



UNIVERSIDAD DE CHILE

Facultad de Arquitectura y Urbanismo

Escuela de Geografía

**CAMBIO EN LAS COBERTURAS DE SUELO Y SU IMPACTO SOBRE LAS  
FUNCIONES Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN EL ÁREA METROPOLITANA  
DE CONCEPCIÓN, PERIODO 1986-2015.**

Memoria para optar al título de Geógrafo

**RODRIGO EDUARDO MEZA MENARES**

**Profesor Guía: Dr. Alexis Emir Vásquez Fuentes  
SANTIAGO, CHILE  
2017**

Cambio en las coberturas de suelo y su impacto sobre las funciones y servicios ecosistémicos en el área metropolitana de concepción, periodo 1986-2015.

*Al final... ¡nada de esto importa!*

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, quiero agradecer el apoyo incondicional que he recibido de mis padres y mi familia durante todos estos años de carrera, sin ellos nada de esto hubiera sido posible.

También quiero agradecer encarecidamente a mi profesor guía Alexis Vásquez por su paciencia y apoyo para conmigo, ¡gracias profe! por toda su ayuda y perseverancia para sacar este trabajo adelante.

A mis amigos y amigas que estuvieron conmigo dándome apoyo y motivación, quisiera nombrarlos a todos pero se me hace difícil... mencionaré especialmente a mi amiga Eli que siempre me transmitió sus buenas vibras, a mis amigas Mane y Javi con las cuales compartimos todos estos años de esfuerzo y sacrificio juntos; reímos, lloramos, discutimos, nos estresamos, etc. etc. etc. Pero al final, siempre estuvimos juntos en todas y ahora estamos obteniendo los frutos de nuestro arduo trabajo.

A mis compañeros del Laboratorio de Medioambiente y Territorio los cuales fueron un grupo humano excelente con los cuales compartimos durante todo este transcurso, mejores compañeros imposible.

También quiero hacer una mención especial para mi amiga Myriam quien me apoyó en estos últimos años de estudio y trabajo, vivimos momentos realmente únicos y me ha dado consejos y lecciones de vida que los atesoraré por siempre, ¡gracias amiga!

Finalmente quiero hacer una suerte de agradecimiento y dedicatoria al fallecido cantante Chester Bennington, la música es un elemento importante en nuestras vidas y tu música me acompañó durante toda mi vida y en este proceso no fue la excepción.

Gracias a todos y a todas por el constante apoyo recibido y por sus buenas energías!

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>1. RESUMEN</b> .....	1
1.1 ABSTRAC .....	2
<b>2. INTRODUCCIÓN</b> .....	4
2.1 <b>OBJETIVO GENERAL</b> .....	9
2.2 <b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	9
<b>3. MARCO TEÓRICO</b> .....	10
3.1 <b>CAMBIOS EN LAS COBERTURAS DE SUELO</b> .....	10
3.2 <b>ECOLOGÍA DEL PAISAJE</b> .....	13
3.3 <b>EVALUACIÓN Y MAPEO DE FUNCIONES Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS</b> .....	15
3.3.1 Metodologías de evaluación y mapeo de funciones y servicios ecosistémicos: Caso Latinoamericano. ....	17
3.3.1.1 Caso de Argentina: Proyecto ECOSER .....	18
3.3.1.2 Caso de Colombia: Aplicación de una metodología de evaluación participativa. ....	20
3.3.1.3 Caso de Chile: Aplicación de InVEST y análisis espacial multicriterio....	21
3.3.2 Metodologías de evaluación y mapeo de funciones y servicios ecosistémicos: Caso Europeo .....	23
3.3.2.1 Proyecto InVEST .....	25
3.3.2.2 Caso de España: Plan de Infraestructura Verde de Vitoria-Gasteiz.....	26
3.3.2.3 Caso de Alemania: Metodología de matrices para el mapeo y evaluación de funciones y servicios ecosistémicos.....	27
<b>4. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	31
4.1 <b>ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	31
4.2 <b>METODOLOGÍA</b> .....	33
4.2.1 Determinación de los cambios de las coberturas de suelo.....	35
4.2.1.1 Definición de tipología de coberturas de suelo y obtención de imágenes satelitales.....	35
4.2.1.2 Fotointerpretación.....	37
4.2.2 Análisis del cambio en la estructura espacial del paisaje .....	38

4.2.2.1 Métricas del paisaje.....	38
4.2.3 Evaluación del potencial para sostener y proveer funciones y servicios ecosistémicos.....	40
4.2.3.1 Matriz de evaluación a través de la consulta a expertos.....	40
4.2.3.2 Estandarización binaria de los valores de la Matriz.....	43
<b>5. RESULTADOS</b> .....	<b>44</b>
<b>5.1 CAMBIOS GENERALES EN LAS COBERTURAS DE SUELO</b> .....	<b>44</b>
5.1.1 Coberturas de suelo con tendencia al alza de sus superficies.....	48
5.1.2 Coberturas de suelo con tendencia a la baja de sus superficies.....	52
5.1.3 Coberturas de suelo con alzas y bajas de sus superficies.....	53
5.1.4 Coberturas de suelo sin cambios en sus superficies.....	57
5.1.5 Proporción de cambios en las coberturas de suelo dentro del paisaje, periodo 1986-2001.....	58
5.1.6 Proporción de cambios en las coberturas de suelo dentro del paisaje, periodo 2001-2004.....	60
5.1.7 Proporción de cambios en las coberturas de suelo dentro del paisaje, periodo 2004-2015.....	63
<b>5.2 EVALUACIÓN DE FUNCIONES Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS</b> .....	<b>65</b>
5.2.1 Matriz final de funciones y servicios ecosistémicos.....	65
<b>5.2.2 PROVISIÓN POTENCIAL DE FUNCIONES ECOSISTÉMICAS</b> .....	<b>69</b>
5.2.2.1 Superficie afectada y cambios en el número de FE, periodo 1986-2001.....	71
5.2.2.2 Superficie afectada y cambios en el número de FE, periodo 2001-2004.....	72
5.2.2.3 Superficie afectada y cambios en el número de FE, periodo 2004-2015.....	74
<b>5.2.3 PROVISIÓN POTENCIAL DE SE DE PROVISIÓN</b> .....	<b>75</b>
5.2.3.1 Superficie afectada y cambios en el número de SE de provisión, periodo 1986-2001.....	76
5.2.3.2 Superficie afectada y cambios en el número de SE de provisión, periodo 2001-2004.....	77
5.2.3.3 Superficie afectada y cambios en el número de SE de provisión, periodo 2004-2015.....	78
<b>5.2.4 PROVISIÓN POTENCIAL DE SE DE REGULACIÓN 1986-2015</b> .....	<b>79</b>
<b>5.2.5 PROVISIÓN POTENCIAL DE SE CULTURALES 1986-2015</b> .....	<b>80</b>

5.2.5.1 Superficie afectada y cambios en el número de SE culturales, periodo 1986-2001 .....	82
5.2.5.2 Superficie afectada y cambios en el número de SE culturales, periodo 2001-2004 .....	83
5.2.5.3 Superficie afectada y cambios en el número de SE culturales, periodo 2004-2015 .....	84
<b>6. SÍNTESIS DE RESULTADOS Y DISCUSIONES .....</b>	<b>85</b>
<b>7. CONCLUSIONES .....</b>	<b>90</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>93</b>
<b>9. ANEXOS .....</b>	<b>104</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Módulos metodológicos para la evaluación y mapeo de servicios ecosistémicos y vulnerabilidad socio-ecológica, proyecto ECOSER.....	20
Figura N° 2. Flujo Metodológico para la Identificación y Mapeo de los Servicios Ecosistémicos.....	23
Figura N° 3. Concepto esquemático de la matriz de evaluación de SE, en base a la capacidad potencial de los usos y coberturas de suelo. ....	28
Figura N° 4. Matriz de evaluación que poseen las distintas coberturas y usos de suelo de proveer servicios ecosistémicos.....	29
Figura N° 5. Área de estudio. ....	32
Figura N° 6. Esquema Metodológico.....	35
Figura N° 7. Matriz de evaluación de funciones y servicios ecosistémicos.....	41
Figura N° 8. Matriz de evaluación final de funciones y servicios ecosistémicos. ....	42
Figura N° 9. Porcentaje con cambios en el área de estudio, periodo 1986-2015. .	44
Figura N° 10. Cambios en las coberturas o usos de suelo, periodo 1986-2015. ....	45
Figura N° 11. Numero de parches a nivel de paisaje (NP).....	47
Figura N° 12. Cambios de superficies para las coberturas artificiales del área de estudio, periodo 1986-2015. ....	49
Figura N° 13. Avance de coberturas artificiales, periodo 1986-2015.....	50
Figura N° 14. Numero de parches de coberturas artificiales, periodo 1986-2015. .	51
Figura N° 15. Cambios de superficies para las coberturas de humedales y vegas, periodo 1986-2015. ....	52
Figura N° 16. Cambios de superficies para las dominantes en el paisaje, periodo 1986-2015.....	54
Figura N° 17. Aumento y pérdidas de superficies para las áreas verdes, sitios eriazos y cultivos, periodo 1986-2015.....	56
Figura N° 18. Cambio de superficies para las coberturas de lagunas y ríos, periodo 1986-2015.....	57
Figura N° 19. Pérdidas y ganancias brutas de las coberturas de suelo, periodo 1986-2001. ....	60
Figura N° 20. Pérdidas y ganancias brutas de las coberturas de suelo, periodo 2001-2004. ....	62
Figura N° 21. Pérdidas y ganancias de las coberturas de suelo, Periodo 2004-2015. ....	64
Figura N° 22. Matriz binaria de sostenimiento y provisión de funciones y servicios ecosistémicos. ....	65
Figura N° 23. Cantidad de FE proporcionados por las coberturas de suelo. ....	66
Figura N° 24. FE y el número de coberturas de suelos que las sostienen. ....	66
Figura N° 25. Cantidad de SE proporcionados por las coberturas de suelo. ....	67
Figura N° 26. SE por categoría y el número de coberturas de suelos que los proveen. ....	68

Figura N° 27. Cantidad de SE (por categoría) proporcionados por las coberturas de suelo. ....	69
Figura N° 28. Superficies expuestas a cambios en el sostenimiento de funciones ecosistémicas, periodo 1986-2015.....	71
Figura N° 29. Superficies expuestas a cambios en la provisión de SE de provisión, periodo 1986-2015 .....	76
Figura N° 30. Superficies expuestas a cambios en la provisión de SE de regulación, periodo 1986-2015 .....	80
Figura N° 31. Superficies expuestas a cambios en la provisión de SE culturales, periodo 1986-2015 .....	81



## ÍNDICE DE TABLA

Tabla N° 1. Tipología adaptada de coberturas de suelo. ....	36
Tabla N° 2. Imágenes LANDSAT utilizadas. ....	37
Tabla N° 3. Métricas aplicadas a las coberturas de suelo. ....	39
Tabla N° 4. Tabla N° de valoración de Matriz. ....	41
Tabla N° 5. Estandarización binaria de la evaluación de funciones y servicios ecosistémicos. ....	43
Tabla 6. Porcentaje de coberturas dominantes del paisaje, periodo 1986-2015. ..	46
Tabla N° 7. Numero de parches de las coberturas de suelo, periodo 1986-2015. 48	
Tabla N° 8. Cambios hacia espacios abiertos con poca o nula vegetación, periodo 1986-2015. ....	54
Tabla N° 9. Cambios hacia zonas de vegetación densa, periodo 1986-2015. ....	55
Tabla N° 10. Cambios hacia zonas de vegetación dispersa, periodo 1986-2015. ..	55
Tabla N° 11. Valores absolutos y porcentuales de las tasas de cambio de superficie. Periodo 1986-2001. ....	59
Tabla N° 12. Valores absolutos y porcentuales de las tasas de cambio de superficie. Periodo 2001-2004. ....	61
Tabla N° 13. Valores absolutos y porcentuales de las tasas de cambio de superficie. Periodo 2004-2015. ....	63
Tabla N° 14. Numero de FE perdidos o ganados por cantidad de superficie, periodo 1986-2001. ....	72
Tabla N° 15. Numero de FE perdidos o ganados por cantidad de superficie, periodo 2001-2004. ....	73
Tabla N° 16. Numero de FE perdidos o ganados por cantidad de superficie, periodo 2004-2015. ....	74
Tabla N° 17. Numero de SE perdidos o ganados por cantidad de superficie, periodo 1986-2001. ....	77
Tabla N° 18. Numero de SE perdidos o ganados por cantidad de superficie, periodo 2001-2004. ....	78
Tabla N° 19. Numero de SE perdidos o ganados por cantidad de superficie, periodo 2004-2015. ....	78
Tabla N° 20. Numero de SE perdidos o ganados por cantidad de superficie, periodo 1986-2001. ....	82
Tabla N° 21. Numero de SE perdidos o ganados por cantidad de superficie, periodo 2001-2004. ....	83
Tabla N° 22. Numero de SE perdidos o ganados por cantidad de superficie, periodo 2004-2015. ....	84

## 1. RESUMEN

Los servicios ecosistémicos se definen genéricamente como todos los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas, y su provisión está directamente relacionada con las coberturas de suelo de un territorio. Así, uno de los problemas para la provisión de servicios ecosistémicos es el continuo avance de las coberturas de suelo artificiales ligadas al fuerte desarrollo urbano que se ha intensificado a nivel mundial durante las últimas décadas. En este contexto, el objetivo del presente trabajo es evaluar los cambios de las coberturas de suelo y su impacto sobre las funciones y servicios ecosistémicos, desarrollando un análisis multitemporal durante un periodo de 29 años en la conurbación de las ciudades de Concepción, Talcahuano, San Pedro de la Paz y Hualpén.

Para esto, se realizó una fotointerpretación de imágenes satelitales para los años 1986, 2001, 2004 y 2015, identificando las coberturas de suelo a las cuales se les aplicó un análisis de métricas del paisaje. Finalmente, se evaluó la capacidad potencial que las coberturas de suelo tienen para sostener y proveer funciones y servicios ecosistémicos aplicando una matriz de evaluación a un panel de expertos.

Los resultados indican que con el transcurso del tiempo aumenta la superficie afectada por un cambio de cobertura, junto con un notorio avance de superficies artificiales en desmedro de coberturas naturales como humedales y vegas. Se reconoce además, que las superficies de vegetación densa, dispersa, espacios abiertos y plantaciones forestales son las que predominan con un mayor porcentaje de superficie en el paisaje durante todo el periodo. Cabe señalar que dichas coberturas presentaron un comportamiento irregular en su evolución, ya que experimentaron tanto aumentos como pérdidas en sus superficies en cada año estudiado.

En cuanto a los lugares con mejor potencial para sostener y proveer de funciones y servicios, estos se localizan preferentemente hacia el sector Este de la comuna de Concepción, sector fuertemente asociado a la presencia de coberturas de vegetación densa y de plantaciones forestales. En el año 2004 estas coberturas

experimentaron los mayores incrementos en superficie, por lo que dicho año fue en el más beneficioso en términos de sostenimiento y provisión de funciones y servicios para el área de estudio. Salvo el caso de las dos coberturas señaladas, el resto de las coberturas con una buena capacidad potencial de dotación se encuentran sometidas a una baja en sus superficies o no presentan variaciones de estas, siendo el caso particular de las coberturas acuáticas como ríos o lagunas.

Palabras clave: Funciones y servicios ecosistémicos, coberturas de suelo.

## **1.1 ABSTRAC**

Ecosystem services are defined generically as all the benefits people derive from ecosystems, and their provision is directly related to the land cover of a territory. Thus, one of the problems for the provision of ecosystem services is the continuous advance of artificial soil cover linked to the strong urban development that has intensified worldwide during the last decades. In this context, the objective of the present work is to evaluate changes in soil cover and its impact on ecosystem functions and services, developing a multitemporal analysis over a period of 29 years in the conurbation of the cities of Concepcion, Talcahuano, San Pedro de la Paz and Hualpén.

For this, a photointerpretation of satellite images was carried out for the years 1986, 2001, 2004 and 2015, identifying the land coverages to which an analysis of landscape metrics was applied. Finally, the potential capacity of the land cover to sustain and provide ecosystem services and services was evaluated by applying an evaluation matrix to a panel of experts.

The results indicate that over time the area affected by a change of cover increases, along with a noticeable advance of artificial surfaces to the detriment of natural coverages such as wetlands and vegas. It is also recognized that the areas of dense,

dispersed vegetation, open spaces and forest plantations predominate with a greater percentage of surface area in the landscape during the whole period. It should be noted that these hedges presented an irregular behavior in their evolution, since they experienced both increases and losses in their surfaces in each year studied.

As for the places with the best potential to support and provide functions and services, these are preferably located towards the eastern sector of the Concepción commune, a sector strongly associated with the presence of dense vegetation cover and forest plantations. In 2004, these coverages experienced the greatest increases in surface area, so that this year was the most beneficial in terms of support and provision of functions and services for the area of study. Except for the two coverages indicated, the remaining coverages with a good potential capacity are subject to a reduction in their surfaces or they do not present variations of these, being the particular case of the aquatic coverages like rivers or lagoons.

