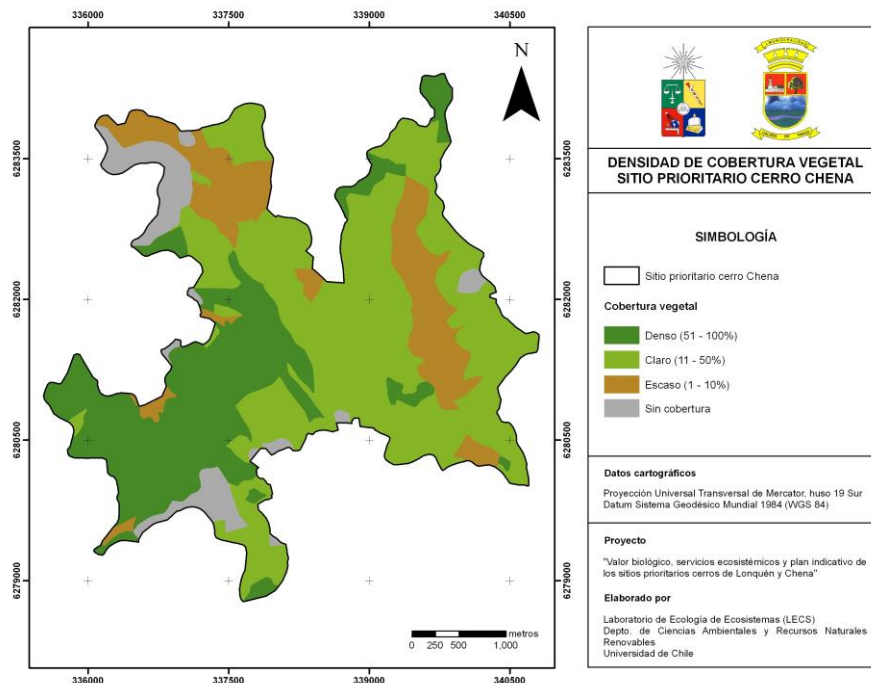
Las comunidades vegetales presentes en el cerro Chena y el nivel de cobertura vegetal se muestran a continuación en la Figura 16 y Figura 17.

Figura 16: Comunidades vegetales en Cerro Chena



Fuente: Pérez et al., 2013.

Figura 17: Cobertura vegetal Cerro Chena

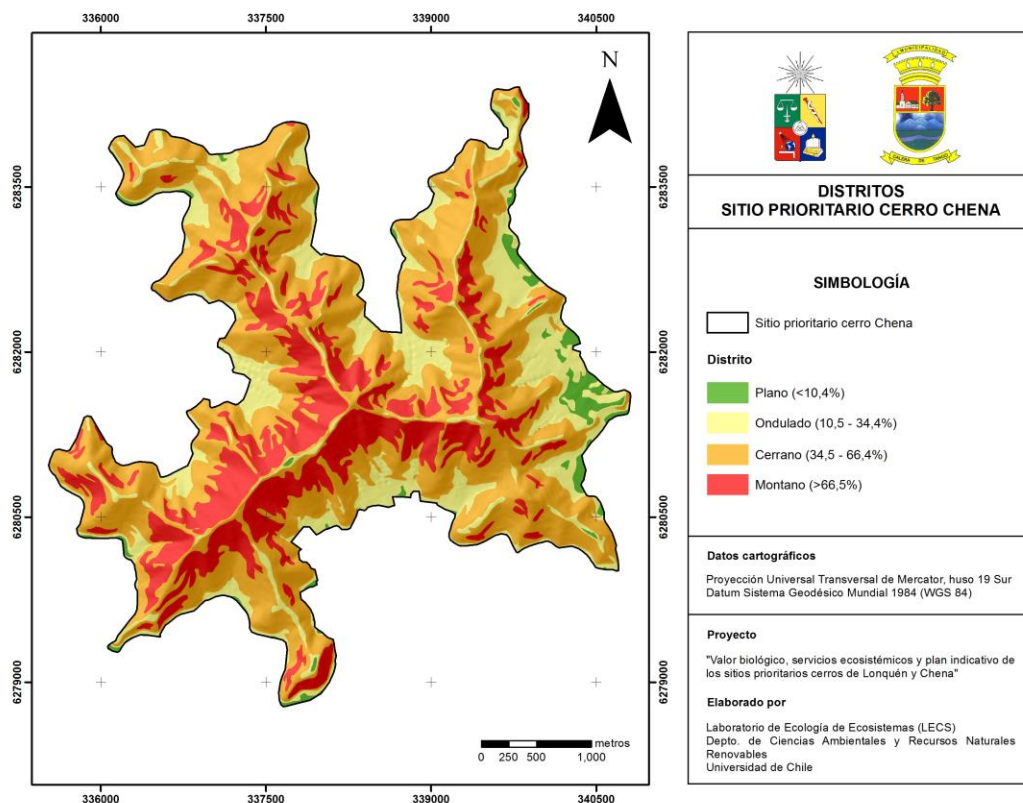


Fuente: Pérez et al., 2013.

5.2.5 Pendientes

Según la nomenclatura de Gastó et al. (1993), las pendientes que predominan en el cerro Chena se ubican en la categoría de Cerrano (54,8%), la que presenta pendientes que se encuentran entre un 34,5 – 66,4 %. Por su parte, pendientes mayores al rango antes mencionado, es decir la categoría de Montano, representa el 21,7% de la superficie total del cerro (Figura 18).

Figura 18: Pendientes del Cerro Chena



Fuente: Pérez et al., 2013.

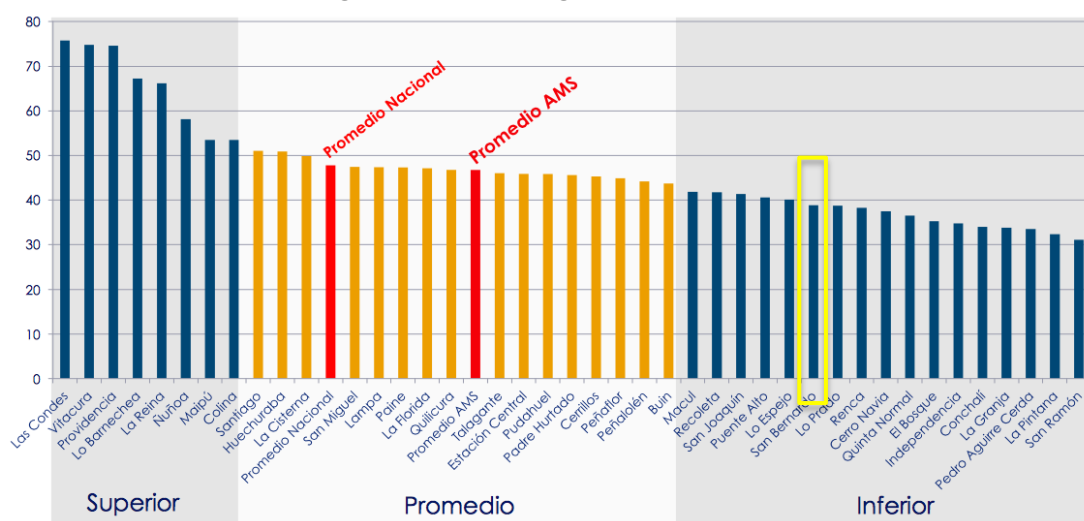
5.2.6 Caracterización de la población beneficiada

Como ya se ha indicado, el Cerro Chena se ubica entre las comunas de San Bernardo y Calera de Tango. San Bernardo, capital provincial, presenta una extensión territorial total de 155,1 km², con un uso de suelo principalmente urbano. Esta comuna tiene un total de 246.762 habitantes de los cuales el 98% corresponde a población urbana. Por su parte, Calera de Tango presenta una superficie de 72 km², de los cuales apenas el 1,2% corresponde a suelo urbano, mientras que el 85,4% a superficie agropecuaria, lo que, contrariamente a San Bernardo, denota una marcada vocación hacia lo rural. Calera de Tango tiene una población mucho más acotada con 23.113 habitantes, de los cuales el 33% corresponde a población urbana, mientras que su mayor parte

(67%) pertenece al mundo rural (INE, 2002). Buena parte de Calera de Tango se encuentra rodeada por San Bernardo.

Respecto a la calidad de vida urbana, el ICVU del año 2015 sitúa a la comuna de San Bernardo entre las últimas 15 del ranking (32 de 43), muy por debajo del promedio nacional, e inclusive, del promedio a nivel regional (Figura 19). En lo particular a la dimensión de “Salud y Medio Ambiente” ocurre lo mismo, donde San Bernardo califica con un puntaje de 54,8 (81 de 93), bajo el promedio nacional de 58,9 (Orellana et. al., 2015), lo que se correlaciona con la carencia de AVU en la comuna ya que solo mantiene 3,1 m² por habitante (IEMA, 2013). Por su parte, la comuna de Calera de Tango, no forma parte del análisis realizado por el ICVU ya que solo se consideran los municipios con más 50.000 habitantes.

Figura 19: ICVU Región Metropolitana



Fuente: Orellana et. al., 2015.

5.3 Proyecto Nuevo Parque Urbano en Cerro Chena

En agosto de 2014 la Intendencia Metropolitana lanzó el concurso “Iniciativas para Cerros Isla en la Región Metropolitana” cuyo objetivo fue elegir, entre cuatro cerros isla, el sitio para construir el próximo Gran Parque Urbano para el AMS. Las bases de licitación propusieron lineamientos generales que debían ser considerados en la preparación de los proyectos, entre ellos; el valor patrimonial del lugar, su impacto ambiental, la rentabilidad social, oportunidades turísticas y la situación jurídica de los propietarios. Cada Municipio tenía la responsabilidad de preparar los proyectos a nivel conceptual, para luego presentarlos a la comisión evaluadora a fines de noviembre del mismo año. Es así como la I. Municipalidad de San Bernardo, en conjunto con la I.

Municipalidad de Calera de Tango, prepararon el siguiente proyecto para la postular al concurso convocado.

Para la preparación de la propuesta el Gobierno Local optó por conformar un Equipo Técnico (ET) con el capital humano disponible internamente, es decir, se rescataron las competencias profesionales que contaba cada municipio en sus distintos departamentos. Es así como el ET fue conformado por arquitectos, urbanistas, sociólogos, geógrafos, paisajistas, diseñadores, ingenieros en recursos naturales, entre otros, que trabajan actualmente en ambas municipalidades, quienes cesaron temporalmente sus funciones para dedicarse a tiempo completo al desarrollo del Proyecto (Funcionario SECPLA, I. Municipalidad de San Bernardo). En el ámbito ecológico el ET fue asesorado por un profesional del Laboratorio de Ecología de Ecosistemas de la Universidad de Chile, quien trabajó en el equipo de Jorge Pérez (2013) que desarrolló el estudio realizado al Sitio Prioritario del cerro Chena, estudio desde donde nace el Plan Indicativo que rige las medidas del restauración propuestas en el Proyecto de Parque Urbano.

Con el fin de recoger las opiniones de los diferentes actores asociados al futuro uso del Parque, se aplicó una metodología de participación basada en experiencias anteriores del Municipio de San Bernardo, cuya finalidad fue incorporar en el diseño del proyecto a todos los actores de la comunidad. Esta metodología consideró la conformación de mesas de trabajo multisectoriales en las que se expusieron las bases del concurso, sus objetivos y la visión general planteada por la Intendencia, para luego abrir la discusión y análisis en torno a las siguientes preguntas:

“¿Qué es lo que queremos para el Cerro Chena?”

“¿Cuál es la imagen futuro de este emplazamiento natural?”

Las mesas de trabajo fueron constituidas en las comunas de San Bernardo y Calera de Tango, donde se trabajaron distintos temas relacionados directa e indirectamente con el Cerro Chena; análisis de los acontecimientos históricos, relacionamiento de la comunidad con el cerro, riqueza de la biodiversidad (sitio prioritario), presencia de pueblos originarios y vestigios arqueológicos, propiedad de las tierras, entre otros (Funcionario SECPLA, I. Municipalidad de San Bernardo).

Como se mencionó antes, el ejercicio se realizó a través de la conformación de las siguientes de mesas de trabajo a saber:

- Mesa Ejecutiva; integrada por la Alcaldesa de San Bernardo Nora Cuevas Contreras, el Alcalde de Calera de Tango Erasmo Valenzuela, los Diputados Leonardo Soto y Jaime Bellolio, los Concejales de San Bernardo y Calera de Tango, la actual Directora del Parque Metropolitano

Sur Cerros de Chena Silvia Correa y los representantes de la organización de Amigos del Parque Cerro Chena y del Rotary Sur de San Bernardo.