Key words: Ecosystem functions and services, land coverages and uses

## 2. INTRODUCCIÓN

Las superficies naturales del planeta han sido profundamente alteradas durante los últimos 300 años producto de las constantes presiones que generan las actividades antrópicas (Briassoulis, 1999). En este sentido, la tala y deforestación de bosques, la intensificación de la productividad agrícola y la expansión de las urbes han generado drásticos cambios sobre el paisaje (Aguayo, Pauchard, Azócar & Parra 2009; Castañeda, 2013), donde se estima que el 65,9% de las coberturas terrestres del planeta se encuentran bajo alguna forma de degradación del terreno inducida por el ser humano (Lambin, 1997).

Vale decir que la intervención humana a escala mundial sobre el medioambiente, ha afectado significativamente las estructuras de los ecosistemas y sus funciones asociadas. En este sentido, la transformación del territorio ha sido reconocido como el principal factor en la disminución de las condiciones medioambientales y en la pérdida de diversidad biológica (MEA, 2005; Lee, Carr, & Lankerani, 1995), siendo uno de los claros y más importantes indicadores, el cambio hacia coberturas de suelo de carácter artificial (Clerici, Parracchini & Maes, 2014).

La importancia de los ecosistemas y espacios naturales presentes en el territorio radica en su capacidad para sostener funciones ecosistémicas (FE), de las cuales se derivan servicios ecosistémicos (SE) que contribuyen al bienestar de la sociedad. En este sentido, y para efectos prácticos de la presente investigación, las funciones ecosistémicas serán definidas como “un subconjunto de interacciones entre estructuras y procesos biofísicos que sustentan la capacidad de un ecosistema de proveer bienes y servicios” (Groot, Fisher & Christie, 2010, p.19), mientras que los servicios ecosistémicos serán definidos bajo el concepto del Millenium Ecosystem Assessment (MEA) como:

“los beneficios que la gente obtiene de los ecosistemas. Esto incluye servicios de provisión como comida y agua; servicios de regulación como regulación de inundaciones, sequías, degradación de suelos, y enfermedades; servicios de soporte como formación

de suelos y ciclo de nutrientes; y servicios culturales como recreación, espiritual religioso u otro beneficio no material". (MA, 2005, p.27).

Cuando ocurre un cambio o alteración en las coberturas de suelo, la integridad de las funciones ecosistémicas puede verse seriamente afectada, y, en consecuencia, la capacidad de los sistemas para proveer servicios ecosistémicos puede verse reducida (Burkhard, Kroll, Nedkov & Muller, 2012; Clerici *et al.*, 2014).

Burkhard, Kroll, Muller, & Windhorst (2009) son claros en señalar que las coberturas con un alto grado de modificación antrópica como los tejidos urbanos, áreas industriales, sitios de construcción y de actividades mineras, poseen una nula o muy baja capacidad de proveer servicios ecosistémicos. Es por esta razón que el desarrollo urbano ha sido uno de los procesos que ha impactado de forma más significativa en la pérdida de espacios naturales y por lo tanto en el sostenimiento y provisión de funciones y servicios ecosistémicos. En este sentido es importante notar que el enorme crecimiento poblacional a escala mundial implica una serie de cambios en la estructura y composición de las ciudades, cuyo crecimiento se dirige principalmente sobre zonas naturales o seminaturales que prestan importantes contribuciones tanto en términos sociales como ecológicos (Moscoso, 2007; Smith, 2007; Romero *et al.*, 2012).

Junto a lo anterior, la expansión física de las ciudades trae como consecuencia directa la expansión de otras coberturas de carácter antrópico como lo son las superficies agrícolas y las plantaciones forestales, orientadas a satisfacer el aumento en el consumo y producción dentro de las urbes, por lo que las coberturas naturales son reemplazadas perdiendo cada vez más espacio en el territorio circundante a las ciudades, provocando una serie de alteraciones en el medio ambiente como por ejemplo: aumento de la temperatura superficial, degradación de hábitats y alteraciones en el ciclo hidrológico, por nombrar sólo algunas (Moscoso, 2007; Smith, 2007; Romero *et al.*, 2012).

Esta situación ha repercutido en una notoria degradación y escasez de espacios naturales en las grandes ciudades y sus alrededores, tal como en el caso de Latino

América, donde la pérdida de espacios naturales en la región es producto de un proceso histórico de urbanización precaria y explosiva que se originó a partir de la segunda mitad del siglo XX (Figueroa & Reyes, 2011), donde el crecimiento desmesurado de los núcleos urbanos ha generado una consolidación de ciudades altamente fragmentadas y caracterizadas por un estructura de forma insular donde existen múltiples núcleos urbanos social y ecológicamente desconectados entre sí (Borsdorf, 2000; Borsdorf, Hidalgo, & Sánchez, 2007; Romero, Molina, Moscoso, Sarricolea, & Smith, 2007).

Chile no queda al margen de esta realidad, ya que la mayoría de las ciudades del país se encuentran bajo un proceso de urbanización constante y desordenado (Moscoso, 2007; Azocar, Sanhueza, & Henríquez, 2003), generando espacios territorialmente fragmentados tanto en termino sociales como ambientales, y con una gran heterogeneidad en la distribución de los espacios urbanos con diferentes calidades, por ejemplo, en lo referido a espacios verdes (Romero *et al.*, 2012).

Muestra clara de dichos procesos, pueden apreciarse dentro del Área Metropolitana de Concepción (AMC), “el segundo conglomerado urbano en importancia demográfica y económica del país” (Salinas & Pérez, 2011, p.81), cuyo proceso de Metropolitización estuvo fuertemente condicionado por factores de carácter tanto económicos como geográficos:

En el ámbito económico se destaca el desarrollo de la industria y en especial de la industria petroquímica, seguido del auge de las actividades forestales y pesqueras, mientras que en el ámbito geográfico se reconoce el emplazamiento de las comunas hacia el borde costero y por ende, a la instalación de puertos industriales, además de la presencia de la Cordillera de la Costa que condiciona un crecimiento “tentacular o de estrella” en los sectores bajos de las comunas (Salinas & Pérez, 2011), donde su expansión se potencia además, por la presencia de una infraestructura vial de autopistas, líneas férreas y puentes que facilitaron el crecimiento urbano y la conurbación de las localidades en todos los sentidos (Pérez, Azócar & Flores, 2009).

Estos factores generaron las condiciones para el inicio y consolidación del AMC, donde la población se trasladó hacia los centros urbanos “en procesos migratorios sucesivos, que transformaron sustancialmente la morfología urbana, pasando de núcleos dispersos y auto-centrados a una gran Área Metropolitana con un núcleo conurbado (Concepción-Talcahuano) y anillos concéntricos de ciudades satélites” (Pérez *et al.*, 2009, p .120).

Cabe señalar que dichos procesos de modificación constante provocaron impactos irreversibles sobre los ecosistemas adyacentes al entorno urbano, que en el caso del AMC involucra humedales y otros ecosistemas periurbanos que están siendo rápidamente destruidos, fragmentados o invadidos por especies no nativas (Pauchard, Aguayo, Peña & Urrutia, 2005).

Dada la situación anterior, actualmente se está replanteando la importancia de las coberturas de suelo tanto naturales como seminaturales en el ordenamiento territorial y en la planificación de las urbes, ya que los nuevos planes reguladores de las ciudades dan cada vez más importancia a este tipo de espacios, no sólo evitando su pérdida, sino que cuidando el desarrollo de nuevos espacios y de mejor calidad. Esto se debe a que este tipo de superficies dan un valor agregado al entorno en el que se encuentran y son muy valorados por la comunidad en general (Patagonland Investment, 2013).

Además, estos espacios brindan una serie de contribuciones al bienestar de las personas dentro y fuera del entorno urbano. Constituyen espacios de encuentro, descanso y recreación (Alarcón & Rodríguez, 2003), junto con favorecer la actividad física, la integración social y una mejor calidad de vida de la población (Montecinos, 2016). Sumado a lo anterior, los espacios verdes en materia medioambiental, proveen beneficios tales como el control de la temperatura y la mitigación de islas de calor, captura de carbono, mejora de la calidad del aire a través de la remoción y purificación del material particulado, protección de la biodiversidad, reducción de erosión, control de inundaciones, ahorro de energía, y control de ruidos, entre otros (Dobbs, Escobedo, & Zipperer, 2011).



Por todo lo anterior, los espacios naturales y seminaturales constituyen un activo esencial para el desarrollo sostenible que deben ser incluidos en el ordenamiento territorial, y así poner en valor la dimensión ambiental del territorio en la planificación y en la conducción adecuada de las demandas de uso de suelo para usos y actividades residenciales y/o productivas (Canto, 2014). En este sentido, el monitoreo sistemático y la evaluación de los cambios en las coberturas de suelo son reconocidos como una fuente de información altamente valiosa e importante para la planificación, conservación y administración del medioambiente (Clerici *et al*, 2014).

Teniendo en consideración los argumentos planteados anteriormente, este trabajo tiene por objetivo analizar el cambio en el potencial para sostener y proveer funciones y servicios ecosistémicos en la conurbación Concepción-Talcahuano-San Pedro de la Paz y Hualpén durante los años 1986-2015. El trabajo presenta un análisis de la evolución que las coberturas del suelo presentes en el área de estudio han experimentado durante dicho periodo, y cómo estos cambios están relacionados con el sostenimiento y provisión de funciones y servicios ecosistémicos.

## **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Analizar el cambio en el potencial para sostener y proveer funciones y servicios ecosistémicos en la conurbación Concepción-Talcahuano-San Pedro de la Paz y Hualpén, entre los años 1986-2015.

## **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Determinar los cambios de coberturas de suelo en la conurbación Concepción-Talcahuano-San Pedro de la Paz y Hualpén, durante los años 1986-2015.

Analizar el cambio en la estructura espacial del paisaje por medio de la aplicación de métricas del paisaje en la conurbación Concepción-Talcahuano-San Pedro de la Paz y Hualpén, durante los años 1986-2015.

Evaluar la provisión potencial de sostener y proveer funciones y servicios ecosistémicos en la conurbación Concepción-Talcahuano-San Pedro-Hualpén para los años 1986-2001-2004 y 2015.

### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1 CAMBIOS EN LAS COBERTURAS DE SUELO

El estudio del cambio es definido por Singh (1984) como “el proceso que identifica las diferencias en el estado de un objeto o fenómeno observado en distintos tiempos” (p. 989). Cuando se habla de cambios en las coberturas y usos de suelo, diversos autores encasillan estos dos conceptos dentro de una sola definición: por ejemplo, Turner *et al.* (1995) lo define a modo muy sintético como el tipo de transformación ocurrida en una unidad espacial; Walker (2003) por su parte lo define como un proceso dinámico que refleja una serie de decisiones por parte de los propietarios y usuarios de la tierra, mientras que para Briassoulis (1999), corresponde a la extensión superficial de un tipo de cubierta que cambia a otra categoría.

A pesar de estas definiciones genéricas, es importante remarcan las diferencias entre los términos de usos de suelo y coberturas de suelo (Sandoval, 2009; Aldana & Bosque-Sendra, 2008; Bocco, Mendoza & Masera, 2001), donde los primeros están definidos como la función humana que se le otorga a un área específica (Pauleit, Ennos & Golding 2005; Lambin & Ehrlich, 1997), mientras que las coberturas corresponden a las características físicas de la superficie terrestre, y su creación puede generarse a partir de elementos tanto naturales como artificiales, creados y mantenidos por el hombre (Sandoval, 2009; Pauleit *et al.*, 2005; Taylor, Brewer, & Bird, 2000).

En base a lo anterior, el presente trabajo se refiere exclusivamente a los cambios de coberturas de suelo, ya que el análisis de los cambios de usos de suelo son de mayor complejidad puesto que necesitan de información adicional a la que es registrada por los sensores remotos utilizados en el desarrollo de la investigación (Aldana & Bosque-Sendra, 2008).

Es importante señalar que el estudio de los cambios de coberturas de suelo permite detectar patrones de comportamiento a nivel tanto espacial como temporal dentro

de un territorio, por lo que su aplicación y estudio se vuelve sumamente relevante para la planificación. En base a lo anterior, Aldana & Bosque-Sendra (2008) plantean dos perspectivas o dimensiones básicas para la tipificación de los cambios de coberturas de suelo y que serán claves para el desarrollo del presente trabajo:

- A) Dimensión temporal: de la cual se pueden realizar análisis estáticos, donde se analizan los cambios de atributos de un territorio entre dos fechas específicas (Briassoulis, 1999), y análisis dinámicos o en series, los cuales serán realizados en el presente trabajo, y que se caracterizan por determinar estimaciones de cambios que involucren más de dos periodos de tiempo (Aldana & Sendra, 2008; Roy & Tomar, 2001).
- B) Dimensión espacial: que contiene análisis referidos a aspectos de localización, distribución y organización de las unidades transformadas y a la identificación de estructuras o patrones espaciales (Aldana & Sendra, 2008).

Para el estudio de estas dimensiones existe una vasta literatura centrada en los cambios de coberturas de suelo y como estos han evolucionado en el tiempo (Sandoval, 2009). El auge y aumento en estos estudios se debe al desarrollo y masificación de las herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) en conjunto con los sensores remotos (Sandoval, 2009; Aldana & Sendra, 2008), los cuales, y citando a Rodríguez (2011):

“juegan un papel importante en términos de la adquisición de datos, por la capacidad que ofrecen para entregar información multitemporal, determinada por la frecuencia de toma de datos, que posibilita la cuantificación y el seguimiento de los cambios que ocurren en las coberturas objeto de estudio” (p. 19).

Gracias a estos métodos basados en la interpretación visual y/o digital de imágenes satelitales de diversos sensores (Rodríguez, 2011), han surgido grandes proyectos a nivel internacional que están orientados a identificar, digitalizar y sistematizar los cambios de coberturas y usos de suelo ocurridos en un territorio (Sandoval, 2009). Ejemplo de esto lo constituye el proyecto de la Comisión de la Comunidad Europea de Coordinación de Información para el Medioambiente denominada CORINE por

sus siglas en inglés (Coordination of Information on the Environment). Creada en 1985 como “un proyecto experimental para la recopilación, la coordinación y la homogenización de la información sobre el estado del medioambiente y los recursos naturales en la comunidad” (Instituto Geográfico Nacional, 2016).

En 1995 y bajo responsabilidad de la Agencia Europea del Medio Ambiente, se crea el proyecto Corine Land Cover (CLC) derivado del mismo CORINE, cuya finalidad consistía en generar una metodología para entregar información geográfica sobre las coberturas del suelo de todos los estados miembros de la Unión Europea. El objetivo de dicho proyecto se centraba en poder generar una base de datos básica para el control ambiental, y homogénea para toda la comunidad (Bossard, Feranec & Otahel, 2000; Sandoval, 2009).

Por otro lado, el Instituto Geológico de los Estados Unidos (USGS) crea el proyecto Land Cover Trends Project, centrado en la investigación de tendencias, causas y consecuencias contemporáneas de los cambios en las coberturas de suelo desde 1973 hasta el año 2000, para cada una de las 48 agencias de protección ambiental de los EEUU. Este proyecto tiene por objetivo caracterizar los atributos espaciales y temporales de las coberturas de suelo de EEUU mediante una metodología comprensible a través del uso técnicas de muestreo y análisis de cambio en base a diversos sensores de imágenes Landsat (Sandoval, 2009; USGS, 2006).

Finalmente, para el caso de Latinoamérica, se destaca la adaptación del proyecto Corine Land Cover para Colombia, el cual “permite describir, caracterizar, clasificar y comparar las características de la cobertura de la tierra, interpretadas a partir de la utilización de imágenes de satélite de resolución media (Landsat), para la construcción de mapas de cobertura a escala 1:100.000” (IDEAM, 2008, p.29).

Todos estos proyectos han servido como referencia para diversos artículos e investigaciones de carácter más acotado asociados al cambio en las coberturas del suelo. Estudios como los de Smith (2007), Romero *et al.*, (2007) y Paniagua (2009) entre muchos otros, demuestran como los cambios de coberturas y usos de suelo adquieren cada vez mayor importancia por su capacidad de reflejar como las

actividades antrópicas inciden sobre los sistemas de soporte natural dentro del territorio.

### **3.2 ECOLOGÍA DEL PAISAJE**

El concepto del Landscape Ecology o ecología del paisaje, corresponde a una disciplina científica de análisis territorial con una perspectiva transdisciplinaria, que tiene por finalidad analizar y dar solución a algunas de las principales problemáticas ambientales contemporáneas en la conservación y cuidado del patrimonio natural y cultural (Subiros, Linde, Pascual & Palom, 2006).

Su origen se remonta a la década de 1930, donde el geógrafo alemán Carl Troll lo define como “el estudio de toda la complejidad de relaciones causa-efecto que existen entre las comunidades de seres vivos y sus condiciones ambientales en una sección específica del paisaje” (Troll, 1939, en Subiros *et al.*, 2006, p.153).

Ya a finales de los años 80 la disciplina empieza a popularizarse por sus notorios avances en investigaciones relacionadas a la fragmentación de hábitats y a la conservación de la biodiversidad entre otras temáticas, y empieza a incorporar nuevos elementos a su desarrollo, como el empleo de metodologías cuantitativas y estadísticas para estudiar el paisaje (Irastorza, 2006; Subiros *et al.*, 2006).

Dentro de este contexto, se destaca la incorporación y uso de métricas del paisaje en la disciplina, definiendo estas como un amplio set de indicadores cuantitativos originados y desprendidos metodológicamente del análisis digital de mapas temáticos (Lang, Walz, Klug, Blaschke & Syrbe, 2009; Herold, Goldstein, & Clarke, 2003).

La utilización de estos índices o métricas, facilitan una visión del paisaje enfocada en tres aspectos fundamentales del territorio (Aguilera, 2010, Turner, 2005), que permiten comprender la incidencia que poseen los cambios en los fenómenos o funciones ecológicas dentro del paisaje (Forman & Godron, 1986, en Herrera & Varela, 2013). Estos tres aspectos corresponden a:

- a) Establecer las pautas de distribución de los elementos que lo componen (su estructura espacial)
- b) El funcionamiento de esa estructura, describiendo las interacciones, los flujos de energía, nutrientes y especies, entre los elementos espaciales que lo componen, y
- c) El cambio de la estructura y del funcionamiento de la misma, es decir, la evolución del paisaje en el tiempo.

Para determinar tales propósitos, es preciso identificar una serie de elementos estructurales presentes en prácticamente todos los tipos de paisajes, y que sirven para poder entender en un primer acercamiento la estructuras de estos (Irastorza, 2006).

Esos elementos corresponden al mosaico, que está compuesto por todo el conjunto de elementos presentes en el paisaje, y a su vez, dentro de este es posible diferenciar tres clases de elementos: (1) los fragmentos, que corresponden a las diferentes unidades morfológicas que se pueden encontrar en un territorio. (2) Los corredores, correspondientes a las conexiones entre los fragmentos, y (3) la matriz, siendo el complejo formado por fragmentos y corredores, donde es posible identificar en términos funcionales, la presencia de un elemento dominante el cual ocupa el mayor porcentaje de superficie dentro del territorio (Subiros *et al.*, 2006).

Sumado a lo anterior, el número y distribución de los fragmentos en el espacio es otro factor primordial en la interpretación del paisaje, ya que permite identificar perturbaciones en las relaciones existentes entre los organismos y el medio en el que habitan (Irastorza, 2006). Estas perturbaciones pueden originarse de forma natural o antrópica, y pueden generar cambios irreversibles en las relaciones ecológicas que se presentan dentro de un territorio.

Es por esta razón que el empleo de métricas del paisaje resulta una herramienta sumamente valiosa, ya que junto con el estudio de los cambios en las coberturas de suelo, permite añadir una visión global acerca de los cambios que ocurren dentro del paisaje en su totalidad y en base a las diferentes coberturas que lo componen, lo que podría ocasionar un impacto directo en el sostenimiento y provisión de

funciones y servicios ecosistémicos dependiendo de la gradualidad de estos cambios (Villegas, 2014).

### **3.3 EVALUACIÓN Y MAPEO DE FUNCIONES Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS**

Los ecosistemas son por excelencia el soporte que vincula a las comunidades que habitan en un territorio con el medio ambiente sobre el cual están emplazados, conformando un sistema con interacciones dinámicas y complejas, donde los mismos componentes que lo constituyen son de por sí sistemas independientes que si llegan a ser alterados pueden dañar el funcionamiento y equilibrio del sistema completo (DEFRA, 2007).

Entre los principales ecosistemas que encontramos presentes en nuestro territorio es posible identificar bosques, tierras secas, aguas continentales, costas, el medio marino, islas, montañas, regiones polares, etc., entre muchas otras, que poseen una serie de atributos favorables para las personas y los organismos vivos en general (IDEACONSULTORA, 2011).

Tales atributos son la base para la provisión de servicios ecosistémicos, los cuales permiten satisfacer una serie de necesidades y demandas de los seres humanos de forma tanto directa como indirecta, siendo, por lo tanto, cruciales para el progreso de la sociedad, el desarrollo económico y el bienestar social (Constanza *et al.*, 1997).

A pesar de su importancia para la humanidad, no se tiene real conciencia o información sobre los ecosistemas y su adecuada protección y cuidado. Los mecanismos para monitorearlos han sido escasos (Sharp *et al.*, 2014) y suelen ser valorizados una vez que han sido alterados, degradados o explotados de tal forma que generan algún problema de carácter económico o social. En este sentido, los seres humanos alteran y modifican los ecosistemas naturales con el propósito de crear sistemas de producción intensivo de bienes sin medir las repercusiones que genera dicho aceleramiento de sus capacidades (Balvanera *et al.*, 2012).



“Así, en la búsqueda de satisfacer a nuestras necesidades hemos minado la capacidad que tienen los sistemas naturales para mejorar la calidad de nuestras vidas. El balance es complejo: hemos privilegiado la posibilidad de obtener ciertos tipos de beneficios a costa de otros; hemos favorecido los satisfactores a corto plazo a costa de aquellos a mediano y largo plazo; hemos enfatizado la obtención de bienes en nuestro entorno inmediato a costa de consecuencias en nuestro alrededor” (Balvanera, *et al.*, 2012, p.187).

Ante la problemática anteriormente señalada, los servicios ecosistémicos se han vuelto materia de discusión reciente entre las políticas públicas, entendiendo que se necesita a la naturaleza para el correcto funcionamiento de la sociedad, no solo por su aporte como generador de recursos, sino por su importancia como soporte de vida para que el sistema pueda funcionar y sostenerse (Fundación Chile 21, 2013). Es por esta razón que ha surgido un consenso a nivel mundial en relación a que para mitigar o atenuar las actuales tasas de degradación y explotación ambiental, es necesario medir y visibilizar los servicios de los ecosistemas, junto con entender como la intervención en su funcionamiento genera repercusiones negativas para el ser humano (MEA, 2005).

Sin duda alguna, la publicación del reporte internacional del “*Millennium Ecosystem Assessment*” (MEA) en el año 2005 generó un hito en esta materia a nivel mundial, significando un fomento para la investigación de servicios ecosistémicos, a nivel internacional y de cada país (De la Barrera, Bachmann-Vargas & Tironi, 2015)

De esta forma, los servicios ecosistémicos han llegado a ser un tema de investigación sumamente popular y un marco de referencia para diversos proyectos de investigación (Burkhard *et al.*, 2009), siendo un enfoque atractivo para los investigadores por su carácter integrador y que se apoya en investigaciones tanto inter como transdisciplinarias, que permiten vincular el medio ambiente con conceptos socio-económicos (Müller & Burkhard, 2007, en Burkhard *et al.*, 2009).

El proceso de identificación y cuantificación de los servicios ecosistémicos se reconoce cada vez más como una herramienta valiosa para la administración eficiente de los recursos naturales (Troy & Wilson, 2006; MEA, 2005). En este sentido, la importancia de medir y monitorear su comportamiento en el territorio permite orientar la toma de decisiones para la planificación territorial, desarrollar estrategias de ordenamiento territorial, informar sobre los beneficios de la conservación de la biodiversidad, identificar actores claves dentro de los procesos de toma de decisiones del uso de la tierra para una distribución equitativa de los beneficios, crear conciencia y fomentar el apoyo a los organismos e instituciones públicas y gubernamentales para establecer decisiones tomadas en base a la evidencia técnica y científica (Birdlife, 2014).

En base a lo anterior, se han generado una serie de propuestas sobre cómo establecer metodologías que permitan identificar y mapear territorialmente la provisión de servicios ecosistémicos presentes en algún área en particular, junto con poder evaluar la importancia que estos poseen en el territorio.

De esta manera, a continuación se presentan las metodologías de mapeo y evaluación de servicios ecosistémicos que han tenido mayor auge y recepción por los investigadores a nivel mundial, indagando en Latinoamérica con trabajos realizados en Argentina, Colombia y Chile, mientras que a nivel internacional, se verán de forma general algunos trabajos realizados en Europa y otros trabajos con mayor énfasis como los aplicados Alemana con el proyecto InVEST, el plan de infraestructura verde en España, y la metodología de matrices de evaluación y mapeo de funciones y servicios ecosistémicos aplicada en esta investigación.

### **3.3.1 Metodologías de evaluación y mapeo de funciones y servicios ecosistémicos: Caso Latinoamericano.**

Los estudios de servicios ecosistémicos en Latinoamérica se han desarrollado a un ritmo acelerado en las últimas décadas (Nicholson *et al.*, 2009), apreciándose un

aumento importante a partir del año 2005 posterior a la publicación del Millennium Ecosystem Assessment (Balvanera *et al.*, 2011).

La propagación en el estudio de los servicios ecosistémicos dentro de Latinoamérica ha generado un valioso marco de referencia teórico para reflejar las enormes particularidades de la región, siendo reconocida por su gran riqueza natural y cultural, pero a la vez, por sus altas desigualdades socioeconómicas, su fuerte modelo de exportación al exterior y sus impactos negativos sobre el medioambiente a causa del uso desmesurado de sus recursos y de la expansión urbana (UNEP, 2010).

Estas características han llevado a establecer investigaciones que no solo estén centradas en términos económicos, en los atributos del paisaje, o en la influencia de los cambios de uso de suelo sobre los servicios ecosistémicos, sino que también se incorporen a las metodologías nuevos factores de carácter social como lo son las herramientas participativas en los mapeos y evaluación de servicios ecosistémicos, y aspectos de vulnerabilidad en base al déficit de estos sobre un territorio.

En este sentido, Argentina ha sido considerado uno de los países pioneros en la investigación de SE dentro de la región (Balvanera *et al.*, 2011). El año 2015, durante el congreso de los Pueblos Libres, se desarrolla el “Protocolo colaborativo de evaluación y mapeo de servicios ecosistémicos y vulnerabilidad socio ecológica para el ordenamiento territorial”, más conocido como proyecto ECOSER.

### **3.3.1.1 Caso de Argentina: Proyecto ECOSER**

Dicho proyecto reconoce la importancia en la integración de los componentes tanto ecológicos como sociales dentro de un territorio, centrándose en el análisis de la vulnerabilidad social frente a la pérdida de SE (Laterra, Barral, Carmona, & Nahuelhual, 2015). En base a lo anterior, Borrás & Franco (2012), destacan que la inclusión de la integridad ecológica es “un paso importante para la internalización del enfoque de SE dentro de las políticas públicas de países como los de América

Latina, donde los cambios acelerados de uso del suelo están incrementando las desigualdades sociales” (p.7).

De esta forma, el plan toma como elementos centrales de análisis los flujos de funciones ecosistémicas (FE), la evaluación y mapeo de los servicios ecosistémicos (SE), y cómo la ganancia o pérdida de estos últimos, pueden generar condiciones de vulnerabilidad socio ecológica (VSE).

ECOSER se divide metodológicamente en dos módulos (Ver Figura N°1), donde el primero está asociado al mapeo y evaluación funcional del paisaje, entregando como resultado, la generación de mapas de flujos de funciones de los diferentes SE y sus beneficios asociados, y en segundo lugar, la evaluación o estimación de la vulnerabilidad socio ecológica frente a la pérdida de beneficios suministrados por los SE, donde dicho modulo, está asociado a tres factores principales:

El primero correspondiente a la exposición, trata la pérdida de beneficios producto de la degradación de algún servicio ecosistémico tras un cambio en las coberturas de suelo. En segundo lugar, la sensibilidad, referida al cambio marginal esperado de los beneficios de los SE, frente a una suposición o escenario de cambio en las coberturas del suelo. Y por último la capacidad de adaptación, que comprende a las aptitudes de los ecosistemas tanto naturales como antrópicos, de adecuarse a cambio o perturbaciones en su medio (Laterra *et al.*, 2015).

Actualmente, la metodología planteada en el proyecto de ECOSER es una de las más novedosas aplicadas en Latinoamérica, debido a su capacidad de integrar el componente social de un territorio a la evaluación de servicios ecosistémicos. Sin embargo, la utilización de esta metodología no se llevó a cabo en el presente trabajo debido a la gran cantidad de insumos requeridos para poder desarrollar el modelo, por lo que su aplicación resultaba sumamente compleja considerando el tiempo contemplado para desarrollar la actual investigación.

**Figura N° 1. Módulos metodológicos para la evaluación y mapeo de servicios ecosistémicos y vulnerabilidad socio-ecológica, proyecto ECOSER.**



Fuente: Laterra *et al.* (2015).

### 3.3.1.2 Caso de Colombia: Aplicación de una metodología de evaluación participativa.

Por otra parte, Castañeda (2013) en Colombia desarrolla una matriz de evaluación cuantitativa que considera tres factores fundamentales:

- los servicios ecosistémicos que presenta un sistema ecológico determinado,
- sus funciones para el medio ambiente y
- los beneficios que proporcionan estos para el ser humano.

Esta matriz integra una serie de criterios de evaluación asociados al bienestar humano, que permite expresar en términos matemáticos el nivel de importancia que posee un ecosistema, de forma de generar herramientas eficientes para la toma de decisiones y la gestión adecuada e integral del medio ambiente (Castañeda, 2013).

Metodológicamente, el estudio se destaca por su proceso de consulta comunitaria, donde se seleccionan las unidades de cobertura que espacial y temporalmente son

reconocidas por la población, y luego se evalúan las funciones que cumplen y los beneficios que brindan en términos de sus actividades económicas, recreativas, rutinarias o religiosas (Castañeda, 2013).

Los objetivos del trabajo están enfocados en fomentar la participación comunitaria de los actores involucrados, reconocer la importancia de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos que el ecosistema ofrece, y generar estrategias que faciliten la ordenación del territorio para mejorar la resolución de conflictos socio-ambientales mediante soluciones que concluyan en una efectiva conservación de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos, de forma sostenible con el entorno y con el sistema humano (Castañeda, 2013).

### **3.3.1.3 Caso de Chile: Aplicación de InVEST y análisis espacial multicriterio.**

En Chile, el estudio de servicios ecosistémicos se ha realizado mayoritariamente a través de herramientas de valoración económica y preferentemente sobre áreas forestales y de bosque nativo, siendo escasos los estudios dirigidos a la modelación y mapeo de los servicios ecosistémicos (De la Barrera, 2015; Lara, Urrutia, Little & Martínez, 2010). En este sentido, De la Barrera *et al.* (2015) realizan una revisión sistemática de las investigaciones referentes a servicios ecosistémicos en nuestro país, constatando que de 105 estudios, solamente 10 realizan un mapeo de servicios ecosistémicos. Esta situación es compartida en un contexto general por toda Latinoamérica (De la Barrera *et al.*, 2015).

Considerando lo anterior, dentro de los pocos trabajos de mapeo de servicios ecosistémicos, a los cuales se pudo tener acceso, se destaca el proyecto “InVEST Chiloé” realizado por el Centro de Estudio y Conservación del Patrimonio Natural-CECPLAN, en colaboración con la Universidad de Stanford (Montaña, Elwell, Mallén & Vergara 2015). El proyecto como su nombre lo indica, emplea como herramienta metodológica el software InVEST con el propósito de desarrollar modelos espaciales que permitan apreciar el valor de los diversos beneficios que son proporcionados por los ecosistemas presentes en el archipiélago de Chiloé. Los resultados del proyecto permitieron generar instancias de comunicación con

tomadores de decisiones a un nivel local (municipios, asociaciones gremiales productivas y servicios públicos).