- Mesa Sociedad Civil; esta mesa fue constituida por los representantes de las distintas organizaciones de la sociedad civil de la localidad, entre las que destacan las asociaciones deportivas, del comercio, organizaciones de mujeres, organizaciones de jóvenes, representantes de los pueblos originarios, ONGs y organizaciones comunitarias funcionales y territoriales.
- Mesas Municipales Intersectoriales; realizadas para recabar información en forma integrativa relacionada con el cerro en las áreas de cultura, aseo, medio ambiente, tránsito, obras, deportes y recreación, discapacidad, asuntos indígenas, adultos mayores, infancia, sumado a ello el trabajo con las direcciones de educación y salud (Funcionario SECPLA, I. Municipalidad de San Bernardo).

Los resultados de este ejercicio arrojaron una diversa gama de intereses, los cuales se agruparon en tres ejes de acción estratégica, que se presentan en la Figura 20.

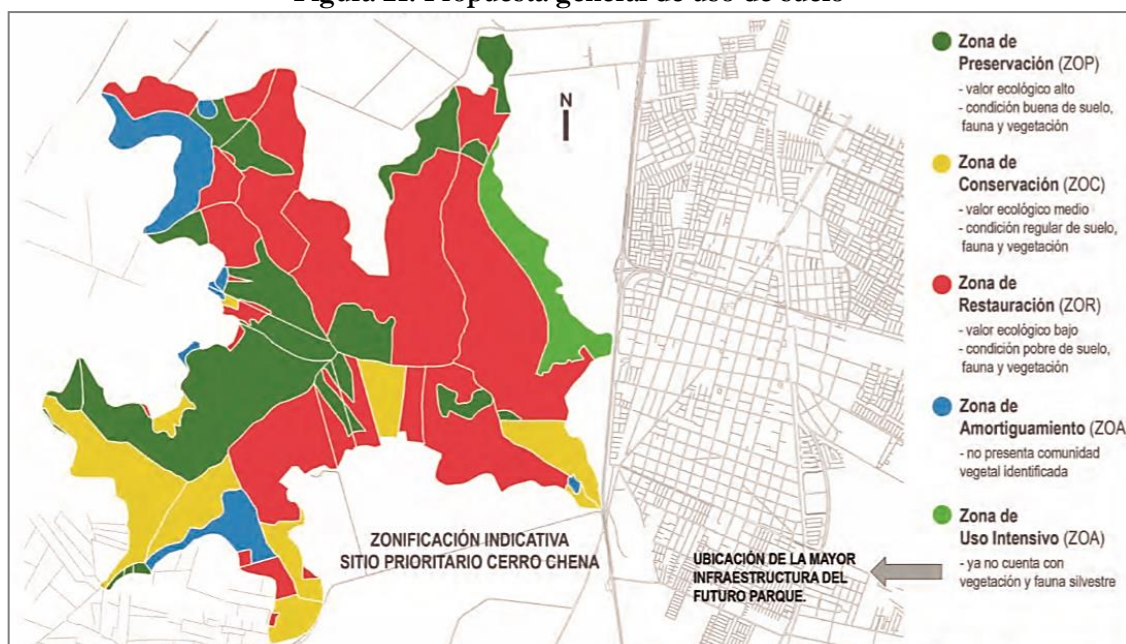
Figura 20: Ejes de Acción derivados de la participación ciudadana



Fuente: Propuesta Parque Metropolitano Sur Cerro Chena.

A partir del eje “restauración y conservación ambiental”, se desarrolló una propuesta de planificación de uso del suelo basada en el Plan Indicativo desarrollado por Pérez et al. (2013) para el Sitio Prioritario cerro Chena. En ella se definieron 5 macro zonas (Figura 21) según el estado de conservación de las comunidades vegetales y acciones para cada una de ellas con la finalidad de propiciar la rehabilitación ecológica buscando volver a las condiciones naturales del cerro. A su vez, propone una zona de uso intensivo que sería la que reciba la mayor parte de la infraestructura (Propuesta Parque Metropolitano Sur Cerro Chena).

Figura 21: Propuesta general de uso de suelo



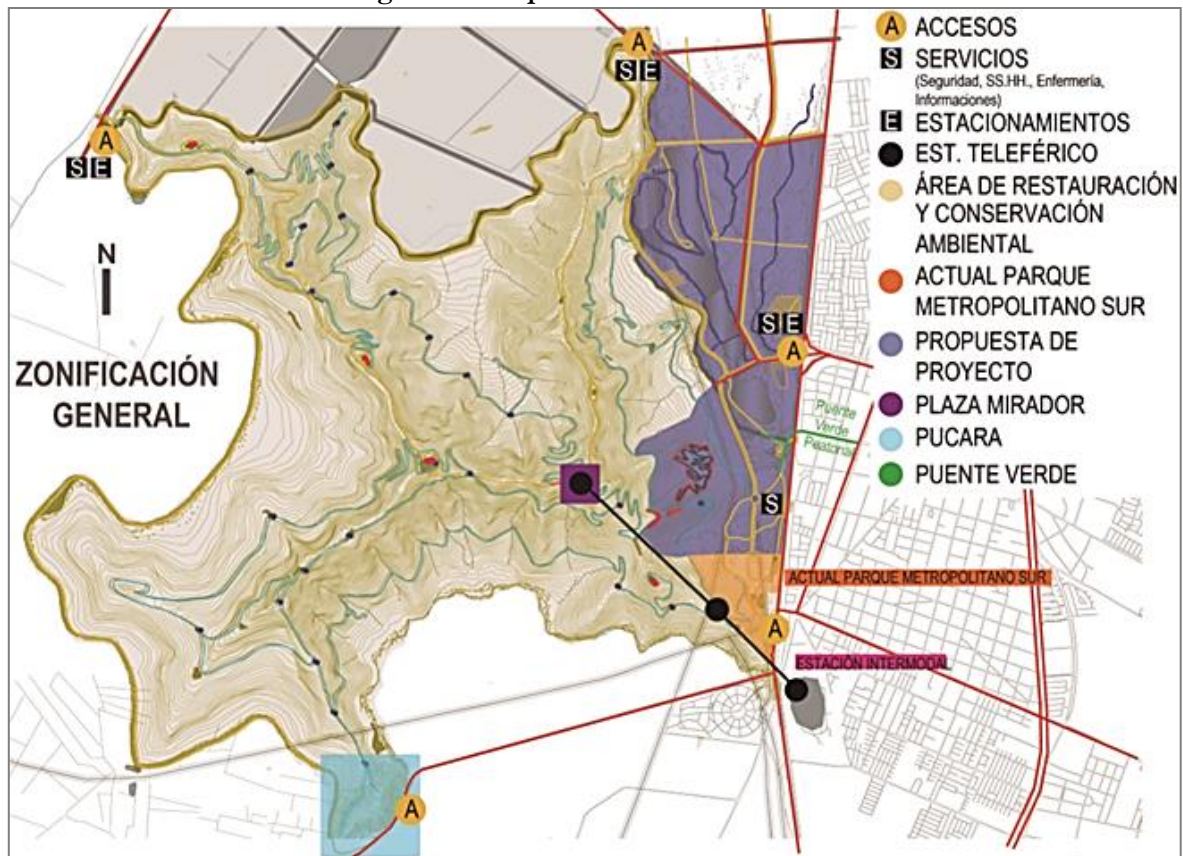
Fuente: Propuesta Parque Metropolitano Sur Cerro Chena.

A partir del eje “integración cerro ciudad” y “creación de nuevos espacios”, se elaboró una propuesta de infraestructura, en la que se proponen distintas medidas (Figura 22) enfocadas principalmente en la conectividad y la consolidación del Parque Metropolitano Sur. Dichas medidas corresponden a:

- Integración urbano-natural; desarrollo de infraestructura que permita una integración más amigable entre ambos mundos. Considera medidas para aumentar la conectividad, entre ellas 5 accesos al cerro desde distintos puntos, puentes o pasarelas verdes ubicadas estratégicamente que permitan el cruce de la Autopista Central, ciclovías desde las zonas urbanas hasta los accesos al Parque, ensanchamiento del camino Catemito (conexión hacia Calera de Tango) y una estación intermodal.
- Senderos; trama de senderos para trekking en distintos grados de dificultad, que recorren completamente el cerro e incluyen estaciones miradores.
- Teleférico: tres estaciones que conectan el cerro Hasbún, el santuario de la virgen y la segunda cumbre más alta del cerro Chena.
- Consolidación del Parque Metropolitano Sur; adición de nuevas áreas al parque que en total aumentan en aproximadamente en 10 veces el área actual. Incluye una gran laguna irrigada por el canal Espejito, un anfiteatro, sectores de esparcimiento y deporte, senderos peatonales, memorial en un antiguo centro de tortura, entre otros.

- Sistema de irrigación; como antes fue mencionado, la creación de una laguna humedal que provea de hábitat de flora y fauna y a la vez permita la acumulación de las aguas lluvias, facilite el aprovechamiento de las aguas del canal Espejino y otros canales menores, contando con 6,5 acciones de agua (94 l/s). Se contempla un sistema de irrigación que bombea agua hasta la cumbre a través de piscinas intermedias utilizando energía eléctrica provista por paneles solares, apoyados por energía de la red. Adicionalmente se consideran sistemas de captación de aguas lluvia en las laderas del cerro a través de canalizaciones colindantes a los senderos, lo que permitiría aumentar la irrigación y a la vez disminuir la velocidad de escorrentía.
- Consolidación Pucará; construcción de un parque cultural que contempla un edificio administrativo, senderos, plazoletas, una plaza de encuentro multicultural, el relevamiento del sitio arqueológico, entre otros.

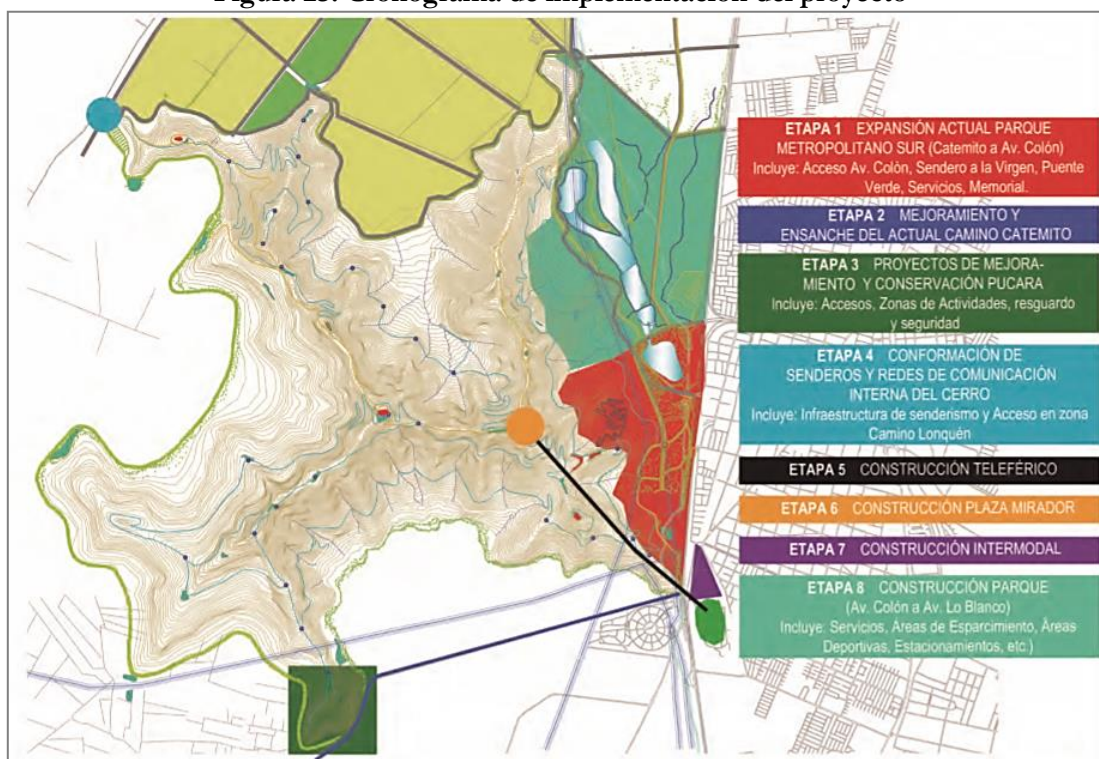
Figura 22: Propuesta de infraestructura



Fuente: Propuesta Parque Metropolitano Sur Cerro Chena.