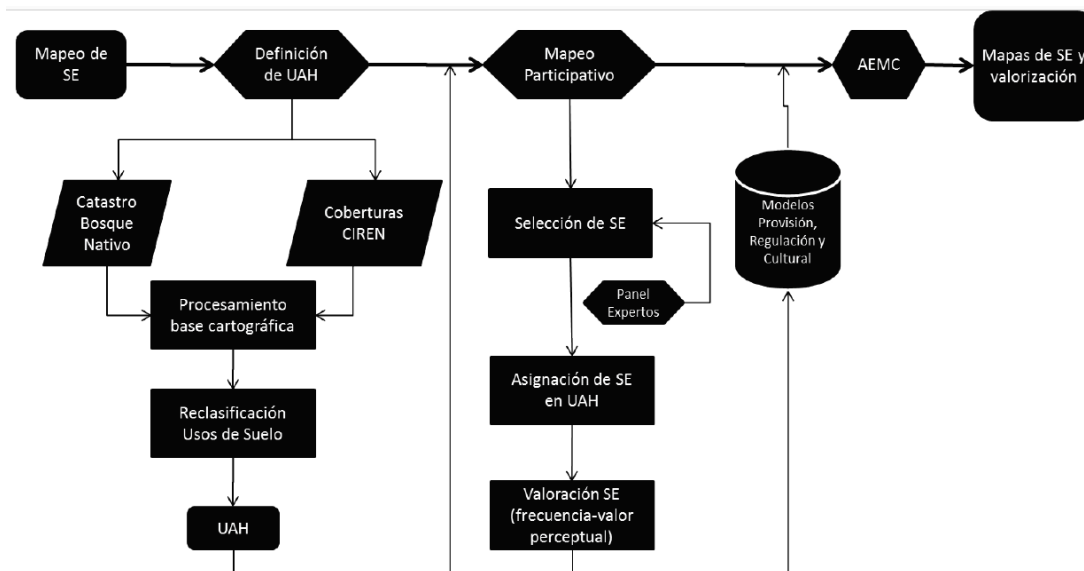
Junto a lo anterior, Esse *et al.* (2014), realiza un análisis espacial multicriterio (AEMC) para el mapeo de servicios ecosistémicos en cuencas forestales del sur de Chile. Dicho trabajo tiene por finalidad establecer una integración entre las variables biofísicas y las variables perceptuales de los actores claves dentro de un territorio, para así determinar el grado de valor o importancia que posee un servicio ecosistémico en particular (Esse, *et al.*, 2014). Cabe destacar que dicho modelo está basado en la utilización de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y Unidades Ambientales Homogéneas (UAH) para el mapeo de servicios ecosistémicos en la subcuenca del río Quepe.

Bajo lo señalado anteriormente, el Análisis Espacial Multicriterio tiene como ventaja la facilidad de entregar los estándares metodológicos para el mapeo de servicios ecosistémicos (Ver Figura N°2), incorporando la percepción tanto de un panel de expertos como de actores sociales claves y los criterios que componen al modelo de evaluación, los cuales, son determinados por un comité de expertos para evitar caer en sesgos metodológicos, para posteriormente ser ponderados y valorados por los actores locales. Mientras que los SIG permiten integrar las variables y sus criterios con atributos geoespaciales (Esse *et al.*, 2014).

La evaluación de los servicios ecosistémicos considera los siguientes componentes fundamentales para el análisis (Esse *et al.*, 2014):

- a) Participación de actores sociales relevantes al área de estudio
- b) Los servicios ecosistémicos asociados al ecosistema y al medio ambiente y
- c) La integración de variables biofísicas del paisaje que se asocian al suministro de servicios ecosistémicos.

**Figura N° 2. Flujo Metodológico para la Identificación y Mapeo de los Servicios Ecosistémicos.**



Fuente: Esse, *et al.* (2014).

### 3.3.2 Metodologías de evaluación y mapeo de funciones y servicios ecosistémicos: Caso Europeo

Costanza *et al.* (1997) son considerados uno de los pioneros en establecer este tipo de metodologías. Uno de los grandes problemas en cuanto a la gestión de servicios ecosistémicos, es que suelen tener poco peso en las consideraciones de los tomadores de decisiones y de las políticas públicas, por su incapacidad para ser tranzados en el mercado y por su inadecuada cuantificación y comparación en relación a otros servicios económicos y capitales manufacturados (Costanza *et al.*, 1997).

Teniendo en cuenta la situación planteada anteriormente, Costanza *et al.* (1997) establece una metodología de transferencias que permite una estimación y mapeo de los servicios ecosistémicos en términos de su valor monetario a una escala global, calculando el valor económico de 17 servicios ecosistémicos para 16 biomas de nuestro planeta.



En el año 2011 Costanza *et al.* (2011) establece una actualización de las estimaciones calculadas para 1997, utilizando el mismo método, pero incorporando los cambios de usos de suelo entre el periodo de 1997-2011 para estimar la pérdida de servicios ecosistémicos hasta la fecha.

Ya que estos estudios estaban centrados netamente sobre evaluaciones a escala global, consideraban de forma constante los valores marginales de los servicios ecosistémicos, por lo que no permitían apreciar las variaciones entre los distintos tipos de hábitats o biomas a menor escala, siendo una de las principales críticas a este modelo (Turner, Brandon, Brooks, & Constanza, 2007; Troy & Wilson, 2006, Willemsen, Verburg, Hein, & Van Mensvoort, 2008 y Egoh *et al.*, 2008).

Debido a esto, Turner *et al.* (2007) utilizaron el método de estimación de valores de los servicios ecosistémicos en todo el mundo, junto con cartografías de los principales sitios prioritarios de biodiversidad a nivel mundial, para analizar potenciales sinergias entre la conservación de la biodiversidad y salvaguardar los servicios ecosistémicos de forma simultánea. De esta forma, sus resultados permiten explorar las discordancias identificadas a escalas regionales, donde los resultados arrojados de la información a nivel global evidencian zonas con una alta biodiversidad, pero con una baja estimación en el valor de sus servicios ecosistémicos (Turner *et al.*, 2007; Burkhard *et al.*, 2009).

Por otra parte, considerando que se había puesto demasiada atención en la transferencia de valor económico a los servicios ecosistémicos, dejando prácticamente de lado al valor inherente de la naturaleza y su riqueza en cuanto a sus valores ambientales (Troy & Wilson, 2006), surgieron intentos de mapeo y cuantificación de diferentes servicios ecosistémicos considerando la importancia de las funciones del paisaje para proporcionar servicios y sin incluir una evaluación monetaria de por medio (Burkhard *et al.*, 2009).

Bajo lo anterior, este tipo de enfoques comenzaron a aplicarse a casos de estudio como los presentes en Naidoo *et al.* (2008), el cual presenta una metodología para el mapeo y cuantificación de cuatro servicios ecosistémicos en diferentes unidades del paisaje, comparando la producción de dichos servicios con sitios prioritarios para

la conservación de la biodiversidad. La metodología de Naidoo *et al.* (2008) se restringe al análisis y cuantificación de solo cuatro servicios ecosistémicos debido a la falta de datos disponibles a escala global, razón por la cual las investigaciones a este nivel de escala comienzan a disminuir para comenzar a centrarse en escalas regionales y locales.

### **3.3.2.1 Proyecto InVEST**

Con el auge de estos estudios surgen dos herramientas de modelación en torno a proyectos sumamente ambiciosos para desarrollar aún más el mapeo y evaluación de servicios ecosistémicos (Burkhard *et al.*, 2009). Uno de estos proyectos es el proyecto MIMES (Multiscale Integrated Model of the Earth Systems' Ecological Services), el cual tiene como propósito evaluar los efectos en el cambio de uso de suelo sobre los servicios ecosistémicos, aplicado a diversas escalas e incorporando la aplicación de modelo participativos.

El segundo de estos modelos, corresponde al proyecto InVEST (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs tool), la cual permite establecer un mapeo de los servicios ecosistémicos presentes en un territorio. Además, permite cuantificar y asignarles una valoración monetaria a dichos servicios, de forma vincular los dos tipos de enfoques de mapeo y evaluación de servicios ecosistémicos expuesto hasta el momento.

En este sentido, InVEST está diseñado para informar acerca de las mejores decisiones sobre el manejo de los recursos naturales a escalas locales, regionales o globales. En esencia, proporciona información sobre cómo los cambios o alteraciones en los ecosistemas pueden repercutir en una disminución en los flujos de beneficios ecosistémicos que favorecen directamente a las personas (Sharp *et al.*, 2014). De esta forma, las instituciones públicas gubernamentales, o directamente organizaciones destinadas a la conservación del medio ambiente, pueden utilizar InVEST para gestionar mejor la toma de decisiones respecto a políticas de manejo de recursos ecosistémicos, permitiendo proteger la biodiversidad con programas que mejoren los medios de vida de las personas, o

conducir a las empresas que administren servicios ecosistémicos a decidir cómo y dónde invertir en capitales naturales para asegurar que sus cadenas de producción y suministros sean sostenibles y rentables (Sharp *et al.*, 2014).

Además, los modelos generados por el InVEST se basan en las funciones de producción que definen como pueden cambiar los flujos y los valores de los servicios ecosistémicos en un territorio determinado, ya sea en paisajes terrestres o marinos, o como estos cambios alteran las estructuras o funciones de los ecosistemas. Junto a lo anterior, los modelos representan tanto a la oferta de servicios (como, por ejemplo, hábitats que sirven como amortiguadores ante las marejadas durante una tormenta), la ubicación y actividades de las personas que se benefician de los servicios (como, por ejemplo, la ubicación de las personas y la infraestructura que puedan resultar afectados por las tormentas costeras) (Sharp *et al.*, 2014).

### **3.3.2.2 Caso de España: Plan de Infraestructura Verde de Vitoria-Gasteiz.**

Dicho plan tiene sus cimientos en la publicación de la Estrategia Europea de Infraestructura Verde propuesta por la Comisión Europea, donde reconocen la importancia de la infraestructura verde entendiendo esta como:

“una red estratégicamente planificada de espacios naturales y seminaturales y otros elementos ambientales diseñados y gestionados para ofrecer una amplia gama de servicios ecosistémicos. Incluye espacios verdes (o azules si se trata de ecosistemas acuáticos) y otros elementos físicos en áreas terrestres (naturales, rurales y urbanas) y marinas”. (CEA, 2014, p.3).

En base a lo anterior, el plan se enfoca en los beneficios que aportan dichas infraestructuras a escala urbana y de barrio, donde su presencia en la urbe está directamente asociada a contribuir a la salud y bienestar de la ciudadanía, donde destaca un sin número de aportes para estos entre los que se encuentran la mejora de la calidad del aire, la regulación del clima y derivado a esto la atenuación de las “islas de calor”, la reducción de la contaminación atmosférica y los beneficios

sociales y culturales que estos representan al simbolizar espacios convivenciales y de recreación (CEA, 2014).

Considerando lo anterior, el objetivo del Plan es el reforzamiento de una malla verde, donde mediante una transformación o mejoramiento de algunos espacios y elementos urbanos y periurbanos, se refuerce la multifuncionalidad del ecosistema urbano, contribuyendo a su mejor funcionamiento y finalmente, que vele por la construcción de una ciudad más habitable, eficiente y sostenible (CEA, 2014).

De esta forma, el plan de Vitoria-Gasteiz define el sistema de infraestructura verde en base a los postulados esenciales de la “Ecología del Paisaje”, estableciendo como eje central el concepto de Red Ecológica, pero considerando algunas adaptaciones que permitan que esta sea aplicable al ámbito urbano. Bajo lo anterior, la ecología del paisaje aboga por una potenciación del entramado ecológico del territorio a través de la conexión en red de sus espacios núcleo con elementos considerados como nodos al interior del entramado urbano, mediante la presencia de un conjunto de conectores, entendidos como los trayectos a recorrer entre esos nodos y los elementos núcleo, enlazando unos espacios con otros.

### **3.3.2.3 Caso de Alemania: Metodología de matrices para el mapeo y evaluación de funciones y servicios ecosistémicos.**

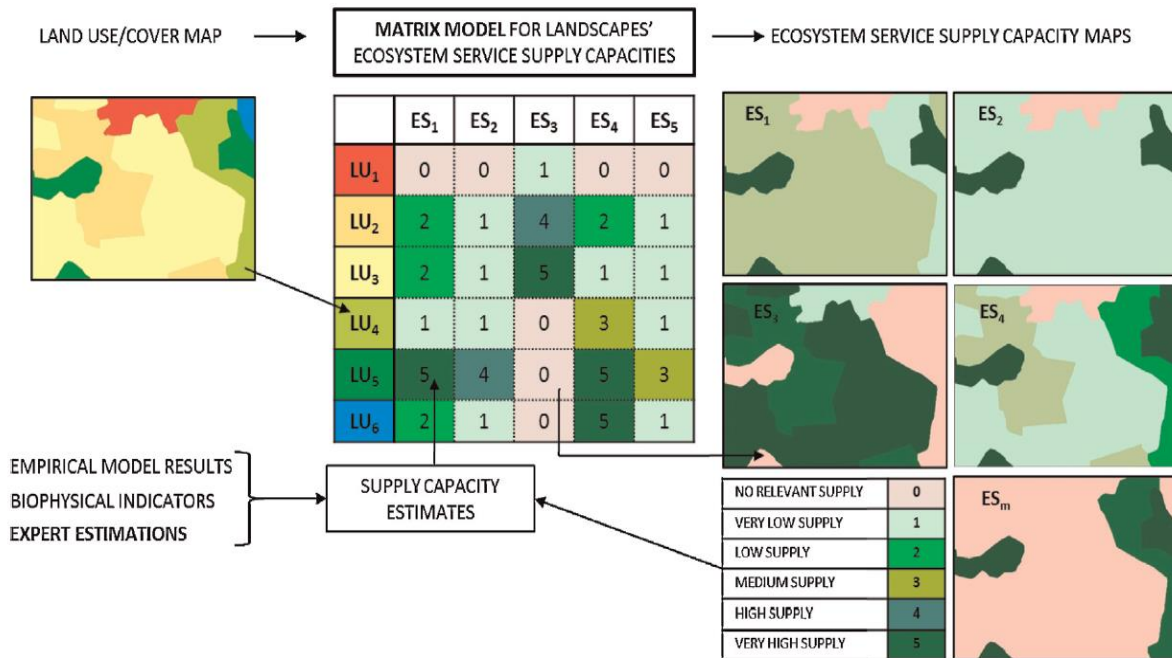
La metodología de matrices de valoración en base a la estimación de expertos, es creada inicialmente por Burkhard *et al.* (2009) y estudiada y mejorada por Jacobs, Burkhard, Van Daele, Staes & Schneiders (2015).

Dicha metodología, consiste en la generación de una matriz que vincula las distintas coberturas de suelo con su capacidad potencial de sostener funciones ecosistémicas y proveer servicios ecosistémicos (Burkhard *et al.*, 2009; Jacobs *et al.*, 2015) (Ver Figura N°3). La evaluación numérica de la matriz es generada a partir de una consulta a un número determinado de expertos o académicos que realizan una valoración en base a las capacidades potenciales que ellos consideren que tienen las coberturas utilizadas de proveer y sostener funciones y servicios ecosistémicos (Burkhard *et al.*, 2009; Burkhard *et al.*, 2012; & Jacobs *et al.*, 2015).

En este sentido, la investigación en base a la generación de la matriz permite responder a las siguientes interrogantes:

- ¿Cuál es el potencial de las diferentes coberturas y usos de suelo para proveer SE?
- ¿Cómo es posible combinar los juicios de expertos con la cuantificación de datos de la evaluación de las capacidades del paisaje para proveer SE?
- ¿Es posible aplicar una metodología de evaluación general, aplicable y transferible a variadas escalas y áreas?

**Figura N° 3. Concepto esquemático de la matriz de evaluación de SE, en base a la capacidad potencial de los usos y coberturas de suelo.**



Fuente: Jacobs *et al.* (2015).

Burkhard *et al.* (2009) establece como punto de partida para generar la matriz, el estudio de las coberturas y usos de suelo provenientes del proyecto europeo CORINE LAND COVER, el cual está comprendido por una tipología que abarca 44 clasificaciones de coberturas y usos de suelo. Las coberturas en cuestión, que se sitúan en las filas de la matriz, son analizadas en base a la provisión de una lista de 29 servicios ecosistémicos que se sitúan en las columnas, y que se agrupan en

cuatro categorías: (1) servicios de soporte o integridad ecológica, (2) de regulación, (3) provisión y (4) culturales. La lista total de SE, fue elaborada a partir de los estudios de Groot (2006), MEA (2005) y Constanza *et al.* (1997).

Para la estimación de cada intercepción dentro de la matriz (1.276 celdas) (Ver Figura N°4) se evalúa cómo cada cobertura de suelo tiene la capacidad potencial de sostener y proveer FE Y SE. Para dichos efectos se utiliza una escala con los siguientes rangos:

0= no hay capacidad potencial, 1= baja capacidad potencial, 2= capacidad potencial, 3= capacidad potencial media, 4=alta capacidad potencial y 5= muy alta capacidad potencial

**Figura N° 4. Matriz de evaluación que poseen las distintas coberturas y usos de suelo de proveer servicios ecosistémicos.**

	Ecological Integrity $\Sigma$					Provisioning services $\Sigma$										Regulating services $\Sigma$										Cultural services $\Sigma$		
	Abiotic heterogeneity	Biodiversity	Biotic waterflows	Metabolic efficiency	Energy Capture (Radiation)	Crops	Livestock	Foodst	Capture Fisheries	Aquaculture	Wild Foods	Timber	Wood Fuel	Energy (Biomass)	Biochemicals / Medicine	Freshwater	Local climate regulation	Global climate regulation	Flood protection	Bioremediation	Air Quality Regulation	Erosion Regulation	Nutrient regulation	Water purification	Pollination	Recreation / Aesthetic Values	Intrinsic Value of Biodiversity	
Continuous urban fabric	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Discontinuous urban fabric	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Industrial or commercial units	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Road and rail networks	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Port areas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Airports	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Mineral extraction sites	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Dump sites	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Construction sites	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Green urban areas	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Sport and leisure facilities	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Non-irrigated arable land	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Permanently irrigated land	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Ricefields	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Vineyards	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Fruit trees and berries	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Olive groves	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Pastures	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Annual and permanent crops	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Complex cultivation patterns	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Agriculture & natural vegetation	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Agro-forestry areas	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Broad-leaved forest	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
Coniferous forest	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
Mixed forest	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
Natural grassland	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
Moors and heathland	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
Sclerophyllous vegetation	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
Transitional woodland shrub	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
Beaches, dunes and sand plains	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
Bare rock	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
Sparsely vegetated areas	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
Burnt areas	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
Glaciers and perpetual snow	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
Inland marshes	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
Peatbogs	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
Salt marshes	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
Savines	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
Intertidal flats	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
Water courses	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
Water bodies	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
Coastal lagoons	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
Estuaries	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
Sea and ocean	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	

Fuente: Burkhard *et al.* (2009).