La propuesta considera una secuencia cronológica de implementación de ocho etapas (Figura 23) para lograr la construcción total del Proyecto. En la secuencia se destaca la ampliación del Parque Metropolitano Sur (sector sur), donde la primera etapa implementará prácticamente la mitad de la nueva área, mientras que el sector norte se implementaría en la última.

Figura 23: Cronograma de implementación del proyecto



Fuente: Propuesta Parque Metropolitano Sur Cerro Chena.

6 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA CUANTIFICACIÓN

A continuación se presentan los resultados de la cuantificación de los SEU seleccionados para su estudio y aplicados al proyecto del nuevo Parque Urbano en el Cerro Chena. Para cada uno de ellos se realizó el cálculo en la situación sin proyecto, que corresponde al estado actual del cerro de acuerdo a sus condiciones ecológicas y morfológicas. Para la situación con proyecto, los cálculos se realizaron utilizando como base la condición que presentará el cerro Chena a 10 años desde la implementación de las medidas propuestas para mejorar las condiciones ecológicas, momento en que la vegetación podría mostrar un desarrollo óptimo para la provisión de los SEU en estudio.

El primer acápite entrega un detalle de la información que fue posible recopilar, para luego mostrar los resultados del cálculo de superficies con cobertura vegetal en ambas situaciones. A continuación se entregan los resultados de la cuantificación, haciendo una comparación del nivel de provisión por cada uno de los SEU antes y después, con su respectivo análisis. Finalmente, y para facilitar la comprensión del lector, se entrega un acápite que sintetiza los distintos resultados obtenidos por el presente estudio.

6.1 Recopilación de Información

El proceso de recopilación de información necesaria para la ejecución del estudio, consideró la consulta a distintas fuentes principalmente asociadas al área de investigación de SEU y AVU, la calidad del aire, el conocimiento de las condiciones ecológicas del cerro Chena y al desarrollo del proyecto del nuevo Parque Urbano. De esta forma se sostuvieron reuniones con las siguientes personas:

- Cynnamon Dobbs Brown / PhD in Ecology / Investigador Post Doc / Departamento de Ecosistemas y Medio Ambiente / Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Ma. Soledad Muñoz Saldaña / Doctor (c) en Ciencias Silvoagropecuarias y Veterinarias / Laboratorio de Ecología de Ecosistemas / Universidad de Chile.
- Bárbara Concha Albornoz / Arquitecto / Departamento De Estudios y Proyectos SECPLA / Ilustre Municipalidad de San Bernardo.
- Alejandro Ruiz Peña / Ex - Encargado de Reforestaciones y Educación Ambiental / Parque Metropolitano / Bosque de Santiago.
- Francisco Vega Torres / Meteorólogo / Jefe de Proyecto / Mining Information Communication and Monitory.

Cabe destacar las reuniones sostenidas con la investigadora Cynnamon Dobbs, quien cuenta con una vasta experiencia en estudios de SEU y es autora de uno de los trabajos más citados sobre indicadores

para la medición de SEU, y por consiguiente, conocedora de los distintos métodos disponibles para su cuantificación. De igual forma es destacable la reunión sostenida con Ma. Soledad Muñoz, quien formó parte del equipo de Jorge Pérez que desarrolló el estudio de “*Valor biológico, servicios ecosistémicos y plan indicativo de los sitios prioritarios cerros de Loquén y Chena*”, trabajo que dio pie al Plan Indicativo que es la base de las medidas de restauración ambiental definidas en el Proyecto de Parque Urbano. Actualmente la investigadora se desempeña en el equipo de trabajo a cargo del desarrollo del Proyecto.

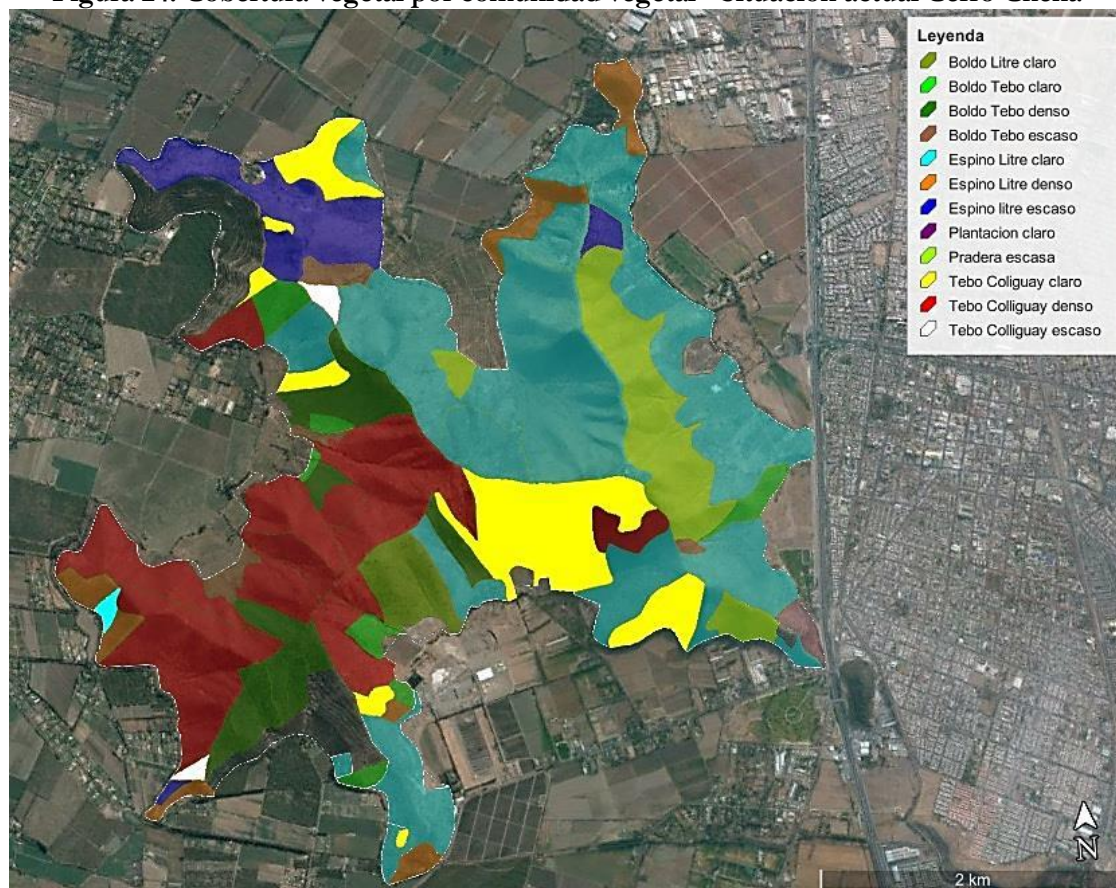
De estas entrevistas se adjunta el siguiente listado con la información más relevante que fue posible recopilar y que son la base de los cálculos de cuantificación:

- Proyecto de Parque Urbano para el cerro Chena, desarrollado por la I. Municipalidad de San Bernardo y Calera de Tango.
- Shape de subdivisiones prediales del cerro Chena.
- Shape de usos de suelo del cerro Chena.
- Shape de formaciones y comunidades vegetales del cerro Chena, en base a unidades vegetacionales de Gajardo (1994) presentes en cada UTH.
- Shape de densidad de cobertura de la vegetación dominante del cerro Chena.
- Caracterización climática de la zona donde se emplaza el cerro Chena, en base a Gastó et al. (1993), Dirección Meteorológica de Chile.
- Factores de remoción de contaminantes atmosféricos para especies vegetales ubicadas en el estrato social medio de la ciudad de Santiago de Chile, Escobedo y Nowak (2009).

6.2 Cálculo del aumento de la cobertura vegetal

A continuación la Figura 24 y la Tabla 12 presentan los resultados obtenidos del cálculo de superficies para la situación actual.

Figura 24: Cobertura vegetal por comunidad vegetal - Situación actual Cerro Chena



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12: Superficies de cobertura vegetal por comunidad vegetal – Situación actual Cerro Chena

Comunidad vegetal	Cobertura	Superficie (ha)
Bosque Boldo-Litre	Denso	21,61
	Claro	27,05
Matorral Boldo-Tebo	Escaso	18,17
	Claro	32,36
	Denso	52,80
Matorrial Espino-Litre	Escaso	81,54
	Claro	468,19
	Denso	51,37
Matorral Tebo-Colliguay	Escaso	6,62
	Claro	118,22
	Denso	250,63
Plantación	Claro	6,518
Pradera	Escasa	102,20

Fuente: Elaboración propia.

Por su parte, la Tabla 13 presenta el resultado del cálculo de las nuevas superficies con cobertura vegetal, conforme a las medidas propuestas por el Proyecto.

Tabla 13: Superficies de cobertura por comunidad vegetal- Situación con proyecto Cerro Chena

Comunidad vegetal	Cobertura	Acción	Superficie (ha)
Bosque Boldo-Litre	Denso	Conservación	30,80
	Claro	Restauración	17,86
Matorral Boldo-Tebo	Denso	Preservación*	40,88
	Denso	Conservación	1,84
	Denso	Amortiguamiento*	0,67
	Claro	Restauración	32,36
	Escaso	Restauración	10,41
	Escaso	Conservación	6,05
	Escaso	Preservación*	1,52
	Sin información	Restauración	0,48
Matorral Espino-Litre	Denso	Preservación*	32,63
	Denso	Conservación	18,48
	Denso	Restauración	0,81
	Claro	Preservación*	37,14
	Claro	Conservación	38,60
	Claro	Restauración	334,73
	Claro	Uso intensivo	71,93
	Claro	Amortiguamiento*	2,08
	Escaso	Preservación*	15,06
	Escaso	Conservación	1,54
	Escaso	Restauración	36,73
Matorral Tebo-Colliguay	Denso	Preservación*	178,59
	Denso	Conservación	48,08
	Denso	Restauración	23,46
	Claro	Preservación*	4,27
	Claro	Conservación	19,99
	Claro	Restauración	84,60
	Claro	Amortiguamiento*	1,24
	Escaso	Restauración	4,40
	Escaso	Conservación	2,22
Plantación	Sin información	Amortiguamiento*	85,31
Plantación	Claro	Conservación	6,45
Pradera	Escaso	Restauración	102,28
Parque Actual	Claro	Conservación	10,31
Parque Área Sin Información	Escaso	Restauración	15,85
Parque Área Plantaciones	Escaso	Restauración	209,54

Fuente: Elaboración propia. / *Proyecto no definió aumentó de cobertura vegetal.

El detalle del cálculo de las nuevas superficies con vegetación se presenta en el Anexo 1.

Conforme a la planificación propuesta por el Gobierno Local, se estima que la implementación del Proyecto de Parque Urbano permitiría aumentar casi al doble (97% adicional) el nivel de cobertura vegetal presente actualmente en el cerro Chena, llegando a un total de 1.107,44 há con cobertura vegetal.

La principal comunidad vegetal presente en el cerro, refiriéndose solo a presencia, corresponde a Matorral Espino-Litre que abraza casi un 40% del cerro. Por su parte, referido a la superficie con cobertura vegetal efectiva, esta comunidad actualmente cubre solo un 12,31% de la superficie del cerro, mientras que una vez implementadas las medidas de restauración cubrirá el 27,26%. Si bien comunidad vegetal Matorral Tebo-Colliguay actualmente presenta una cobertura vegetal mayor que el Matorral Espino-Litre, equivalente al 14,16% del cerro, su estado de conservación actual es mejor, por ende esta superficie prácticamente no variaría con la implementación del Proyecto (16,99%).

También es relevante de mencionar que actualmente el sector del Parque Metropolitano Sur abarca solo 10,31 há, las que con la implementación del Proyecto aumentarán a un total de 235,70 há.

Desde un punto de vista más general, es útil mencionar que el Observatorio Urbano del MINVU ha estimado que las comunas de la zona sur de Santiago ofrecen solo 3,53 m² de áreas verdes por habitante. Al respecto, el Plan de Integración de los Cerros Isla al Sistema de Áreas Verdes de Santiago (Forray et al., 2012) ha estimado que la implementación de este Proyecto permitiría aumentar dicho índice a 7,33 m² por habitante para las comunas antes indicadas, con todos los beneficios que ello implica.

6.3 Resultados de la cuantificación

6.3.1 Regulación de la calidad del aire

Se realizó el cálculo de la regulación de la calidad del aire para la situación actual del cerro Chena considerando, tal como lo propone la metodología seleccionada, la superficie de cobertura vegetal y los factores de remoción determinados por Escobedo y Nowak (2009) según las comunidades vegetales identificadas. Los resultados para la situación actual del cerro se presentan a continuación en la Tabla 14.