La asignación de valores para el llenado de la matriz, está dada por la estimación de expertos. Bajo lo anterior, la consulta a expertos tiene su fundamento en que, a

través de la experiencia, educación o profesión, ciertas personas tienen suficientes conocimientos sobre un tema de investigación, por lo que su opinión sobre dicho tema tiene un asidero formal y completamente válido como referencia para guiar otras investigaciones (Jacobs *et al.*, 2015).

Cabe señalar que Burkhard *et al.* (2009) realiza este enfoque para medir la provisión de los servicios ecosistémicos potenciales, entendiendo estos como “el máximo rendimiento en términos hipotéticos, que puede proveer o suministrar una cobertura o uso de suelo respecto a un servicio ecosistémico” (Burkhard *et al.*, 2012). Teniendo en cuenta lo anterior, el presente estudio evalúa la provisión de los servicios ecosistémicos potenciales que pueden encontrarse en las coberturas de suelo analizadas, y en términos prácticos, cada vez que se mencione el estudio, evaluación o provisión de las funciones o servicios ecosistémicos, será en función de su capacidad potencial.

Otra consideración importante en base a Burkhard *et al.* (2009) que se aplicará a la investigación, y que no había sido reconocido en trabajos anteriores, es la inclusión del concepto de integridad ecológica (que con el paso de los años y para el presente trabajo, este concepto será entendido bajo la definición de funciones ecosistémicas) como un prerrequisito base para proveer servicios ecosistémicos de calidad para las personas, ya sean de regulación, provisión o culturales. La integridad ecológica, bajo lo expuesto por Burkhard *et al.* (2012), corresponde a la preservación contra todo tipo de riesgos que puedan generar perturbaciones en la capacidad de los sistemas ecológicos para recuperarse, donde dicha capacidad, está determinada por los procesos y estructuras que definan al ecosistema.

Algunas de las ventajas en cuanto al uso del modelo de la matriz, radican en que su aplicación es eficiente, rápida, accesible y adaptable (Jacobs *et al.*, 2015), convirtiéndola en una herramienta práctica y sencilla, pero con un fuerte potencial de aplicación. En este sentido Burkhard *et al.* (2014), plantea que el atractivo del enfoque de matrices se deriva de su flexibilidad para simplificar escenarios con altos niveles de complejidad y abstracción, en su potencial para integrar todo tipo de datos, desde la valoración de expertos, datos estadísticos, entrevistas, mediciones

de otros modelos, y en su capacidad de generar resultados aplicables a diversas áreas de estudio, ya sean ricas o pobres en sus fuentes de datos.

## **4. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1 ÁREA DE ESTUDIO**

El área de estudio está definida por las comunas de Concepción, Talcahuano, Hualpén y San Pedro de la Paz (Ver Figura N°5). Estas conforman junto a las comunas de Coronel, Chiguayante, Hualqui, Lota, Penco, Santa Juana y Tomé, el Área Metropolitana de Concepción (AMC), que se localiza en el sector litoral de la Región del Biobío entre las latitudes 36° a 38° Sur (Smith, 2007). Del total de comunas que conforman al Área Metropolitana, las comunas de Concepción, Talcahuano, Hualpén y San Pedro de la Paz representan un 16% de la superficie con 479 Km<sup>2</sup> de los 2.830 Km<sup>2</sup> de toda el AMC.

A pesar de la baja proporción que estas comunas representan de la superficie total del AMC, en términos demográficos se puede apreciar que las comunas de Concepción y Talcahuano son las que concentran la población (Rojas, Muñiz, & García-López, 2009) y las que han tenido un mayor crecimiento poblacional durante el periodo 1970-2002, derivado del pleno desarrollo industrial y posterior desarrollo urbano que se generó en dichas comunas a partir de 1950 (Salinas & Pérez, 2011; Pérez, Azócar & Flores, 2009).

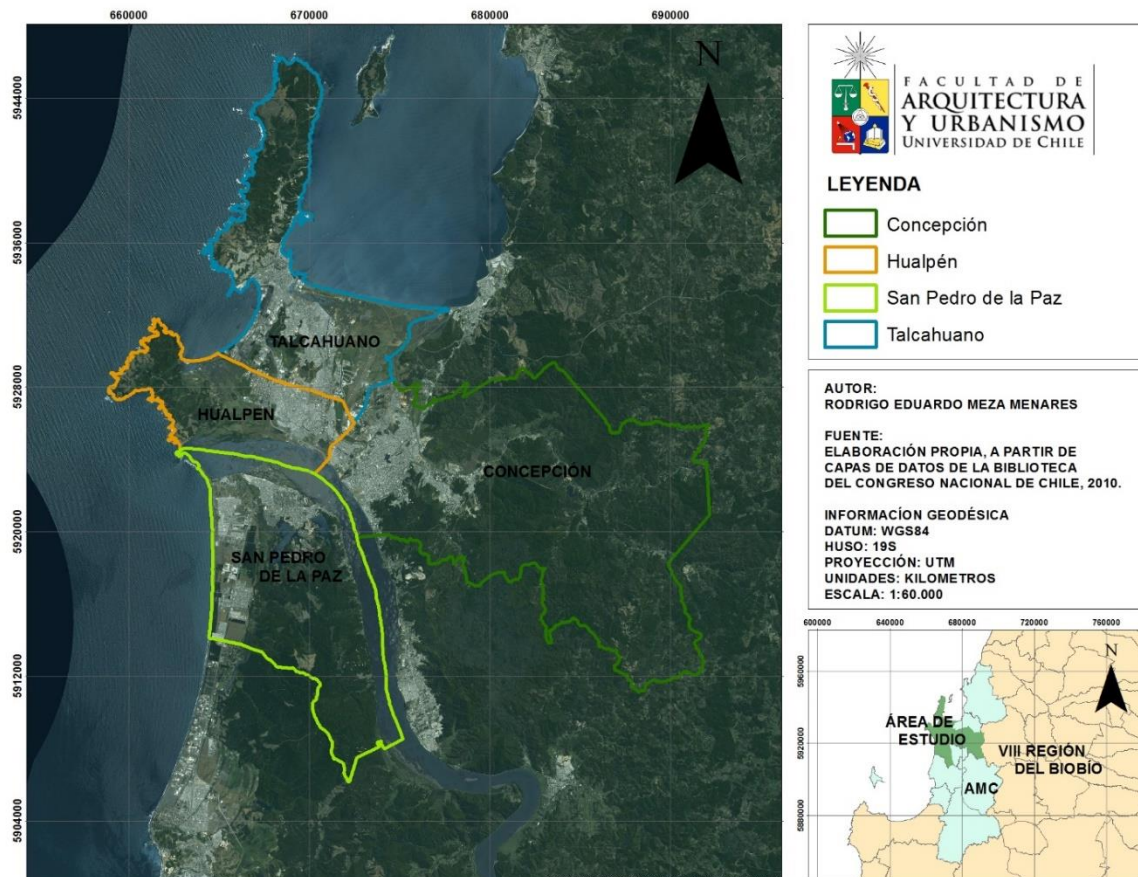
Cabe considerar que las comunas de San Pedro de la Paz y Hualpén pertenecían a la comuna de Concepción, siendo fundadas como comunas independientes durante los años 1995 y 2004, respectivamente (Smith, 2007, INE, 2002). A pesar de la data reciente de dichas comunas, al momento de observar los cambios de uso de suelo dentro de todo el AMC en base a los estudios de Pérez, Azócar, & Flores (2009), se pueden apreciar que las superficies urbanas de estas comunas junto a Concepción y Talcahuano, son las que han sufrido un mayor porcentaje de crecimiento entre el periodo 1972-1992 (Ver Anexo N°1) , situación que las vuelve



Cambio en las coberturas de suelo y su impacto sobre las funciones y servicios ecosistémicos en el área metropolitana de Concepción, periodo 1986-2015.

una zona de estudio de llamativo interés por su mayor dinamismo urbano en relación al resto de las comunas que comprende el Área Metropolitana, factor esencial para analizar y evaluar en cambio en la provisión de funciones y servicios ecosistémicos que estas han tenido durante su desarrollo.

**Figura N° 5. Área de estudio.**



Fuente: Elaboración propia, 2016.

## 4.2 METODOLOGÍA

Se elabora una adaptación metodológica de casos europeos que permiten seguir protocolos previamente establecidos, de forma de poder generar resultados comparables entre una serie de años, y así poder generar la construcción de meta bases de sistemas de información geográfica (SIG). Cabe destacar que este tipo de adaptaciones metodológicas debe responder a objetivos específicos dependiendo de cada investigación (Salinas & Pérez, 2011), y que en este caso, corresponden a analizar el cambio en el sostenimiento y provisión potencial de funciones y servicios ecosistémicos en base a la evolución de las coberturas de suelo dentro de las comunas de Concepción, Talcahuano, Hualpén y San Pedro de la Paz en el periodo 1986-2015.

La estructura metodológica para el desarrollo de la investigación (Ver Figura N°6) está basada en tres bloques de trabajo asociados a cada objetivo específico planteado en esta investigación:

En primer lugar, el objetivo N°1 tiene por finalidad determinar los cambios en las coberturas de suelo presentes en el área de estudio. Para esto, fue necesario establecer un periodo de análisis que comprende cuatro años de estudio (1986-2001-2004-2015) junto con la elección de una tipología de reconocimiento de coberturas de suelo.

La primera etapa corresponde a la obtención imágenes satelitales e imágenes del software gratuito Google Earth. Posterior a esto, se georeferenció las imágenes satelitales para la generación de un mosaico satelital que abarca toda el área de estudio, y con el cual se realizó la fotointerpretación o digitalización manual en pantalla de las coberturas para los cuatro años de estudio. Este trabajo se efectuó mediante el uso del sistema de información geográfica *ArcGis 10.3*.

Finalmente, la fotointerpretación de las coberturas realizadas para cada año se procesó con las herramientas y comandos disponibles en *ArcGis 10.3*, para determinar los cambios de cobertura en base a las ganancias o pérdidas de sus superficies entre año y año, materializando dichos resultados en cartografías,

gráficos y tablas porcentuales que permitan observar e identificar patrones espaciales y temporales de cambio de las coberturas de suelo para los cuatro años estudiados.

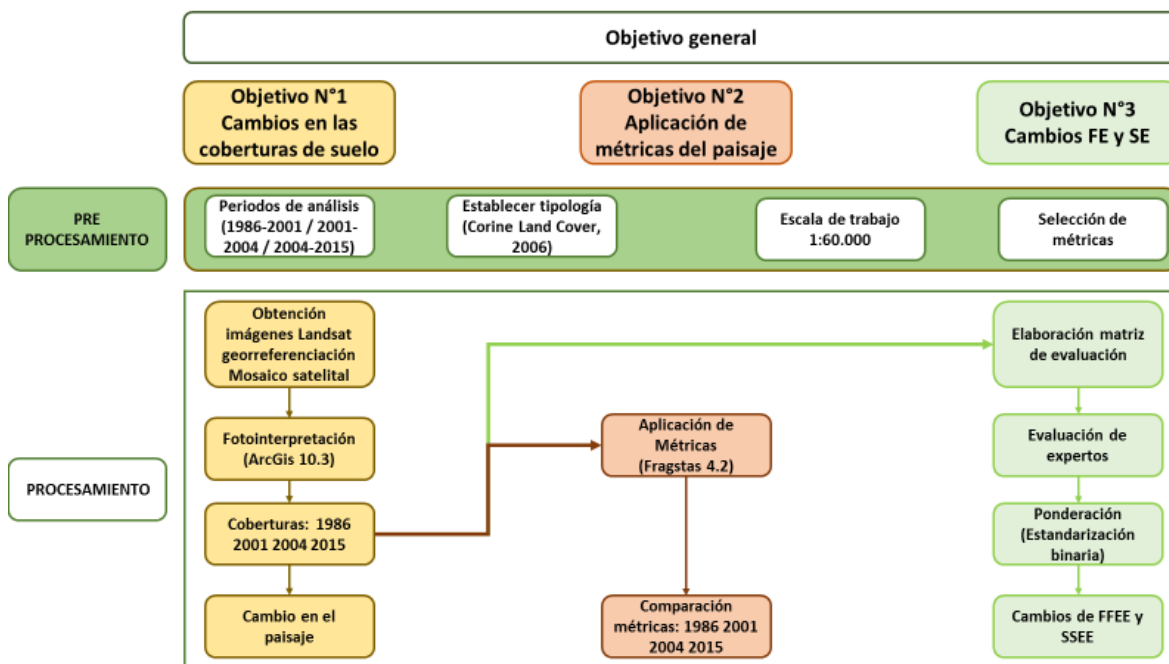
El objetivo específico N°2, consiste en la aplicación de métricas del paisaje. Para lograr dicho propósito, fue necesario establecer una selección de un determinado número de métricas, las cuales fueron procesadas mediante el software gratuito *Fragstas 4.2* en base a los archivos shapefiles generados tras la fotointerpretación de coberturas realizadas sobre cada año de estudio en el objetivo N°1.

Finalmente, en el objetivo N°3 se generó una matriz que vincula las coberturas de suelo con una lista de funciones y servicios ecosistémicos utilizados en otros casos de estudio. Para completar esta matriz se seleccionaron siete expertos en el área de los servicios ecosistémicos.

Una vez que todos los expertos realizaron la evaluación, se calculó la Moda para dar origen a la matriz final de evaluación. Posterior a esto, la matriz final se simplificó mediante una estandarización binaria que solo contiene los valores de “0” y “1”, de forma que pueda ser incorporada a los shapefiles de coberturas de suelo.

De esta forma, los shapefiles de cambios de coberturas de suelo junto a la información incorporada de la matriz de sostenimiento/provisión de funciones y servicios, permite analizar cómo han variado estos últimos durante los cuatro años de investigación, y en qué sectores específicos del área de estudio, ha habido un incremento o pérdida de superficie vinculada al sostenimiento de funciones o a la provisión de servicios. Los resultados de este análisis se aprecian en cartografías y cuadros numéricos que permiten identificar los cambios en términos tanto espaciales como cuantitativos en el área de estudio.

**Figura N° 6. Esquema Metodológico.**



Fuente: Elaboración propia, 2016.

#### 4.2.1 Determinación de los cambios de las coberturas de suelo

##### 4.2.1.1 Definición de tipología de coberturas de suelo y obtención de imágenes satelitales.

La definición de la tipología de coberturas de suelo a utilizar en la fotointerpretación, es uno de los puntos clave del trabajo, ya que se necesita de la mayor precisión y claridad respecto a la definición conceptual de cada una de las coberturas de suelo y los criterios para identificarlas durante el proceso de fotointerpretación. Como se ha visto en estudios como el de Salinas & Pérez (2011), en Latinoamérica no existe un marco de referencia fuertemente constituido para este tipo de investigaciones, razón por la cual en el presente trabajo se realizó una adaptación de la propuesta europeo e investigaciones desarrolladas en nuestro país.

Así, se definió una tipología de clasificación propia (Ver Tabla N°1), tomando como referencia las tipologías propuestas por el proyecto Corine Land Cover (Ver Anexo N°7), junto con los estudios de Sandoval (2009) y Moscoso (2007) aplicados para categorizar superficies suelo en Chile (Ver Anexo N°8).

**Tabla N° 1. Tipología adaptada de coberturas de suelo.**

Urbanización Alta Densidad
Urbanización Baja Densidad
Industrial
Aeropuerto
Puerto
Áreas Verdes
Sitio Eriazo
Plantaciones Forestales
Cultivo
Vegetación Densa
Vegetación Dispersa
Espacios abiertos con nula o poca vegetación
Humedal
Vega
Laguna
Rio

Fuente: Elaboración propia en base a Bossard, Feranec & Otahel (2000), Sandoval (2009) y Moscoso (2007).

Una vez determinada la tipología de reconocimiento, se utilizaron imágenes Landsat 5 TM, Landsat 7 TM+ y Landsat 8 OLI, las cuales fueron descargadas desde la página del Centro Geológico de los Estados Unidos (USGS) (<http://www.usgs.gov/>), cumpliendo con un requisito de cobertura de nubosidad inferior al 10%. Para cumplir con este requerimiento, se utilizaron imágenes que hayan sido capturadas solamente en época estival y dentro de las 13:00 y las 15:00 horas. Finalmente, estas imágenes fueron georreferenciadas en el Huso 18 Sur bajo el sistema WGS84 (Ver Tabla N°2).