Tabla 14: Remoción de contaminantes atmosféricos – Situación actual Cerro Chena

Comunidad Vegetal	Remoción de contaminantes (ton/año)				
	PM10	O ₃	CO	NO ₂	SO ₂
Bosque Boldo Litre	2,31	0,87	0,12	0,22	0,19
Matorral Boldo Tebo	2,46	0,86	0,17	0,26	0,22
Matorral Espino litre	10,66	3,74	0,75	1,12	0,93
Matorral Tebo Colliguay	12,59	4,42	0,88	1,33	1,10
Plantación	1,45	1,32	0,26	0,40	0,33
Pradera	0,11	0,10	0,02	0,03	0,03
Parque Metropolitano	0,32	0,29	0,06	0,09	0,07
TOTAL	29,90	11,6	2,27	3,44	2,87

Fuente: Elaboración propia.

Es posible señalar que en la condición actual del Cerro Chena la remoción total de material particulado (PM 10) alcanza las 29,90 ton/año, siendo ésta la remoción más importante en cantidad.

Para la situación con proyecto, la remoción de contaminantes estimada para el cerro Chena es la presentada en la Tabla 15.

Tabla 15: Regulación de la calidad del aire – Situación con proyecto Cerro Chena

Comunidad Vegetal	Remoción de contaminantes (ton/año)				
	PM10	O ₃	CO	NO ₂	SO ₂
Bosque Boldo Litre	3,21	1,21	0,17	0,30	0,26
Matorral Boldo Tebo	3,97	1,39	0,28	0,42	0,35
Matorral Espino litre	23,6	8,28	1,66	2,48	2,07
Matorral Tebo Colliguay	15,54	5,45	1,09	1,64	1,36
Plantación	1,51	1,38	0,28	0,41	0,34
Pradera	1,69	1,53	0,31	0,46	0,38
Parque Metropolitano	3,89	3,54	0,71	1,06	0,88
TOTAL	53,41	22,79	4,49	6,78	5,65

Fuente: Elaboración propia.

El detalle del cálculo de la regulación de la calidad del aire se presenta en el Anexo 2.

Es posible señalar que el nivel de remoción de contaminantes atmosféricos aumentaría considerablemente con la implementación de las medidas planificadas para mejorar las condiciones ecológicas del cerro Chena. De esta forma, la provisión del SEU aumentaría en su totalidad un 86% respecto de la condición actual, tal como se presenta a continuación en la Tabla 16.

Tabla 16: Comparación de la situación con y sin proyecto respecto de la regulación de la calidad del aire en Cerro Chena

Contaminante	Situación actual (ton/año)	Situación con proyecto (ton/año)	Incremento %
PM10	29,90	53,41	79%
O3	11,60	22,79	96%
CO	2,27	4,49	98%
NO ₂	3,44	6,78	97%
SO ₂	2,87	5,65	97%
TOTAL	50,08	93,12	86%

Fuente: Elaboración propia.

Si bien los resultados obtenidos demuestran un importante aumento en la regulación de la calidad del aire, es necesario relacionar esta mejora con aspectos propios del entorno del cerro. En ese sentido, con relación al contaminante de mayor interés sanitario y que actualmente genera graves problemas en salud en la población de la AMS, se estima que las nuevas condiciones del cerro permitirían remover un total de 53,41 toneladas de material particulado respirable (PM10) durante un año, lo que implica un incremento del 79% según la condición actual. Se cotejaron estos resultados con el estudio realizado por Escobedo y Nowak (2009) y con ello tener un punto de comparación respecto del aporte del arbolado urbano presente en el área de estudio.

Escobedo y Nowak (2009) estimaron el nivel de remoción de contaminantes atmosféricos realizado por el arbolado urbano de la ciudad de Santiago, en el período de julio 2000 y julio 2001. La estimación fue realizada en sub-regiones que dividieron el AMS según los estratos socio-económicos alto, medio y bajo. San Bernardo se encuentra en la sub-región del estrato socio-económico medio, el que es configurado por las siguientes comunas: Independencia, Santiago, San Miguel, San Joaquín, Macul, Peñalolén, La Florida, Maipú, Padre Hurtado, Calera de Tango y San Bernardo. El estudio logró estimar que el arbolado urbano ubicado en las comunas antes descritas removi6 un total de 538 toneladas de PM10 durante 12 meses.

Al comparar con los resultados de Escobedo y Nowak (2009), y usando sus mismos factores de remoci6n, es posible decir que el cerro Chena en su nueva condici6n ecol6gica podr6a remover una cantidad total de PM10 equivalente al 10% de la remoci6n efectuada por todo el arbolado urbano presente en las 11 comunas ubicadas en el estrato socio-econ6mico medio, durante el per6odo de estudio antes mencionado. Adicionalmente se destaca que este 10% de remoci6n de PM10 que aportar6a la implementaci6n del Proyecto ser6a realizado en un sector mucho m6s acotado y por ende, sus beneficios se ver6an reflejados principalmente en las comunas donde se ubica el cerro, San Bernardo y Calera de Tango, lo que sin duda alguna se considera como un aporte relevante y necesario para el 6rea de estudio.

6.3.2 Infiltración de aguas lluvia

Como resultado de la aplicación de la metodología propuesta, se obtuvo que en la situación actual del cerro Chena la infiltración de aguas lluvias es la indicada en la Tabla 17, mientras que la Tabla 18 muestra los nuevos niveles de infiltración de aguas lluvia en la situación con proyecto.

Tabla 17: Infiltración de aguas lluvias según tipo de cobertura – Situación actual Cerro Chena

Tipo de Cobertura	Volumen de Infiltración (m³)
Bosque Litre-Boldo	33.201,21
Matorral Boldo-Tebo	44.590,43
Matorral Espino litre	185.447,73
Matorral Tebo Colliguay	230.283,76
Plantaciones (Viñas)	59.284,65
Pradera	4.412,08
Parque Metropolitano	12.219,19
TOTAL	570.894,17

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18: Infiltración de aguas lluvias – Situación con proyecto Cerro Chena

Comunidad Vegetal	Volumen de Infiltración (m³)
Bosque Litre-Boldo	47.925,34
Matorral Boldo-Tebo	73.334,33
Matorral Espino litre	435.432,97
Matorral Tebo Colliguay	287.233,48
Plantaciones (Viñas)	61.893,57
Pradera	77.638,14
Parque Metropolitano	178.909,81
TOTAL	1.162.367,64

Fuente: Elaboración propia.

El detalle del cálculo del nivel de infiltración se presenta en el Anexo 3.

De acuerdo a la estimación realizada, es posible señalar que la aplicación de las mejoras respecto de la cubierta vegetal propuestas en el Proyecto de Parque Urbano permitirían aumentar en más del doble (104%) el nivel de infiltración total de aguas lluvias que precipitan en las 1.334 há del Cerro Chena, tal y como se observa en la Tabla 19.

Tabla 19: Comparación niveles de infiltración en las situaciones con y sin proyecto

Volumen de Infiltración Total (m³)	
Situación Actual	570.894,17
Situación Con Proyecto	1.162.367,64
Incremento %	104%

Fuente: Elaboración propia

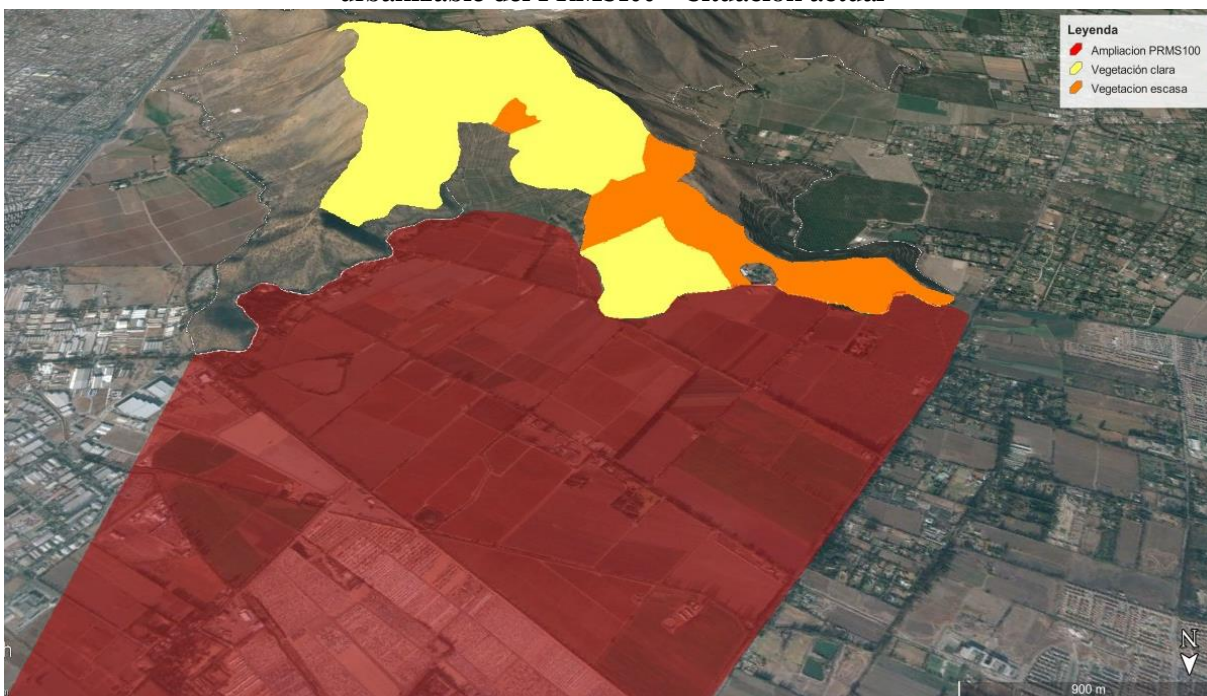


Respecto a la situación con Proyecto, la planificación considera el aumento de la cobertura vegetal prácticamente en toda la ladera norte del cerro, por consiguiente serían muy pocas las zonas en donde la vegetación se mantendría en una condición de cobertura baja (categorías de clara o escasa); 51,18 há (Figura 27).

En cuanto al cálculo de la infiltración, y usando la misma metodología del TR-55, la nueva condición permite estimar que en la situación con proyecto se infiltrarían 226.367 m³ de agua lluvia que recibe la ladera norte del cerro Chena, tomando como referencia la lluvia más intensa de los últimos 10 años, mientras que en la situación actual solo se infiltran 73.290 m³. Es decir, durante la lluvia de referencia para un período de 24 horas, se estima que actualmente escurren al menos 153.077 m³ de agua hacia la zona urbanizable que amplió el PRMS100, los que a futuro serían infiltrados por las zonas re-vegetadas por el Proyecto. Anexo a esto, también es necesario considerar que existe un importante volumen de agua que escurre desde esta ladera del cerro y que actualmente está siendo infiltrado por las 1.240 há de terrenos agrícolas que a futuro serán urbanizados, lo cual generará una impermeabilización del suelo de al menos un 50%.

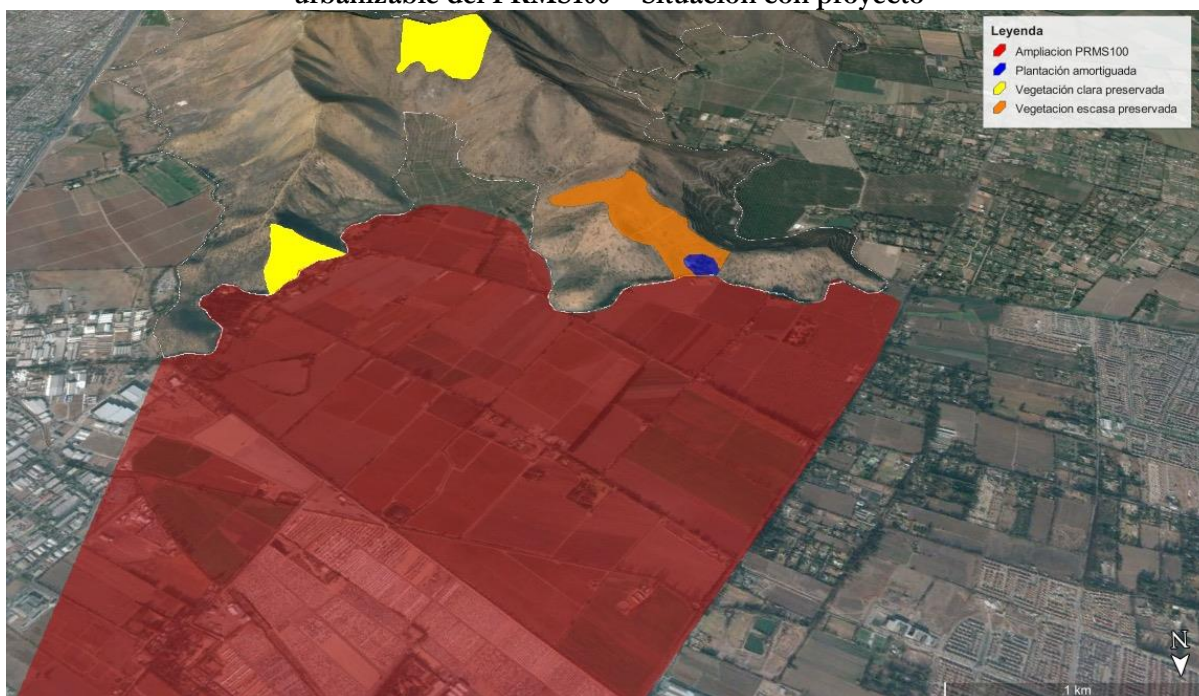
Por consiguiente, se considera importante al aumento de provisión de este SEU, con mayor relevancia aún para futuros beneficiarios que podrían habitar los terrenos ubicados frente a la ladera norte del cerro Chena.