La diferencia entre las tres imágenes Landsat empleadas se centra principalmente en la incorporación de nuevas bandas con mejor resolución en sus composiciones a medida que se mejora la versión de la imagen. En este sentido, las imágenes Landsat 7 a diferencia de las Landsat 5, incorporan una banda 8 de carácter pancromática y con resolución de 15 metros (Fernández-Coppel & Herrero, 2001). Por otro lado, las imágenes Landsat 8 incorporan 9 bandas espectrales más 2

bandas termales adicionales que se utilizan principalmente para determinar con mayor precisión las temperaturas sobre el terreno (Ariza, 2013).

A pesar de las diferencias o mejoras tras el avance de estas imágenes, para fines prácticos de esta investigación solo se consideró el uso de las cinco primeras bandas multiespectrales de cada tipo de imagen, las cuales poseen la misma resolución espacial de 30 metros, por lo que no se generaron errores metodológicos en su proceso de fotointerpretación.

Se consideró el uso de las cinco primeras bandas para cada imagen, ya que solo se realizó combinación de bandas para la obtención del color verdadero (combinación de bandas 321 para Landsat 5 y Landsat 7, y 432 para Landsat 8) con el fin de resaltar las coberturas artificiales debido a su cercanía con el color natural, y para la obtención del falso color (combinación de bandas 432 para Landsat 5 y Landsat 7, y 543 para Landsat 8) debido a su buena sensibilidad o respuesta a la vegetación verde (Fernández-Coppel & Herrero, 2001).

**Tabla N° 2. Imágenes LANDSAT utilizadas.**

<b>AÑO</b>	<b>Tipo de Satélite y Sensor</b>	<b>Resolución Espacial (m)</b>	<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>
<b>1986</b>	Landsat 5 TM	30	21-12-1986	13:59:37
<b>2001</b>	Landsat 5 TM	30	30-12-2001	14:20:02
<b>2004</b>	Landsat 7 TM+	30	07-01-2004	14:26:39
<b>2015</b>	Landsat 8 OLI	30	04-02-2015	14:40:35

Fuente: Elaboración propia, 2016.

#### **4.2.1.2 Fotointerpretación**

El proceso de fotointerpretación bajo la definición de Salinas & Pérez (2011), “consiste en digitalizar en un programa SIG sobre las fotografías aéreas georreferenciadas, los polígonos de ocupación, según los criterios de clasificación detallados” (p.88). En base a lo anterior, es fundamental mantener un criterio de identificación para las coberturas de suelo seleccionadas, junto con un protocolo

de digitalización claramente definido con el objeto de mejorar la precisión en la clasificación.

Los criterios de identificación de las coberturas, están basados en los criterios establecidos en el proyecto Corine Land Cover y en el estudio realizado por Sandoval (2009) y Moscoso (2007) (Ver Anexo°3). En estos, se aplica una misma escala de mapeo que en el caso del presente trabajo corresponde a 1:60.000, con una unidad mínima mapeable de 25 hectáreas. El proceso de fotointerpretación se realizó con el software SIG *ArcGis 10.3*.

## **4.2.2 Análisis del cambio en la estructura espacial del paisaje**

### **4.2.2.1 Métricas del paisaje**

Con las coberturas de suelo fotointerpretadas y digitalizadas para los cuatro años de estudio, se desarrolló un análisis de las métricas del paisaje para identificar patrones espaciales y las características areales de las distintas coberturas digitalizadas, de manera de poder cuantificar el comportamiento espacial y temporal de los parches que representan a todas las categorías de cobertura de suelo (Sandoval, 2016; Smith, 2007).

Las ventajas del análisis de las métricas del paisaje consisten en poder simplificar las complejas relaciones y transformaciones que se generan entre los elementos que conforman al mosaico, “de modo que una larga descripción verbal puede reemplazarse por un conjunto de valores numéricos sintéticos” (Mateucci, 2005, p181).

En términos absolutos, estos valores numéricos por si solos no tienen ningún valor. No obstante, en base a lo planteado por Aguilera (2010), “desde el punto de vista de su valor comparativo, los resultados de dichos índices pueden aportar una información muy valiosa acerca de la evolución y cambios que tienen lugar en un paisaje determinado” (p.11).

En base a lo anterior, la cuantificación de las métricas del paisaje se efectúa a través del software especializado de acceso libre *Fragstats 4.2*, mediante el cual se establecen la evolución y cambios en la estructura del paisaje en relación a las métricas.

Debido a la gran cantidad de índices y métricas existentes, donde muchas veces estas están correlacionados entre sí y por lo tanto su aplicación se vuelve redundante (Mateucci, 2005), se utilizaron las métricas aplicadas y propuestas por Sandoval (2016) y Kong *et al.* (2010), las cuales permiten describir y comparar las estructuras de las diversas coberturas de suelo en relación a su nivel de superficie, predominancia en relación a todo el mosaico y su distribución espacial (Sandoval, 2016) (Ver Tabla N°3).

**Tabla N° 3. Métricas aplicadas a las coberturas de suelo.**

Métricas de paisajes	Sigla	Descripción (McGarigal, 2014; Vila, Varga, Llausas & Ribas, 2006)
Área total de la clase	CA	Corresponde a la suma de las áreas (m <sup>2</sup> ) de todos los parches pertenecientes a la misma categoría, dividida en 10.000 para convertir en hectáreas.
Porcentaje del paisaje	PLAND	Corresponde a la suma de las áreas (m <sup>2</sup> ) de todos los parches pertenecientes a la misma categoría, dividido por el área total del paisaje (m <sup>2</sup> ), y multiplicado en 100 para convertir a porcentaje.
Numero de parches	NP	Calcula el número de parches según clase y/o paisaje.
Tamaño promedio de parches	MPS	Área ocupada por un tipo de parche particular, dividido por el número de parches de ese tipo (clase).

Fuente: Elaboración propia en base a Sandoval (2016), McGarigal (2014) y Vila, Varga, Llausas & Ribas (2006).



### **4.2.3 Evaluación del potencial para sostener y proveer funciones y servicios ecosistémicos.**

#### **4.2.3.1 Matriz de evaluación a través de la consulta a expertos.**

La presente sección correspondiente a la metodología aplicada para el objetivo N°3, consiste en evaluar la provisión potencial de funciones y servicios ecosistémicos en el área de estudio. Lo anterior se basa fundamentalmente en estimar mediante el juicio de expertos el potencial de las diferentes coberturas de suelo para sostener funciones ecosistémicas y proveer servicios ecosistémicos. Trabajos como este se han desarrollado en otras regiones del mundo por lo que su aplicación al caso chileno requiere de adecuaciones.

Por ejemplo, Burkhard *et al.* (2009) realizan este ejercicio para una región de Alemania usando las coberturas de suelo proporcionadas por CORINE y un panel de expertos para estimar cómo las diferentes coberturas poseen distintas capacidades potenciales de sostener y proveer variadas funciones y servicios (Burkhard *et al.*, 2009). En base a lo anterior, 7 expertos evaluaron las coberturas de suelo que se fotointerpretaron en el área de estudio; Para esto, se le proporcionó a cada uno de ellos una matriz de evaluación basada en los trabajos de Burkhard *et al.*, (2009), y Jacobs *et al.*, (2015) (Ver Figura N°7).

Esta matriz contiene la tipología de coberturas de suelo adaptada para el caso de estudio mostrada anteriormente, junto con una lista de 33 funciones y servicios ecosistémicos conformados por ocho funciones ecosistémicas, 10 servicios ecosistémicos de provisión, ocho servicios ecosistémicos de regulación, y siete servicios ecosistémicos culturales, cuyas definiciones fueron establecidas en base a las referencias utilizadas en Burkhard *et al.*, (2009), Groot (2006) y MEA (2005) (Ver Anexo N°5).

Cambio en las coberturas de suelo y su impacto sobre las funciones y servicios ecosistémicos en el área metropolitana de concepción, periodo 1986-2015.

**Figura N° 7. Matriz de evaluación de funciones y servicios ecosistémicos.**

	<b>Funciones ecológicas</b>										<b>Servicios de provisión</b>										<b>Servicios de Regulación</b>										<b>Servicios Culturales</b>									
	Heterogeneidad Abiótica	Biodiversidad/ Habitat	Ciclos de agua	Formacion de suelo	Fotosíntesis/ Produccion de Oxigeno	produccion primaria	Polinizacion	Cultivos	Ganado	Forrage	Captura de Peces	Acuicultura	Alimentos Silvestres	Madera	Leña	Medicina natural	Agua Fresca	Regulacion del Clima Local	Regulacion del Clima Global	Control de Inundaciones	Recarga de Aguas Subterráneas	Regulacion de la Calidad del Aire	Regulacion de la Erosion	Regulacion de Nutrientes	Purificacion del Agua	Recreacion y ecoturismo	valoracion estético	Valor religioso y espiritual	valor educativo	Valor cultural heredado	Valor de inspiracion	Relaciones sociales								
Urbanizacion Alta Densidad	0																																							
Urbanizacion Baja Densidad	0																																							
Industrial	0																																							
Aeropuerto	0																																							
Puerto	0																																							
Areas Verdes	0																																							
Sitio Eriazo	0																																							
Plantaciones Forestales	0																																							
Cultivo	0																																							
Humedal	0																																							
Vega	0																																							
Vegetacion Densa	0																																							
Vegetacion Dispersa	0																																							
Espacios Abiertos con Nula o Poca Vegetacion	0																																							
Laguna	0																																							
Rio	0																																							

Fuente: Elaboración propia en base a Burkhard *et al.* (2009), Groot (2006) y MEA (2005).

El llenado de la matriz se realizó mediante una valoración numérica constituida por un rango de 6 valores que abarcan desde el valor “0” al valor “5” como se muestra en la Tabla N°4:

**Tabla N° 4. Tabla N° de valoración de Matriz**

Valor	Capacidad de proveer/sostener
0	No hay capacidad
1	Muy baja capacidad
2	Baja capacidad
3	Mediana capacidad
4	Alta capacidad
5	Muy alta capacidad

Fuente: Elaboración propia en base a Burkhard *et al.* (2009) y Burkhard *et al.* (2012).

De esta forma, cada uno de los siete expertos consultados generó una matriz de evaluación potencial en bases a sus alcances y consideraciones. Finalmente, a las siete matrices obtenidas se les calculó la MODA, mediante la cual se obtuvieron los valores más frecuentes para cada una de las celdas evaluadas entre todos los expertos, de manera que la evaluación final posea el mayor grado de representatividad en las valoraciones dentro de una sola matriz (Ver Figura N°8).

**Figura N° 8. Matriz de evaluación final de funciones y servicios ecosistémicos.**

	Funciones ecológicas										Servicios de provisión										Servicios de Regulación										Servicios Culturales									
	Heterogeneidad Abiótica	Biodiversidad/ Habitat	Cielos de agua	Formación de suelo	Fotosíntesis/Producción de Oxígeno	Ciclo de nutrientes	producción primaria	Polinización	Cultivos	Ganado	Fornaje	Captura de Peques	Acuicultura	Alimentos Silvestres	Madera	Leña	Medicina natural	Agua Fresca	Regulación del Clima Local	Regulación del Clima Global	Control de Inundaciones	Recarga de Aguas Subterráneas	Regulación de la Calidad del Aire	Regulación de la Erosión	Regulación de Nutrientes	Purificación del Agua	Recreación y esculismo	valoración esteico	Valor religioso y espiritual	valor educativo	Valor cultural heredado	Valor de inspiración	Relaciones sociales							
Urbanización Alta Densidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	0	2							
Urbanización Baja Densidad	3	1	1	0	0	1	0	0	3	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1							
Industrial	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
Puerto	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	3	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0							
Aeropuerto	5	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
Áreas Verdes	22	3	3	3	3	4	3	2	1	2	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2	1	0	2	1	2	1	1	23	3	5	4	2	1	4	4					
Sitio Erizo	4	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Plantaciones Forestales	21	4	2	1	1	4	3	3	18	3	3	2	0	0	0	5	5	0	0	10	2	1	1	1	1	2	1	1	5	3	2	0	0	0	0					
Cultivo	16	2	2	2	1	4	4	1	0	16	5	5	5	0	0	0	0	1	0	7	2	1	1	1	1	1	0	0	4	1	1	0	0	0	0					
Vegetación Densa	29	3	4	4	5	3	4	4	2	8	0	2	0	0	1	0	2	3	0	5	2	1	1	1	0	0	0	5	2	3	0	0	0	0	0					
Vegetación Dispersa	13	2	3	3	2	1	1	1	0	2	0	0	1	0	0	0	0	1	0	3	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0					
Espacios Abiertos o Nula o Poca Vegetación	6	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
Humedal	24	2	3	5	2	3	5	4	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	9	1	0	5	0	0	0	2	1	18	3	3	1	4	2	4	1				
Vega	24	3	2	4	4	4	4	3	0	7	0	2	5	0	0	0	0	0	0	14	2	2	4	2	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
Laguna	22	4	4	5	1	4	2	2	0	12	0	0	0	3	0	4	0	0	0	7	2	1	1	2	0	0	1	0	12	5	4	1	1	0	1	0				
Rio	21	4	4	5	2	3	2	1	0	12	0	0	0	3	0	4	0	0	0	5	10	1	0	2	1	0	0	3	3	13	5	3	2	1	0	2	0			

Nota: La presente matriz agrupa las valoraciones más frecuentes en cada celda de las 7 consultas realizadas a expertos. El cálculo se realizó a través del parámetro estadístico MODA ejecutado en los comandos disponibles en la herramienta Microsoft Excel. Elaboración propia en base a Burkhard *et al.* (2009).

#### 4.2.3.2 Estandarización binaria de los valores de la Matriz

El objetivo de esta sección consiste en reducir a una expresión binaria la valoración de las celdas de datos (Petter *et al.*, 2012), de manera que los seis valores asignados por los expertos se reduzcan específicamente a “sostiene/provee funciones y servicios ecosistémicos” o “no sostiene/provee funciones y servicios ecosistémicos” (0 o 1) (Ver Tabla N° 5). De esta forma, la matriz con una codificación binaria (Ver Figura N°9) fue implementada en ArcGis 10.3, vinculando dicha información con los archivos de coberturas de suelo desarrolladas en el objetivo N°1.

**Tabla N° 5. Estandarización binaria de la evaluación de funciones y servicios ecosistémicos.**

Valor	Capacidad de proveer/sostener	Estandarización Binaria	
0	No hay capacidad	0	“Provee funciones y servicios ecosistémicos”
1	Muy baja capacidad		
2	Baja capacidad		
3	Mediana capacidad	1	“No provee funciones y servicios ecosistémicos”
4	Alta capacidad		
5	Muy alta capacidad		

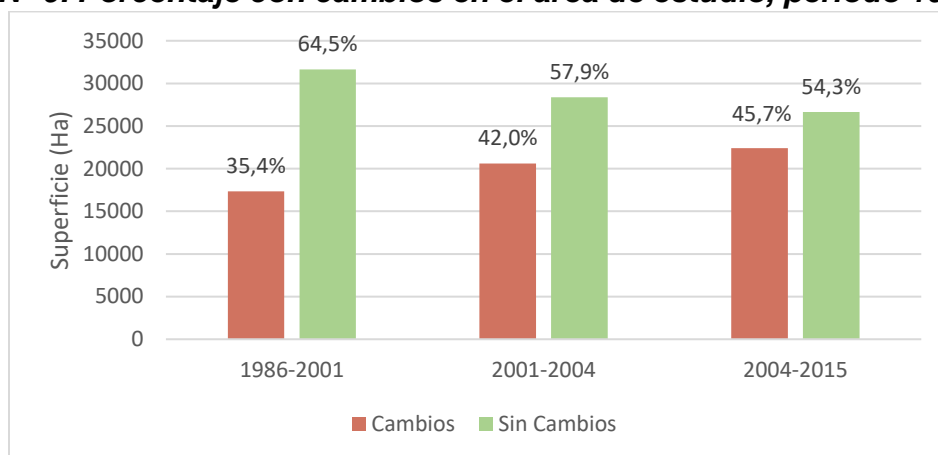
Fuente: Elaboración propia en base a Petter *et al.* (2012).

## 5. RESULTADOS

### 5.1 CAMBIOS GENERALES EN LAS COBERTURAS DE SUELO

Los resultados a nivel de paisaje evidencian una clara tendencia a un alza en la cantidad de hectáreas expuestas a algún cambio o transición desde una cobertura de suelo hacia otra. En este sentido en el periodo 1986-2001, un 35,4% de toda el área de estudio se vio sometida a algún tipo de cambio, ascendiendo a un 45,7% de toda el área en el periodo 2004-2015 (Ver Figura N°9).