Figura 26: Áreas de menor infiltración de aguas lluvia en ladera norte del cerro Chena y nueva zona urbanizable del PRMS100 – Situación actual



Fuente: Elaboración propia.

Figura 27: Áreas de menor infiltración de aguas lluvia en ladera norte del cerro Chena y nueva zona urbanizable del PRMS100 – Situación con proyecto

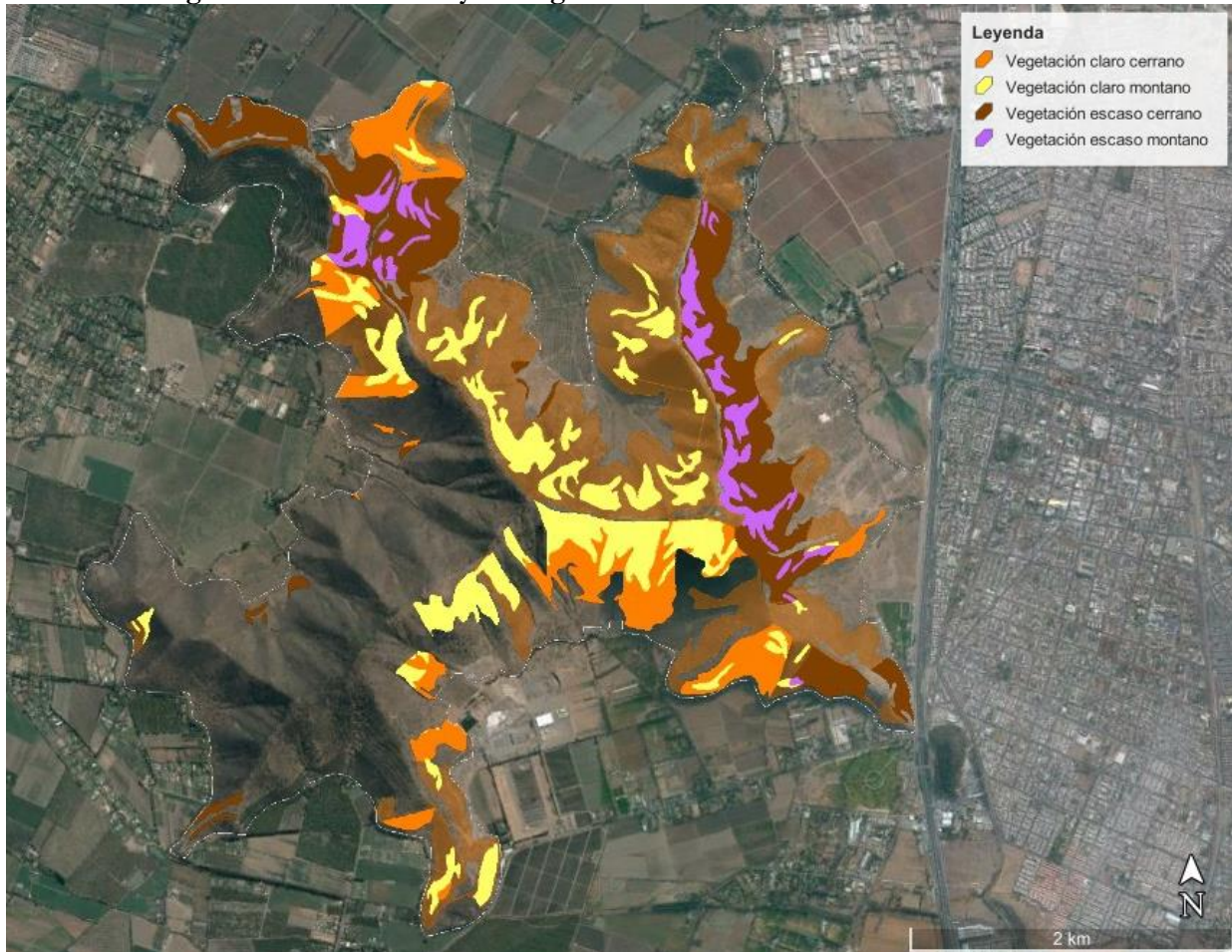


Fuente : Elaboración propia.

6.3.3 Control de la erosión

Conforme al método seleccionado, se identificaron las áreas del cerro Chena que presentaron un mayor riesgo de erosión, es decir, áreas con fuerte pendiente y un bajo nivel de cobertura vegetal. La Figura 28 muestra las áreas de mayor riesgo de activación de procesos morfodinámicos, mientras que la Tabla 20 entrega las superficies para cada categoría definida.

Figura 28: Áreas con mayor riesgo de erosión - Situación actual Cerro Chena



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 20: Áreas de mayor riesgo por comunidad vegetal, pendiente y cobertura – Situación actual
Cerro Chena**

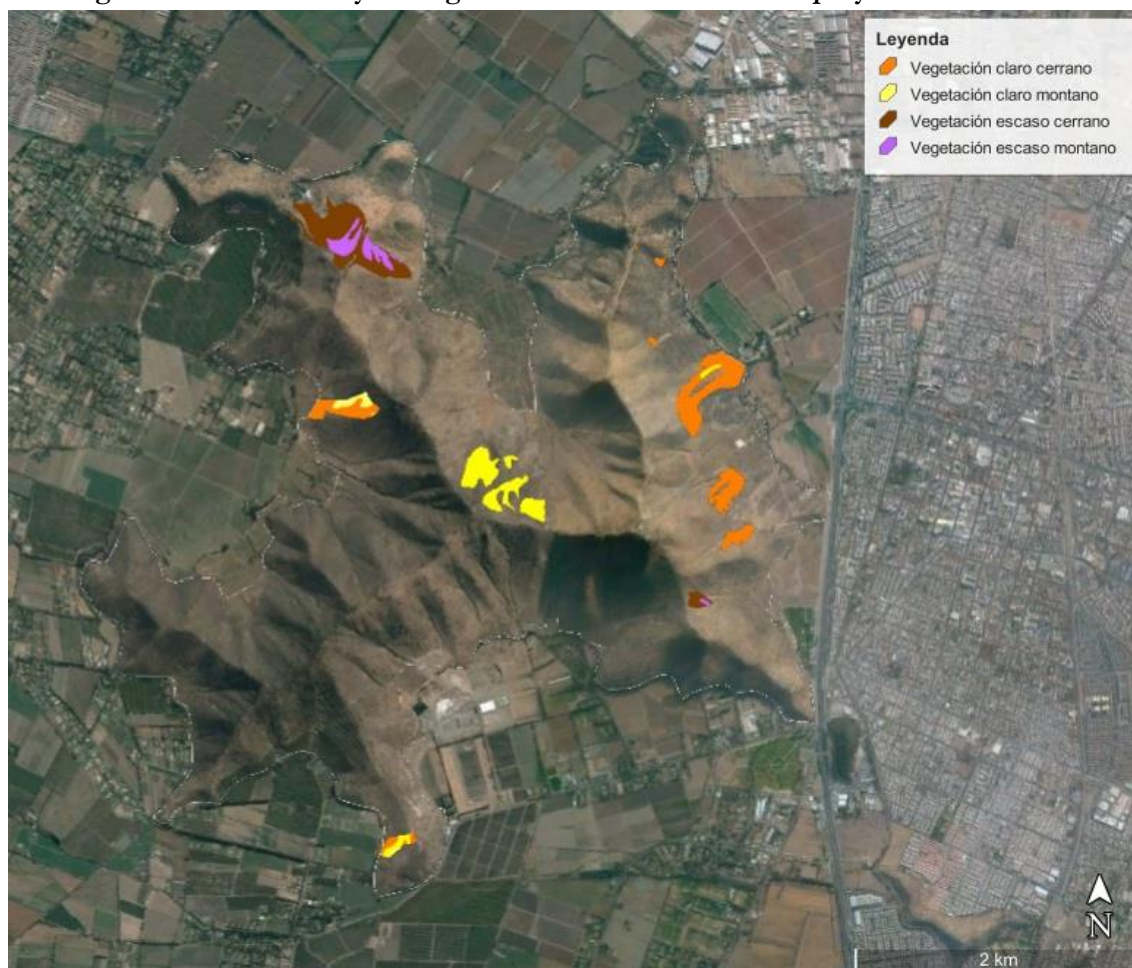
Comunidad vegetal	Pendiente	Cobertura	Áreas de Mayor Riesgo (há)
Bosque Boldo-Litre	Montano	Claro	9,39
Matorral Boldo-Tebo	Montano	Escaso	5,65
	Cerrano	Escaso	7,95
	Cerrano	Claro	17,31
Matorral Espino-Litre	Montano	Escaso	12,66
	Montano	Claro	52,96
	Cerrano	Escaso	53,44
	Cerrano	Claro	293,00
Matorral Tebo-Colliguay	Cerrano	Escaso	3,79
	Cerrano	Claro	69,54
	Montano	Claro	33,73
Pradera	Montano	Escaso	21,72
	Cerrano	Escaso	69,23
Plantación	Cerrano	Claro	4,17
TOTAL			645,14

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados obtenidos, es posible señalar que actualmente el 49,06% de la superficie total del cerro Chena presenta condiciones propicias para la activación de procesos morfodinámicos.

El Proyecto de Parque Urbano determinó áreas donde no se realizarán mejoras (preservación y amortiguamiento), por consiguiente una vez implementado el Proyecto de igual forma existirán áreas con fuertes pendientes y que presenten un bajo nivel de vegetación, las que son presentadas en la Figura 29. Por su parte, la Tabla 21 entrega el cálculo de las áreas de mayor riesgo por comunidad vegetal, cobertura y pendiente para la situación con proyecto.

Figura 29: Áreas de mayor riesgo de erosión - Situación con proyecto Cerro Chena



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21: Áreas de mayor riesgo por comunidad vegetal, pendiente y cobertura – Situación con proyecto Cerro Chena

Comunidad vegetal	Pendiente	Cobertura	Áreas de Mayor Riesgo (há)
Matorral Boldo-Tebo	Montano	Escaso	0,17
	Cerrano	Escaso	1,18
Matorral Espino-Litre	Montano	Escaso	4,38
	Montano	Claro	10,26
	Cerrano	Escaso	15,39
Matorral Tebo-Colliguay	Cerrano	Claro	20,30
	Montano	Claro	1,49
Matorral Tebo-Colliguay	Cerrano	Claro	4,03
TOTAL			57,20

Fuente: Elaboración propia

El detalle del cálculo del control de erosión se presenta en el Anexo 4.

De esta forma, se estima que el Proyecto de Parque Urbano intervendrá el 91% de las áreas del cerro que presentan un mayor riesgo de activación de procesos morfodinámicos (Tabla 22). Para estas áreas se planificaron acciones que permitirán aumentar su nivel de cobertura vegetal, y por consiguiente, disminuir la probabilidad de activación de los procesos de interés.

Tabla 22: Comparación áreas de alto riesgo de erosión en las situaciones con y sin proyecto

Zonas de Alto Riesgo	Situación Actual (há)	Situación Con Proyecto (há)	Disminución de Superficie (%)
Montano - Escaso	40,02	4,55	88%
Montano - Claro	96,07	11,75	87%
Cerrano - Escaso	134,41	16,57	87%
Cerrano - Claro	384,02	24,33	93%
TOTAL	645,14	57,20	91%

Fuente: Elaboración propia

Al igual que la infiltración de aguas lluvia, para evaluar las implicancias de la nueva provisión del SEU de control de la erosión se ha tutilizado el caso de la ladera norte del cerro Chena.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se concluye que prácticamente toda la ladera norte del cerro Chena (315,44 há) presenta zonas en donde la combinación de un bajo nivel cobertura vegetal y fuertes pendientes sugieren un mayor riesgo de activación de procesos morfodinámicos; generación de cárcavas, movimientos en masa, derrumbes, derrubios o solifluxión (Figura 30).

Estas condiciones fueron corrobórradas en visita a terreno realizada el 24 de septiembre del 2015, misma ocasión en la que pudo observarse evidencia de usos y eventos que también propician la activación de procesos de erosión, como lo son la práctica de motociclismo, el pastoreo prácticamente en toda la ladera norte y la ocurrencia de incendios (Anexo 5; Fotografías 19, 20, 21, 22 y 23). De igual forma, se identificó una quebrada estacional (Anexo 5; Fotografías 27, 28, 29 30, 31y 32) que en algunos sectores mostraba de 8 a 10 metros de profundida, la que confluye precisamente hacia la zona que amplía el PRMS100. Así mismo, se identificaron también distintos sectores con presencia de afloamientos rocosos y conos de derrubios (Anexo 5; Fotografías 24, 25 y 26).

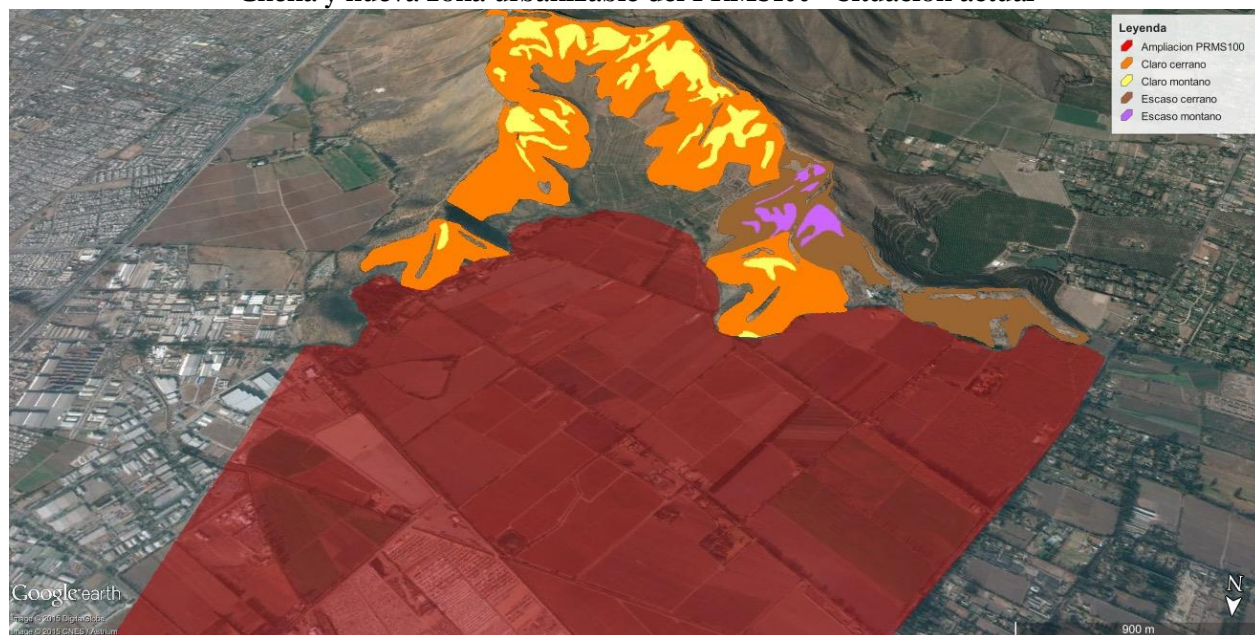
Al igual que el caso de la infiltración de aguas lluvia, es posible observar que límite de la ampliación del PRMS100 se ubica inmediatamente contíguo a zonas categorizadas con un alto riesgo de erosión. A simple vista es evidente que esta cercanía aumentaría aún más el grado de exposición al riesgo.

Con proyecto, la situación cambia considerablemente para el sector del cerro en cuestión, puesto que el aumento en la cobertura de la vegetación permitiría reducir de 315,44 há a solo 57,20 há (9%) las zonas de mayor riesgo de activación de proceos morfodinámicos, tal como se observa en la Figura 31.

Estos resultados permiten indicar que el aumento en la provisión del SEU de control de erosión es una mejora relevante del Proyecto, principalmente para los futuros habitantes de esta nueva zona urbanizable.

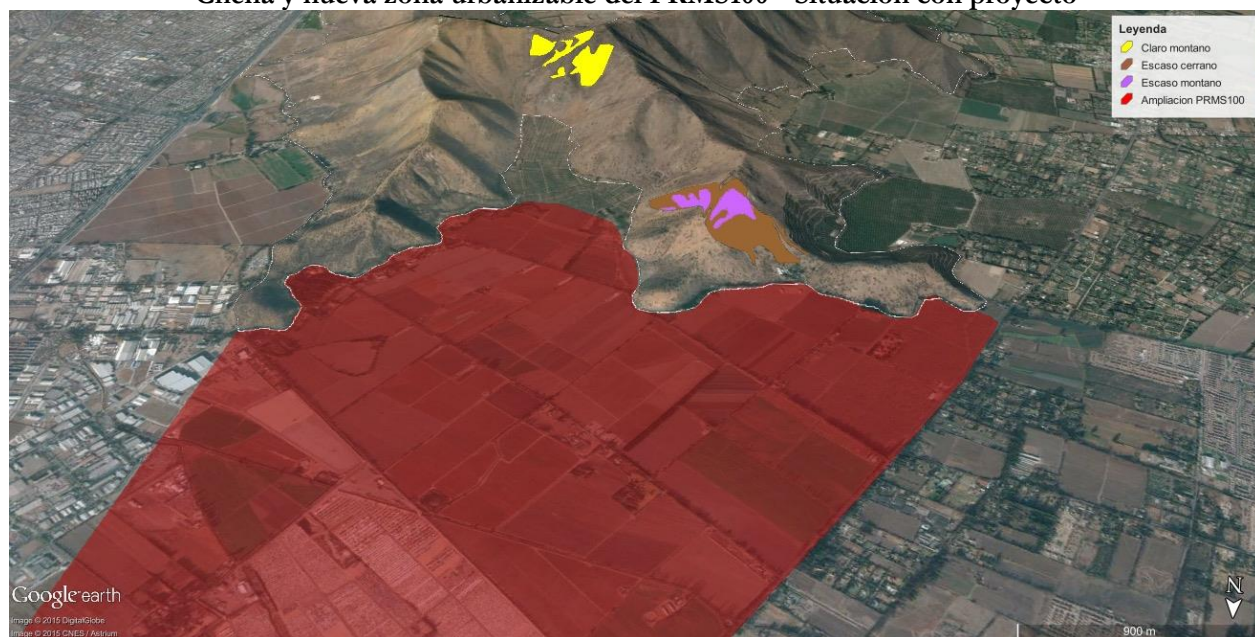
Por otra parte, cabe destacar que el Plan Indicativo desarrollado por Pérez et al. (2013), usado como base para el diseño del proyecto de Parque Urbano, propone una zona de amortiguación (ZOA) para el cerro Chena, la que es definida como las áreas ubicadas dentro o aledañas al cerro que tienen un uso actual o futuro distinto al silvestre, como por ejemplo habitacional o plantación de especies exóticas forestales/frutales. Esta ZOA tiene como objetivo el proteger la biodiversidad existente en el cerro Chena. Por su parte, el estudio de riesgos naturales también utiliza el concepto de área de amortiguación, pero con una función muy distinta que es proteger a la población de posibles eventos catastróficos provocados por la activación de procesos morfodinámicos. En definitiva, el Plan Indicativo define una zona de amortiguación que permite el uso habitacional en sectores que están expuestos a los efectos de procesos de erosión originados en el cerro Chena, lo que sin duda alguna podría causar confusiones a futuros usuarios del documento.

Figura 30: Áreas de mayor riesgo de activación de procesos morfodinámicos en ladera norte del cerro Chena y nueva zona urbanizable del PRMS100 - Situación actual



Fuente: Elaboración propia.

Figura 31: Áreas de mayor riesgo de activación de procesos morfodinámicos en ladera norte del cerro Chena y nueva zona urbanizable del PRMS100 - Situación con proyecto



Fuente: Elaboración propia.

6.4 Síntesis de Resultados

Conforme a los resultados obtenidos en el presente estudio, es posible concluir que la implementación del Proyecto de Parque Urbano propuesto por el Gobierno Local para el cerro Chena permitiría aumentar de manera importante el nivel actual de provisión de los servicios ecosistémicos urbanos de regulación de la calidad del aire (86%), infiltración de aguas lluvia (104%) y control de la erosión (91%) (Tabla 23).

Tabla 23: Síntesis de Resultados

Servicio Ecosistémico Urbano	Parámetro	Situación actual	Situación con proyecto	Mejoramiento
Regulación de la Calidad del Aire	Contaminante	ton/año	ton/año	Incremento %
	PM10	29,9	53,41	79%
	O3	11,6	22,79	96%
	CO	2,27	4,49	98%
	NO ₂	3,44	6,78	97%
	SO ₂	2,87	5,65	97%
	TOTAL	50,08	93,12	86%
Infiltración de Aguas Lluvia	Tipo de Cobertura	m³	m³	Incremento %
	Bosque Litre-Boldo	33.201,21	47.925,34	44%
	Matorral Boldo-Tebo	44.590,43	73.334,33	64%
	Matorral Espino litre	185.447,73	435.432,97	135%
	Matorral Tebo Colliguay	230.283,76	287.233,48	25%
	Plantaciones (Viñas)	59.284,65	61.893,57	4%
	Pradera	4.412,08	77.638,14	1.660%
	Parque Metropolitano	12.219,19	178.909,81	1.364%
	TOTAL	570.894,17	1.162.367,64	104%
Control de la Erosión	Zonas de Alto Riesgo	há	há	Disminución (%)
	Montano - Escaso	40,02	4,55	88%
	Montano - Claro	96,07	11,75	87%
	Cerrano - Escaso	134,41	16,57	87%
	Cerrano - Claro	384,02	24,33	93%
	TOTAL	645,14	57,2	91%

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la vegetación, se concluye que las medidas de planificación propuestas por el Proyecto aumentarían el nivel de cobertura vegetal del cerro Chena en un 98% adicional, conforme a la situación actual. El aumento de la cobertura es de tal relevancia que permitiría mejorar el índice de disponibilidad de áreas

verdes urbanas para la población ubicada en las comunas del sur de la AMS de 3,53 m² por habitante a 7,33 m² por habitante.

Desde la misma perspectiva de análisis, se indica que la implementación del Proyecto de Parque Urbano no implicaría necesariamente el aumento en la provisión de todos los SEU. Un claro ejemplo de ello es la provisión de alimentos, puesto que actualmente el Ejército de Chile utiliza 412,70 há de suelo para el cultivo de papas, las que abastecen a los distintos regimientos de la Región Metropolitana. Por su parte, la planificación del Proyecto contempla destinar esa misma zona para ampliar el actual Parque Metropolitano Sur, lo que implicaría la pérdida del SEU de provisión de alimentos del área en cuestión, y específicamente de una producción estimada en aproximadamente 10.730,02 toneladas anuales de papas (ODEPA, 2014). Esta situación es un claro reflejo en el cual la toma de decisiones permitiría maximizar o disminuir la provisión de distintos SEU, donde lo importante es contar con la información necesaria que permita tomar la mejor decisión.

En base al esquema desarrollado en el marco del MEA (2005) que refleja las relaciones existentes entre los servicios ecosistémicos y el bienestar humano (Figura 1), la presente cuantificación de SEU permite concluir que la implementación del Proyecto aumentaría la provisión de los servicios de regulación aquí estudiados incrementando así la intensidad de conexión con los componentes del bienestar humano categorizados en las dimensiones de seguridad y salud, es decir, la implementación del Proyecto permitiría mejorar la calidad de vida al aumentar los niveles de seguridad y salud de la población receptora.

7 DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la presente investigación, es decir, el importante aumento en la provisión de los SEU medidos que implicaría la implementación exitosa del Parque Urbano en el cerro Chena, son consistentes con resultados obtenidos en estudios previos; Escobedo y Nowak (2009) determinaron que para el AMS uno de los factores más relevante en la remoción de contaminantes atmosféricos es la superficie de cobertura vegetal, y en especial de árboles y arbustos. De igual forma determinaron que las AVU de la AMS fueron más efectivas en la remoción del PM10, por sobre otros contaminantes atmosféricos. Respecto a la capacidad de infiltración de aguas lluvia, Keeley et. al. (2013) indican que las AVU de gran tamaño contribuyen más efectivamente a la regulación de las inundaciones ya que mantienen una alta permeabilidad del suelo y su capacidad de infiltración. Por su parte, Romero y Vásquez (2005) determinaron que la cobertura vegetal situada en las laderas de las cuencas del piedemonte andino de Santiago contribuye a la retención del suelo y a la disminución del riesgo de procesos de remoción en masa.