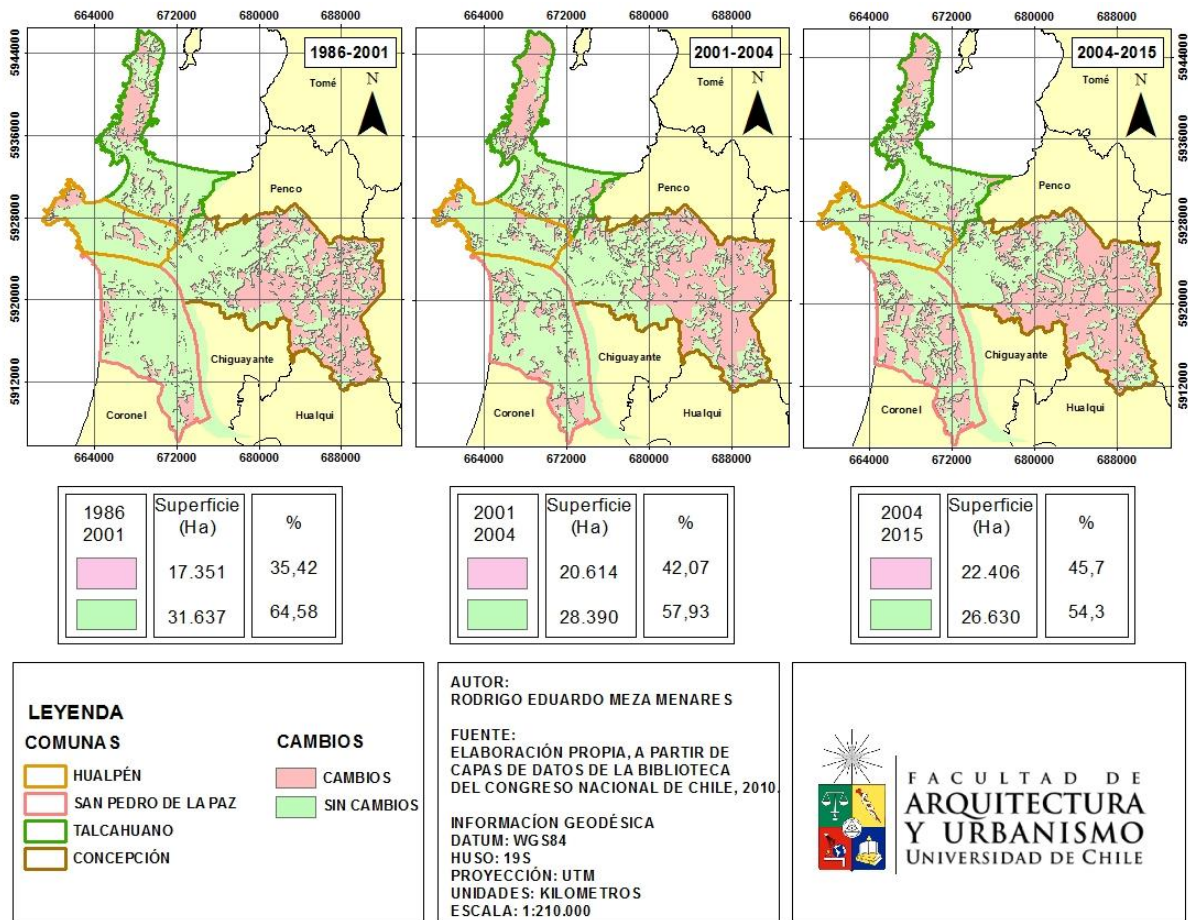
**Figura N° 9. Porcentaje con cambios en el área de estudio, periodo 1986-2015.**



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Al ver estos cambios en términos espaciales, se puede apreciar que durante todos los años estudiados existen importantes transformaciones en el sector Norte de Talcahuano y el sector Este de Concepción, considerando además los lugares adyacentes a la conurbación del área urbana de las cuatro comunas estudiadas, situación que se aprecia de forma inicial durante el periodo 1986-2001. Para el periodo 2001-2004 los cambios de las coberturas adyacentes de las zonas urbanas se potencian, evidenciando además mayores cambios en el sector correspondiente a la comuna de San Pedro de la Paz, proceso que se agudiza considerablemente durante el periodo 2004-2015 donde los cambios son aún más notorios (Ver Figura N°10).

**Figura N° 10. Cambios en las coberturas o usos de suelo, periodo 1986-2015.**



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Al analizar las métricas del paisaje en cuanto a las coberturas que poseen una mayor predominancia en relación al área total de estudio (Ver Tabla N° 6), lideran las plantaciones forestales que suelen poseer un porcentaje mayor al 20% del paisaje en todos los años, a excepción del año 2001 donde disminuye a un 18,5%.

Seguido de esta, se encuentran las coberturas de vegetación densa, dispersa y los espacios abiertos con nula o poca vegetación, los cuales, presentan variaciones de predominancia en el territorio dependiendo de cada año: en el año 1986, las coberturas de vegetación densa y dispersa seguían en predominancia a las plantaciones forestales con un porcentaje de un 18,1% del paisaje cada una; para el año 2001, la vegetación dispersa alcanza un 23% del total del paisaje superando incluso a las plantaciones forestales; en el año 2004 aumenta la proporción de

vegetación densa en desmedro de la vegetación dispersa, la cual experimenta una pérdida de porcentaje en relación al año anterior, situación que se invierte nuevamente en el año 2015.

La cobertura de urbanización de alta densidad es la única de las coberturas artificiales en poseer una predominancia significativa dentro del paisaje, donde cabe destacar que con cada año ésta aumenta su porcentaje del paisaje total, sin embargo, esta no supera ni el 15% de toda el área. Como caso contrario se encuentran los humedales, que disminuyen paulatinamente su dominancia sobre el paisaje, llegando a un porcentaje inferior al 5% en el año 2015. Finalmente, los ríos presentan un porcentaje de predominancia igual durante todos los años de estudio.

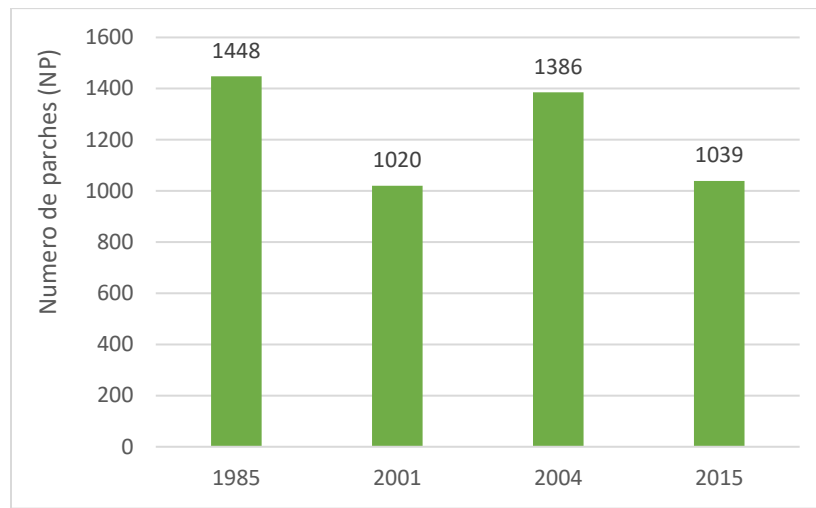
**Tabla 6. Porcentaje de coberturas dominantes del paisaje, periodo 1986-2015.**

Coberturas dominantes	Porcentaje del Paisaje (PLAND) %							
	1986		2001		2004		2015	
	%	Sup	%	Sup	%	Sup	%	Sup
Urbanización alta densidad	8,6	4231,5	9,2	4481,8	12,1	5927,5	12,4	6036,8
Forestal	22,2	10883,0	18,5	9042,8	23,1	11303,7	20,8	10161,4
Vegetación densa	18,1	8852,5	11,2	5464,9	18,4	9006,3	13,4	6562,1
Vegetación dispersa	18,1	8855,7	23,0	11275,1	14,4	7052,8	19,4	9491,9
Espacios abiertos	8,1	3979,9	14,1	6922,5	8,1	3944,7	9,3	4558,7
Humedal	7,2	3501,8	5,8	2845,4	5,2	2539,0	4,2	2050,6
Río	10,7	5226,7	10,7	5225,7	10,7	5224,4	10,7	5221,3

Fuente: Elaboración propia, 2016.

En cuanto al número de parches sobre el paisaje general se aprecian alzas y bajas en el número de estos entre año y año; el año 1986 es el año con una mayor cantidad de parches con un total de 1.448, en el año 2001 el número de parches disminuye a 1.020 siendo el año con la menor cantidad, para luego en el 2004, volver a ascender a 1.386 parches. Finalmente, para el año 2015 el área de estudio vuelve a reducir su número de parches a un total de 1039 parches (Ver Figura N°11).

**Figura N° 11. Numero de parches a nivel de paisaje (NP)**



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Las bajas y alzas en el número de parches en el paisaje durante el periodo estudiado, se relacionan con los cambios en el número de parches de coberturas específicas (Ver Tabla N° 7); en el periodo 1986-2001, las coberturas de vegetación densa, dispersa, los espacios abiertos con nula o poca vegetación, las áreas verdes, sitios eriazos y zonas de cultivos experimentan una baja en su número de parches. De forma contraria, el aumento en el número de parches durante el periodo 2001-2004 se asocia mayoritariamente con el alza de estos en las coberturas de baja densidad, vegetación densa, dispersa, industriales, áreas verdes, sitios eriazos, forestales y en menor medida de los humedales. Finalmente, para el 2015 la baja en el número de parches se vincula con la disminución abrupta de estos en las mismas coberturas que habían presentado aumentos en su número para el 2004.



**Tabla N° 7. Numero de parches de las coberturas de suelo, periodo 1986-2015.**

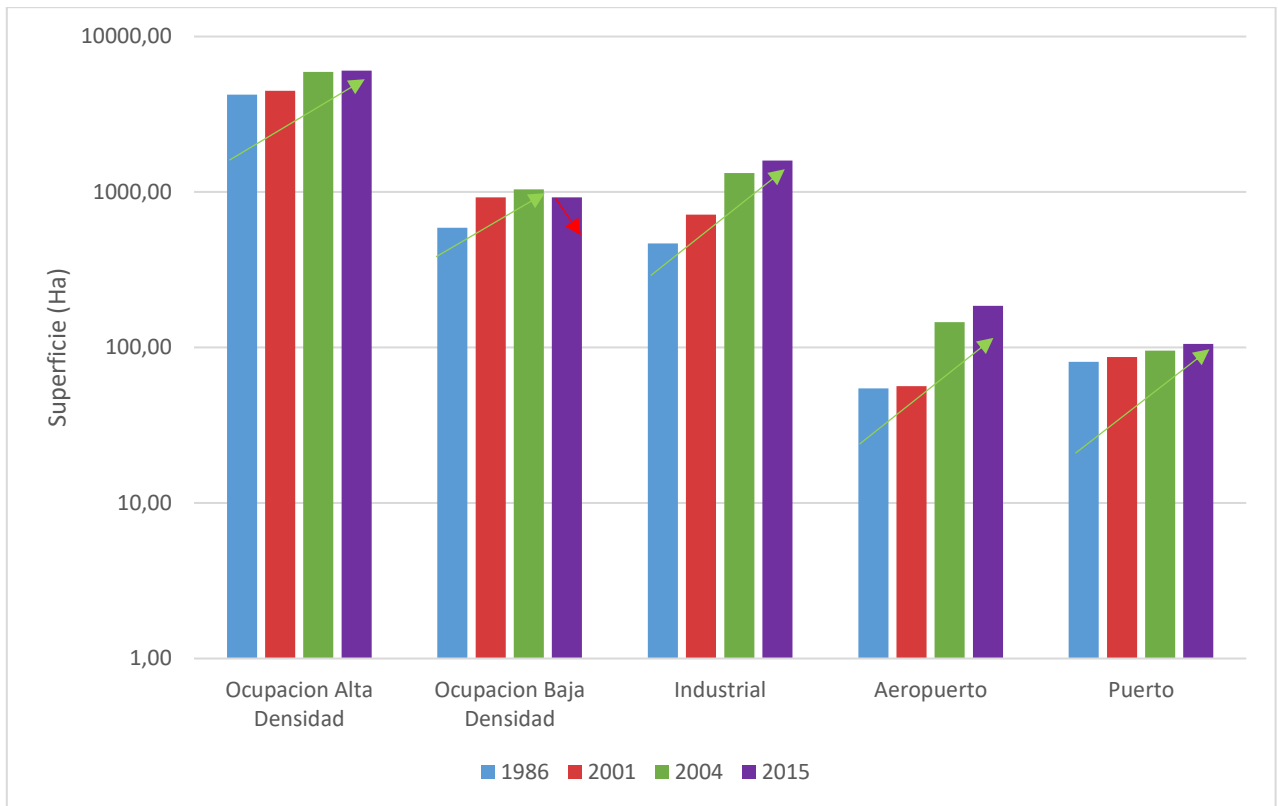
Coberturas	Numero de Parches (NP)			
	1986	2001	2004	2015
Urbanización Alta Densidad	41	42	42	44
Urbanización Baja Densidad	107	89	138	71
Industrial	45	61	86	71
Aeropuerto	1	1	1	1
Puerto	5	5	5	5
Áreas verdes	117	78	121	75
Sitio Eriazo	72	46	122	92
Forestal	77	96	128	100
Cultivo	32	23	31	30
Humedal	16	19	41	16
Vega	5	5	5	5
Vegetación Densa	301	140	232	160
Vegetación Dispersa	282	144	216	134
Poca o nula vegetación	309	248	181	200
Laguna	20	20	20	20
Rio	14	14	14	14

Fuente: Elaboración propia, 2016.

### 5.1.1 Coberturas de suelo con tendencia al alza de sus superficies.

Existen coberturas que poseen un patrón de evolución definido y con una clara tendencia al aumento de sus superficies durante todos los años estudiados. Estas coberturas corresponden a las superficies artificiales asociadas al entramado urbano, donde se destacan las zonas de urbanización de alta densidad junto con los sectores industriales, el aeropuerto y las áreas portuarias, las cuales presentan aumentos en sus superficies durante cada periodo que comprende la investigación (Ver Figura N°12), por lo que es posible atribuirles un proceso de expansión constante y que puede prolongarse para futuros años en base al comportamiento observado durante los años 1986 al 2015.

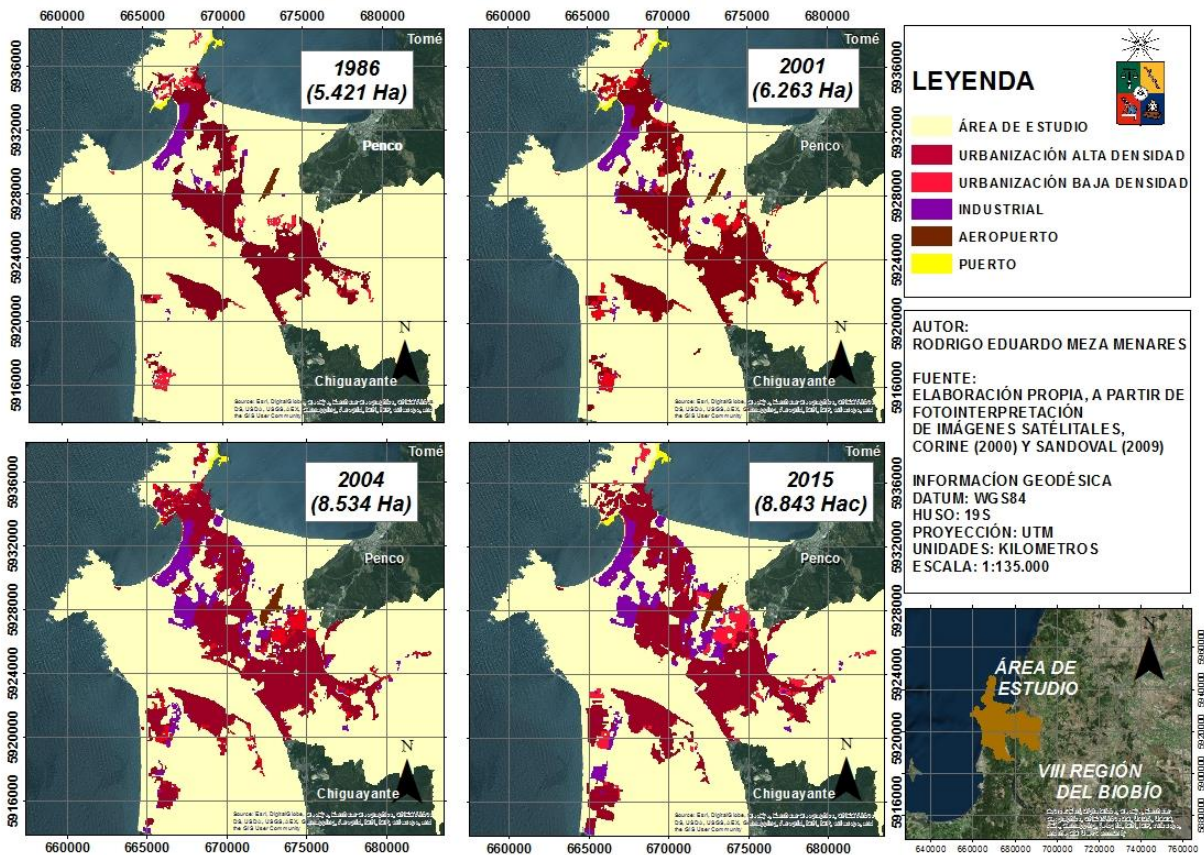
**Figura N° 12. Cambios de superficies para las coberturas artificiales del área de estudio, periodo 1986-2015.**



*Nota: el presente grafico esta presentado en escala logarítmica de diez, con el objeto de poder visualizar de mejor forma el aumento en superficie de las coberturas que poseen una menor proporción o dominancia en el paisaje (aeropuerto y zonas portuarias). Fuente: Elaboración propia, 2016.*

Relacionado a lo anterior, si se consideran todas las superficies artificiales estudiadas (las zonas de ocupación de alta y baja densidad, los sectores industriales, el aeropuerto y las zonas portuarias), estas aumentan significativamente en un 163,1% en relación a su superficie inicial, pasando de un total de 5.421 ha en 1986 a 8.843 ha en el año 2015 (Ver Figura N°13).