Como ya antes ha sido mencionado, el estudio de los SEU es una disciplina incipiente con investigaciones a partir recién desde el año 1975, con un total de 217 estudios a nivel mundial; la mayoría de ellos en el hemisferio norte y solo 5 estudios realizados en Chile (Hasse et al, 2014). De esta forma la presente tesis contribuye con nuevo y necesario conocimiento sobre el estado actual y futuro de los SEU en la AMS, y a su vez destacándose como el primer ejercicio de cuantificación de SEU realizado en un proyecto de parque urbano. Asimismo la tesis entrega nuevo conocimiento sobre los cerros isla de la AMS y reafirma las potencialidades de estos espacios urbanos disponibles y que actualmente han sido poco aprovechados.

Respecto a los SEU seleccionados, prácticamente el 50% de las investigaciones realizadas a nivel mundial han enfocado su estudio en los servicios de regulación (Hasse et al, 2014). Por consiguiente, la presente tesis sigue la tendencia de las investigaciones realizadas al poner su foco en los SEU de regulación. No obstante, la mayor parte de los servicios de regulación investigados se han centrado en el clima local, la regulación de la calidad del aire y el secuestro y almacenamiento de carbono (Hasse et al, 2014). Por ende, el estudio de la infiltración de aguas lluvia y el control de la erosión, viene a ser un aporte novedoso respecto de los estudios publicados en la literatura científica.

De igual forma, el 60% de los estudios realizados se ha centrado en un (1) SEU. La mayoría de las investigaciones identifican o cuantifican los SEU a escala regional o de la ciudad vinculados a cambios en los usos del suelo producto de la urbanización, mientras que sólo cinco investigaciones presentan resultados de análisis a escala de barrio o sitio (Hasse et al, 2014). La presente investigación abordó en paralelo el estudio de tres (3) SEU, y entregó algunos resultados a escala de barrio, en lo que se refiere a la nueva zona urbanizable que ampliará el PMR100, y escala de sitio que corresponde al Cerro Chena.

En tanto al proceso de cuantificación, es destacable de mencionar que aunque se utilizaron metodologías distintas para cada SEU evaluado, las que consideraron factores y correlaciones igualmente distintas entre sí, el nivel de cobertura vegetal se destaca como un factor común y a la vez se realza por sobre los demás factores respecto a su influencia en el aumento o disminución del nivel de provisión final. De esta forma, es posible afirmar que en el Cerro Chena la cobertura vegetal juega un papel preponderante en la provisión de los SEU en estudio, y por consiguiente es importante su consideración a la hora de asegurar su provisión y mantenimiento en el largo plazo.

Tomando en consideración que la provisión de los SEU en estudio depende fuertemente de la cobertura vegetal, es esperable que la implementación exitosa del Proyecto logre que los beneficios esperados sean efectivamente recibidos por la población, es decir; asegurando el éxito de las reforestaciones es esperable obtener impactos positivos en la comunidad. Esto se apoya además en casos de restauraciones forestales exitosas realizadas en la AMS con condiciones similares a las del cerro Chena, a saber el caso del Bosque de Santiago.

Por otra parte, los resultados muestran la multifuncionalidad de la vegetación en el contexto territorial urbano, donde el incremento de la cobertura vegetal genera incrementos en diversos SEU, de los cuales el estudio solo cuantificó algunos.

Respecto al ámbito académico, cualquier tipo de investigación requiere de contar con la información suficiente que permita llegar a resultados robustos, y en este caso el estudio de SEU no es la excepción. Dicho esto, se estima que la limitada información disponible sobre AVU ha influido en la escasa investigación existente sobre SEU, tanto en el hemisferio sur como en Chile (Haase et al., 2014). Un ejemplo claro de ello es el software i-Tree, plataforma desarrollada por el USDA que si bien permite obtener un sinnúmero de resultados para la medición de los distintos SEU asociados a AVU, a su vez requiere de numerosos datos de entrada, bastante detallados y específicos para cada caso de estudio (altura de árboles, diámetro de troncos, cobertura del dosel, superficie de la hoja, edad y estado fitosanitario del árbol, entre otros). Además, la información de base que contiene el software, y que es necesaria para realizar las modelaciones (precipitaciones, temperaturas, factores de remoción de contaminantes de especies vegetales, entre otros), corresponde a data climática y de especies abundantes en USA, Canadá y Australia, por consiguiente cualquier investigación a realizarse fuera de estos países implica ejecutar previamente un trabajo de adaptación de la información de base, antes de hacer cualquier cálculo. En ese sentido, la principal contribución de la presente tesis es aplicar las metodologías escogidas y establecerlas como herramientas de análisis posibles de utilizar por investigadores locales, al tratarse de procesos amigables y que permiten llegar a resultados concretos cuando la información disponible es acotada.

En tanto a las metodologías escogidas, es importante recalcar que los enfoques para el análisis y la evaluación de los SEU son relativamente nuevos y aún en evolución (Hasse et al, 2014; TEEB 2005a). Respecto a su robustez, se estima que estas entregan un nivel de confianza suficiente respecto de los objetivos propuestos por la investigación; El TR-55 es una metodología desarrollada por un organismo de alto prestigio a nivel mundial (USDA) y ha sido utilizada por más de 40 años, incorporando actualizaciones en base a investigaciones recientes y a la experiencia adquirida en el uso del método. Reconociendo su robustez, es mencionable que la pendiente no es considerada como un factor más del método; Por su parte, la metodología utilizada para el cálculo de remoción de contaminantes atmosféricos es una adaptación local realizada por Escobedo & Nowak (2009) del modelo UFORE, precedente del modelo i-Tree, mundialmente validado y desarrollado hace 15 años también por el USDA; En cuanto a la metodología utilizada para cuantificar el control de la erosión, corresponde a una propuesta propia que utiliza información de pendientes y la relaciona con los niveles de cobertura vegetal. Si bien se trata de una nueva propuesta metodológica, esta se ha basado en los umbrales de pendientes definidos por Castro et al. (1995) para el desencadenamiento de procesos los morfodinámicos de interés, clasificación igualmente validada por la academia. Este último método es quizás el más débil de los utilizados, sin embargo se estima es capaz de entregar una buena aproximación para efectos de la cuantificación del SEU en estudio.

No obstante se estima es necesario progresar en el estudio de la infraestructura verde presente en la AMS, respecto de su estructura, tamaño, tipo, entre otros. La AMS es bastante extensa, por consiguiente los problemas ambientales son muy distintos según el sector de la ciudad, lo que demuestra la necesidad de bajar la escala de estudio para llegar a resultados más certeros respecto a los reales beneficios que recibe la población, por ejemplo el cómo se refleja el mejoramiento de la calidad del aire a escala de peatón y no solo a nivel de ciudad.

A nivel de Gobierno Local, y en el entendido que el Proyecto de Parque Urbano desarrollado corresponde solo a una propuesta inicial de ideas, su presentación no destacó la amplia gama de beneficios aportados por los SEU, y en especial por los abordados en la presente investigación. De ahí que el estudio de los SEU viene a entregar un campo de análisis capaz de hacerse cargo de esta falencia y a la vez, ser un aporte concreto para el Gobierno Local para la toma de decisiones futuras basadas en evidencia científica, ayudando a identificar y priorizar las medidas, a realizar el seguimiento del progreso hacia los objetivos y comunicar con eficacia el valor de los SEU.

A modo de ejemplo, si bien es probable que actualmente los procesos de erosión e inundaciones generadas en sectores colindantes al cerro Chena no afecten a gran parte de la población local, la zona que amplió el PRMS100 y que permite el desarrollo de urbanizaciones inmediatamente al norte del cerro podría cambiar esta condición. Por consiguiente, es importante contar con la información necesaria que permita tomar decisiones

acertadas y en forma oportuna durante la futura planificación de esta zona. En ese sentido la tesis entrega argumentos sólidos para generar anticipadamente medidas destinadas al control de la erosión y la prevención de inundaciones.

De igual forma, los resultados, y en específico la cuantificación de SEU, entregan argumentos concretos que facilitan la comunicación con la población local sobre beneficios que reciben de las AVU y que resultan difíciles de explicar.

En el ámbito del Gobierno Regional Metropolitano, este organismo tiene la atribución de elaborar y aprobar políticas, planes y programas de desarrollo para la región y a su vez resolver sobre la inversión de los recursos que a la región le corresponden del Fondo Nacional de Desarrollo Regional. En ese sentido, los resultados obtenidos contribuyen en la justificación de equidad, eficiencia y eficacia en la asignación y uso de los recursos públicos respecto de las recientes decisiones de financiamiento de la Intendencia Metropolitana en ejercicio, y en específico de la generación de políticas públicas en pos de la recuperación de los cerros isla, cuyo objetivo principal es lograr un desarrollo territorial armónico y equitativo.

Si bien hay certeza en que la implementación de un Parque Urbano de estas características implicará cuantiosos beneficios a los habitantes de las áreas circundantes, es importante contar con cifras que informen respecto del orden de magnitud de dichos beneficios para así permitir una toma de decisiones mejor orientada; conocer la magnitud de los beneficios es indispensable para la toma de decisiones en los procesos de inversión pública. Esto es particularmente relevante en instancias donde intervienen tomadores de decisiones que no necesariamente conocen o tienen herramientas para cuantificar el potencial total de estas áreas como alternativas en pro de una mejor calidad de vida de hombres y mujeres que viven en la región.

Respecto a futuros proyectos, la Intendencia Metropolitana ha declarado abiertamente su intención continuar con el desarrollo de políticas enfocadas a la recuperación territorial de al menos los 3 cerros isla (Renca, Blanco y Ballena) que participaron del concurso impulsado por el mismo organismo. Por consiguiente, la presente investigación viene a ser una oportunidad para futuros desarrolladores para la realización de estimaciones, la toma de decisiones de manera informada y la presentación y justificación de los beneficios de aportados por futuros proyectos a desarrollarse en los restantes 25 cerros islas insertos en la Región Metropolitana.

A nivel nacional, el concepto de SEU aún no ha sido reconocido adecuadamente por parte de los planificadores del territorio y tomadores de decisión. Es probable que la falta de instancias formales y sistemáticas donde se discuta su relevancia contribuya a este desconocimiento y falta de posicionamiento. En ese sentido, se estima que la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE), instaurada a partir del año 2010 a

través de la promulgación de la Ley 20.417, viene a entregar un marco de acción y contexto institucional que permita la consideración de los SEU en el ordenamiento territorial.

Este instrumento de gestión ambiental tiene como objetivo mejorar la integración de la dimensión ambiental en los procesos de toma de decisiones estratégicas, vinculados al diseño, elaboración e implementación de políticas, planes y programas públicos tales como; planes regionales de ordenamiento territorial, planes intercomunales, planes reguladores comunales y planes seccionales, planes de desarrollo urbano y zonificaciones del borde costero y del territorio marítimo (Ley 20.417, 2010).

La EAE permitiría incluir el concepto de SEU en instancias de planificación formales ya existentes. Su adecuada gestión permitiría asegurar la provisión de SEU en la etapa temprana de la toma de decisiones, a niveles más altos de decisión política-estratégica institucional y a través del diálogo entre los diversos actores públicos y privados.

8 BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, M. (2010). Tesis de Grado; Revisión de los modelos CITYgreen, i-Tree Tools ECO y i-Tree Tools Streets, como herramientas para la cuantificación de los servicios ecosistémicos prestados por el arbolado urbano de Bogotá. *Pontificia Universidad Javeriana, Carrera de Ecología*.
- Araya, J. & Borgel, R. (1972). Definición de parámetros para establecer un banco nacional de riesgos y amenazas naturales criterios para su diseño. Onemi/PNUD/Universidad de Chile.
- Balmford, A. (2003). Conservation planning in the real world: South Africa shows the way. *Trends in Ecology & Evolution, Volume 18, Issue 9*, 435–438.
- Balvanera, P., & Cotler, H. (2007). Acercamientos al estudio de los servicios ecosistémicos. *Gaceta Ecológica Número Especial*, 8-15.
- Bascuñán, F., Walker, P. & Mastrantonio, J. (2007). Modelo de cálculo de áreas verdes en planificación urbana desde la densidad habitacional. *Urbano 10*, 97-101.
- Bolund, P., & Hunhammar, S. (1999). Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics 29*, 293–301.
- Camacho Valdez, V., & Luna, R. (2012). Marco conceptual y clasificación de los servicios ecosistémicos. *Bio Ciencias*.
- Castro C.; Brignardello L. & Cereceda T. (1995): Determinación de áreas con riesgo morfodinámico en San Juan Bautista, Isla Robinson Crusoe, comuna de Juan Fernández, V Región. *Revista Geográfica de Chile Terra Australis 40*.
- Chávez, C. 2005. Amenazas naturales en media y baja montaña asociadas al corredor de comercio Las Leñas, VI Región del Libertador Bernardo O'higgins". Memoria de Título. Escuela de Geografía, Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- Chiesura, A. (2004). The role of urban parks for the sustainable city. *Landscape and Urban Planning 68*, 129–138.
- Cilliers, S., Cilliers, J., Lubbe, R., & Siebert, S. (2013). Ecosystem services of urban green spaces in African countries-perspectives and challenges. *Urban Ecosyst 16*, 681–702 .
- Constanza, R., & Daly, H. (1992). Natural capital and sustainable development. *Conservation Biology 6*, 37-40.
- COREMA. (12 de Mayo de 2005). Resolución Exenta 184/2005. Estrategia para la conservación de la biodiversidad de la Región Metropolitana. Santiago, Región Metropolitana, Chile.
- De Groot, R., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L., & Willemsen, L. (2010). Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological Complexity, Vol. 7, No 3*, 260-272.
- De Groot, R., Wilson, M., & Boumans, R. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics, Volume 41, Issue 3*, 393–408.
- De la Barrera, F. (2012). La transformación del paisaje rural-urbano y su efecto sobre los servicios ecosistémicos en una microcuenca de Santiago, Chile. *Tesis Doctoral*. Barcelona, España.

- De la Maza, C. H. (2002). Vegetation diversity in the Santiago de Chile urban ecosystem. *Arboricultural Journal*, Vol. 26, Issue 4, 347-357.
- Días, J. (2011). Material de Clases de Geología. Tema 11, Procesos de ladera. Universidad de Cantabria, España.
- Dirección Meteorológica de Chile (2015). *Productos climatológicos actuales e históricos*. Recuperado el 26 de Agosto de 2015, de <http://164.77.222.61/climatologia/>
- Escobedo, F. y Chacalo, A. (2008). Estimación preliminar de la descontaminación atmosférica por el arbolado urbano de Ciudad de México. *INCI [online]*, 2008, Vol. 33, No 1, 29-32.
- Escobedo, F., & Nowak, D. (2009). Spatial heterogeneity and air pollution removal by an urban forest. *Landscape & Urban Planning* 9, 102-110.
- FAO. (2001). *Creación y fortalecimiento de sumideros de carbono*. Recuperado el 24 de Junio de 2014, de <http://www.fao.org/ag/aginfo/programmes/es/lead/toolbox/Grazing/CarbonSq.htm>
- Fernández, I. (Octubre de 2008). Tesis de magíster en recursos naturales. Consecuencias ecológicas de la fragmentación por desarrollos urbanos sobre parches de remanentes de hábitat naturales. Santiago, Chile. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Fernández, I. (2009). Recuperación de los cerros isla: ¿Una solución para los problemas de Santiago? *Ambiente Total ISSN 0717.9839 Año 2, No 3. Centro de Estudios Arquitectónicos, Urbanísticos y de Paisaje CEAUP*, 1-12.
- Forray, R., Arellano, E., Picón, C., Fernández, I., Besa, A., Lefranc, E., y otros. (2012). *Propuestas para Chile, Capítulo VI; Integración de los cerros isla al sistema de áreas verdes de Santiago 2011*. Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Keeley, M., Koburger, A., Dolowitz, D., Medearis, D., Nickel, D., Shuster, W. (2013). Perspectives on the use of green infrastructure for stormwater management in Cleveland and Milwaukee. *Environmental Management* 51, 1093–1108.
- García, S., & Guerrero, M. (2006). Indicadores de sustentabilidad ambiental en la gestión de espacios verdes, parque urbano Monte Calvario, Tandil, Argentina. *Revista de Geografía Norte Grande* 35, 45-57.
- Gómez F. (2005). Las áreas verdes como factor de calidad de vida en las ciudades, Valencia, España. *Revista Ciudad y Territorio Vol. 37, N° 144*, 417-436.
- Gómez-Baggethun, E., Gren, A., Barton, D., Langemeyer, J., McPhearson, T., O'Farrell, P. A., y otros. (2013). Urban ecosystem services urbanization. *Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities, Chapter 11*, 175-251.
- Haase, D. et al. (2014). A quantitative review of urban ecosystem service assessments: concepts, models, and implementation. *AMBIO* 43, 413-433.
- Hauser, A. (1993). Remociones en masa en Chile. Servicio Nacional de Geología y Minería, Santiago. *Boletín* 45, 7-29.
- Hernández, J. (2007). La situación del arbolado urbano en Santiago. *Revista Ambiente Forestal* 3, 14-16.

- I. Municipalidad de Calera de Tango. (2008). Plan de acción "Pucarás del Maipo" 2009-2013.
- I. Municipalidades de San Bernardo y Calera de Tango. (Octubre de 2014). Propuesta Parque Metropolitano cerro Chena. Santiago, Región Metropolitana, Chile.
- IEMA. (2013). *Informe del Estado del Medio Ambiente*. Santiago de Chile: Ministerio del Medio Ambiente.
- INE. (2002). *Proyecciones y Estimaciones de Población 1990-2020, País y Regiones*. Santiago de Chile: CEPAL, Número 208.
- Krellenberg, K. et al. (2013). Flood and heat hazards in the Metropolitan Region of Santiago de Chile and the socio-economics of exposure. *Applied Geography* 38, 86-95.
- Lara, M., & Sepúlveda, S. (2008). *Remociones en masa*. Apuntes del curso. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile, Departamento de Geología .
- Laterra, P., & Nahuelhual, L. (2013). Conceptos, aproximaciones metodológicas y casos. *Evaluación y mapeo de servicios ecosistémicos en paisajes rurales*. Universidad Austral, Valdivia, Chile .
- Ley 20.417 (2010). Crea el Ministerio, el Servicio de Evaluación Ambiental y la Superintendencia del Medio Ambiente. Ministerio General de la Presidencia
- Mackenney, Ö., & Ulriksen, K. (2009). Cerros isla en la memoria colectiva de Santiago. *Lecturas Readings*, 88-91.
- Max-Neef, M. (1994). Desarrollo a escala humana. Conceptos, aplicaciones y algunas reflexiones. Editorial Nordan – Comunidad, Montevideo, Uruguay.
- McPherson, E.G., Nowak, D., Heisler, G., Grimmond, S., Souch, C., Grant, R., Rowntree, R. (1997). Quantifying urban forest structure, function and value: the Chicago urban forest climate project. *Urban Ecosystems* 1, 49-61.
- MEA. (2005). *Millennium Ecosystem Assessment; Synthesis Ecosystems and Human Well-being*. Washington, DC.: Island Press.
- MESINA, A. (2003). Análisis del sistema físico natural en la detección de peligros naturales: definición de áreas de riesgo naturales: corredor comercial Paso Doña Rosa, IV Región de Coquimbo. Memoria para optar al título de geógrafo Universidad de Chile. Santiago.
- Mittermeier, R., Gil, P., Hoffmann, M., & Pilgrim, J. (2004). *Hotspots revisited. earth's biologically wealthiest and most threatened ecosystem*. México: Cemex.
- MMA. (2014). *Ministerio del Medio Ambiente*. Recuperado el 26 de Junio de 2014, de <http://www.mma.gob.cl/1304/w3-propertyvalue-12821.html>
- Nahlíka, A., Kentula, M., Fennessy, S., & Landers, D. (2012). Where is the consensus? A proposed foundation for moving ecosystem service concepts into practice. *Ecological Economics* 77, 27–35.
- Naranjo, J.A. & Varela, J. (1996). Flujos de detritos y barro que afectaron el sector oriente de Santiago el 3 de mayo de 1993. *Servicio Nacional de Geología y Minería, Boletín* 47.

- National Resources Conservation Services de los Estados Unidos (NRCS) (2002). Part 630. Hydrology. National Engineering Handbook. Washington D.C. United States Department of Agriculture (USDA), Technical Release 55, June 1986. Urban hydrology for small watersheds.
- Niemelä, J., S-R., S., Söderman, T., Kopperoinen, L., Yli-Pelkonen, V., Väre, S., y otros. (2010). Using the ecosystem approach for better planning and conservation of urban green spaces: a Finland case study. *Biodivers Conserv* 19, 3225–3243.
- ODEPA. (2014). Ficha técnico-económica papa cuaresmera Región Metropolitana. Ministerio de Agricultura; Gobierno de Chile.
- Orellana, A. et. al. (2015). *ICVU 2014. Calidad de vida urbana en Chile*. Santiago de Chile: Instituto de Estudios Urbanos, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Orellana, A. et. al. (2014). *ICVU 2013. Calidad de vida urbana en Chile*. Santiago de Chile: Instituto de Estudios Urbanos, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Orellana, A. et. al. (2012). *ICVU 2002 – ICVU 2012 Calidad de vida urbana en Chile*. Santiago de Chile: Instituto de Estudios Urbanos, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Organización Santiago Cerros Isla. (s.f.). *Santiago Cerros Isla*. Recuperado el 2 de Septiembre de 2014, de <http://www.santiagocerrosisla.cl/#!fundamento/c98d>
- Pataki, D., Carreiro, M., Cherrier, J., Grulke, N., Jennings, V., y otros. (2011). Coupling biogeochemical cycles in urban environments: ecosystem services, green solutions, and misconceptions. *Frontiers in Ecology and the Environment* 2011; Vol. 9, Issue 1, 27-36.
- Pérez, J., Valdés, A., & Ulloa, J. (2013). *Valor biológico, servicios ecosistémicos y plan indicativo de los sitios prioritarios cerros de Loquén y Chena*. Santiago de Chile: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Laboratorio de Ecología de Ecosistemas (LECS).
- Política Nacional de Desarrollo Urbano. (2013). Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.
- PPDA. (2010). Revisa, reformula y actualiza plan de prevención y descontaminación para la Región Metropolitana (PPDA). Santiago, Chile: Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.
- Priego, C. (2002) Beneficios del arbolado urbano. Ensayo Doctorado. Centro de Ciencias Ambientales EULA-Chile, Universidad de Concepción.
- Reyes, S., & Figueroa, I. (2010). Distribución, superficie y accesibilidad de las áreas verdes en Santiago de Chile. *EURE, Vol. 36, No 109*, 89-110.
- Robert Costanza, R. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Natura* 387, 253-260.
- Romero, H., & Vásquez, A. (2005). Evaluación ambiental del proceso de urbanización de las cuencas del piedemonte andino de Santiago de Chile. *EURE, Vol. 31, No 94*, 97-118.

- Romero, H., Fuentes, C., & Smith, P. (2010). Ecología política de los riesgos naturales y de la contaminación ambiental en Santiago de Chile. Necesidad de justicia ambiental. *Scripta Nova, Universidad de Barcelona. ISSN Vol. XIV, No 331 (52)*, 1138-9788.
- Selby, M.J. (1993). Hillslope materials and processes. Second Edition, Oxford University Press.
- Sorensen, M., Barzetti, V., Keipi, K., & Williams, J. (1997). *Manejo de las áreas verdes urbanas*. Washington, D.C. : Banco Interamericano de Desarrollo.
- Stehberg, R. (2006). En torno al simbolismo del Pucará de Chena. *DU&P. Universidad Central de Chile 9 (3)*.
- TEEB. (2008). *The Economics of Ecosystems and Biodiversity*. PNUMA.
- UNFPA. (2013). *El Estado de la Población Mundial*. División de Información y Relaciones Externas del UNFPA, Fondo de Población de las Naciones Unidas.
- Universidad de Chile. (2010). *Informe país del estado del medio ambiente en Chile*. Santiago de Chile: Centro de Análisis de Políticas Públicas.
- Urzúa, A., Caqueo-Úrizar, A. (2012). Calidad de vida: Una revisión teórica del concepto. *Terapia Psicológica, Vol. 30, N° 1*, 61-71.
- USDA. (1986). *Urban Hydrology for small waterheds, TR-55*. Conservation Engineering Division del Departamento de Agricultura de Estados Unidos.
- USDA. (2014). *I-Tree Tools*. Recuperado el 10 de junio de 2014, de <http://www.itreetools.org/>
- Wang X.J., (2009). Analysis of problems in urban green space system planning in China. *Journal of Forestry Research 20*, 79-82.

ANEXOS