**Figura N° 13. Avance de coberturas artificiales, periodo 1986-2015.**

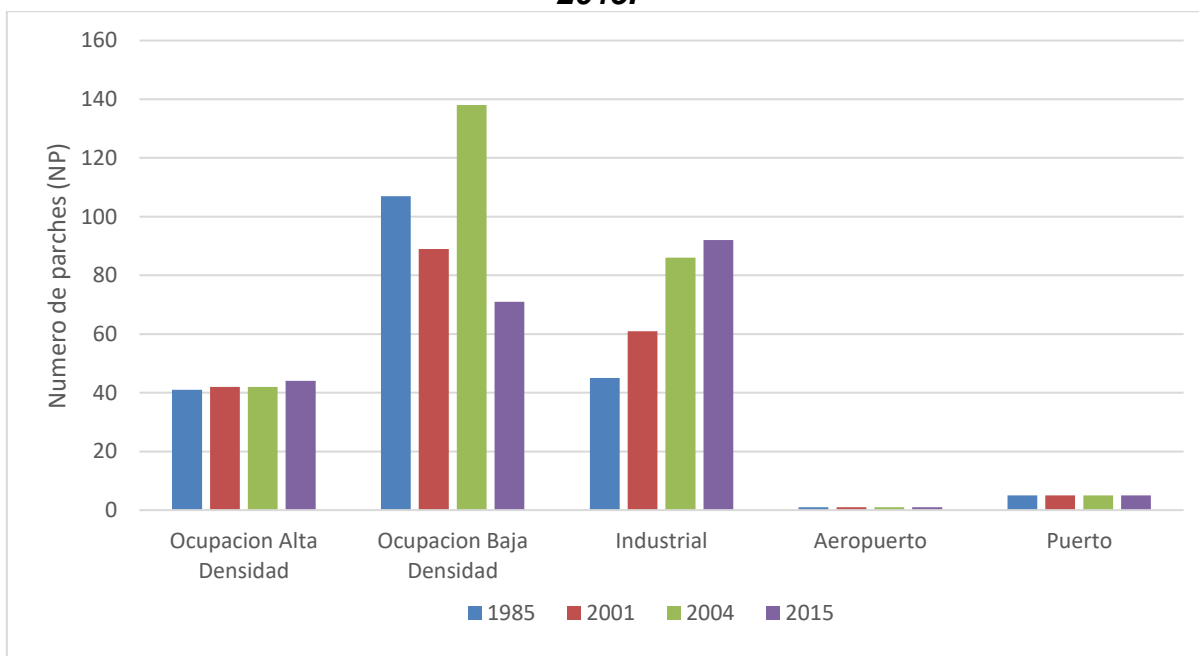


Fuente: Elaboración propia, 2016.

El aumento en el número de hectáreas de las coberturas artificiales posee relación directa con el aumento en el número de parches de las mismas durante los años de estudio (Ver Figura N°14), salvo en el caso excepcional de las zonas de urbanización de baja densidad, que para el año 2015 sufre una disminución en su número de parches, que se relaciona con una disminución de su número de hectáreas. Este fenómeno se explica por el cambio de dichas coberturas hacia zonas de urbanización de alta densidad, que junto con las coberturas industriales son las que presentan un crecimiento más acelerado en relación a otras coberturas para el año 2015.

El hecho de que exista un incremento en el número de hectáreas y de parches de cada cobertura artificial evidencia la constante presión antrópica a las cuales se ven sometidas otros tipos de coberturas, sin embargo, no todas las coberturas antrópicas presentan el mismo comportamiento en el aumento del número de sus parches. En este sentido, las áreas de urbanización de alta densidad aumentan en solo tres parches desde el año 1986 al 2015, por lo que el aumento en hectáreas de esta cobertura, se generó principalmente sobre las áreas previamente consolidadas. Ocurre un caso diferente para los sectores industriales, los cuales aumentan en 45 parches desde 1986 al 2015, por lo que se percibe una creación de nuevos sectores industriales que van acorde a su aumento en superficie. Finalmente, las zonas portuarias y el aeropuerto nos presentan variaciones en cuanto a su número de parches.

**Figura N° 14. Numero de parches de coberturas artificiales, periodo 1986-2015.**



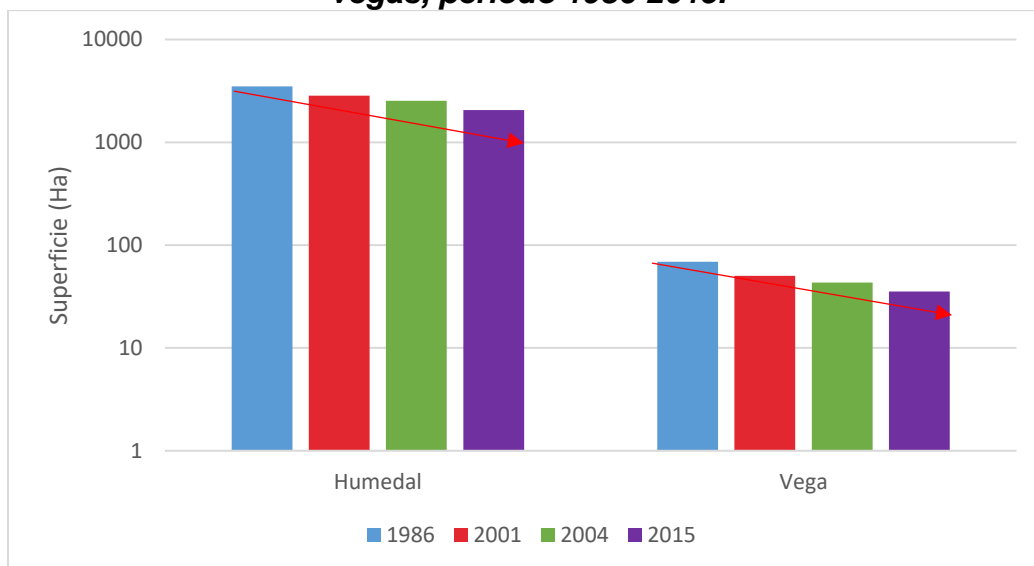
Fuente: Elaboración propia, 2016.

### 5.1.2 Coberturas de suelo con tendencia a la baja de sus superficies

En cuanto a las superficies que se encuentran sometidas a un patrón de disminución constante en sus superficies, se destacan las coberturas de humedales y vegas (Ver Figura N°15), las cuales experimentan continuas bajas en su cantidad de superficies llegando a perder desde el año 1986, un 41,4% y 48,8% de su superficie total respectivamente, en el año 2015.

Las causas que explican la constante merma de estas coberturas se debe principalmente a dos procesos: por una parte, a la degradación constante de estas coberturas convirtiéndose en zonas de vegetación dispersa o incluso de espacios con nula o poca vegetación, y, en segundo lugar, a la utilización de estos para la construcción de áreas residenciales de alta densificación (Ver Anexo N°11, 12 y 13). Esta situación es concordante con los estudios analizados en Smith (2007), donde se comprueba que las áreas de humedales y vegas dentro de la zona de estudio son mermadas por la degradación, la falta de cuidado en su mantenimiento y por el continuo avance de las áreas urbanas.

**Figura N° 15. Cambios de superficies para las coberturas de humedales y vegas, periodo 1986-2015.**



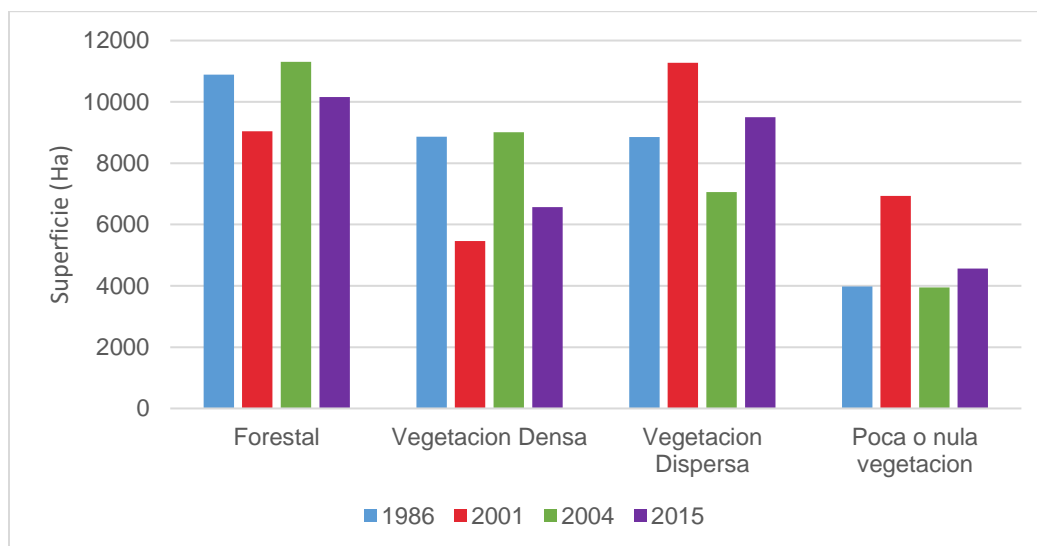
Fuente: Elaboración propia, 2016.

### **5.1.3 Coberturas de suelo con alzas y bajas de sus superficies.**

En cuanto a las superficies que poseen un comportamiento irregular en el tiempo, es posible encontrar las áreas de plantaciones forestales, zonas de vegetación densa y dispersa, espacios abiertos con nula o poca vegetación, áreas verdes, sitios eriazos y cultivos. Estas coberturas son las que poseen un mayor dinamismo en cuanto a su evolución a lo largo del tiempo, presentando tanto aumentos como pérdidas en sus superficies con el paso de los años.

Al analizar las coberturas dominantes en superficie dentro del paisaje para el periodo 1986-2001 (plantaciones forestales, zonas de vegetación densa, dispersa y espacios abiertos con nula o poca vegetación) (Ver Figura N°16), se aprecia que los espacios abiertos con nula o poca vegetación son las áreas con un mayor incremento en su número de hectáreas en relación a su superficie inicial, con un aumento de un 74,2% (2.953 ha)(Ver Tabla N° 11), provenientes mayoritariamente desde las coberturas forestales y de vegetación densa, las cuales perdieron un 17% y un 38,3% de su superficie, respectivamente. Cabe señalar que las coberturas de vegetación dispersa son la segunda categoría con mayor transición hacia los espacios abiertos (Ver Tabla N° 8), sin embargo, al igual que esta última, experimentan un incremento en su superficie, que, para el caso de la primera, corresponde a un 27% (Ver Tabla N° 11).

**Figura N° 16. Cambios de superficies para las dominantes en el paisaje, periodo 1986-2015.**



Fuente: Elaboración propia, 2016.

El avance de coberturas con poca o nula presencia de vegetación para este periodo, permite deducir que durante estos años el área de estudio estuvo sometida a procesos de degradación o deterioro en las coberturas con mayor presencia vegetal (Ver Anexo N°6 y 7), lo que puede traer como consecuencia directa una disminución en la provisión de ciertas funciones o servicios ecosistémicos durante dicho periodo.

**Tabla N° 8. Cambios hacia espacios abiertos con poca o nula vegetación, periodo 1986-2015.**

1986-2001		2001-2004		2004-2015	
forestal -> vegetación dispersa -> vegetación densa ->	2798,87	vegetación dispersa -> forestal -> vegetación densa ->	1374,04	forestal -> vegetación dispersa -> vegetación densa ->	1195,23
	1399,05		687,67		605,77
	955,02		333,97		569,13

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Cabe señalar que la situación presentada durante el periodo 1986-2001 cambia abruptamente para el periodo 2001-2004, ya que ocurren importantes pérdidas de superficie para los espacios abiertos con nula o poca vegetación (-43%) junto con

las áreas de vegetación dispersa (-37,4%) , mientras que las zonas de vegetación densa experimentan un alza importante en el tamaño total de su superficie con un incremento de un 64,8% (3.542 ha) (Ver Tabla N° 12), provenientes justamente desde las dos primeras coberturas señaladas junto a transiciones desde las áreas forestales (Ver Tabla N° 9) las que sin embargo, incrementaron su superficie en un 25% para ese periodo, fenómeno que a pesar de ocurrir en un periodo comprendido solamente por cuatro años, habla de una rápida recuperación de tales coberturas.

**Tabla N° 9. Cambios hacia zonas de vegetación densa, periodo 1986-2015.**

1986-2001		2001-2004		2004-2015	
vegetación dispersa ->	1352,37	vegetación dispersa ->	4102,18	forestal ->	2671,18
poca o nula vegetación ->	283,68	poca o nula vegetación ->	1923,01	vegetación dispersa ->	1122,33
forestal ->	230,19	forestal ->	574,08	poca o nula vegetación ->	119,41

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Finalmente, para el periodo 2004-2015, entre las cuatro coberturas mencionadas las zonas de vegetación dispersa experimentaron el mayor crecimiento en relación a su superficie inicial en el año 2004, con un incremento de un 34,6% (Ver Tabla N° 13) que se traduce en un aumento de 2.442 ha provenientes mayoritariamente desde las coberturas de vegetación densa y forestal (Ver Tabla N° 10), las que disminuyen su superficie en un 10,2% y un 27,1%, respectivamente.

**Tabla N° 10. Cambios hacia zonas de vegetación dispersa, periodo 1986-2015.**

1986-2001		2001-2004		2004-2015	
vegetación densa ->	2710,14	poca o nula vegetación ->	1407,81	vegetación densa ->	2901,30
poca o nula vegetación ->	1414,70	forestal ->	869,39	forestal ->	2509,04
forestal ->	1387,25	vegetación densa ->	607,79	poca o nula vegetación ->	877,88

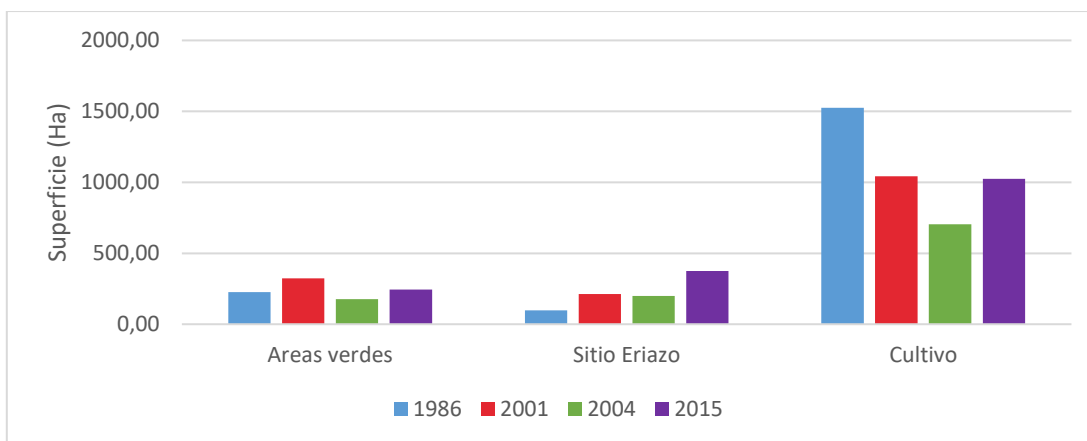
Fuente: Elaboración propia, 2016.

En cuanto a las áreas verdes, cultivos y sitios eriazos (Ver Figura N°17), se aprecia que estos últimos aumentan abruptamente en un 284,2% desde el año 1986 al



2015, pasando de 97,52 ha a 374,7 ha respectivamente (Ver Tabla N°11), y presentando solo un descenso despreciable de 12 ha desde el año 2001 al 2004. Si bien, esta cobertura posee una proporción insignificante del paisaje si se compara con otras categorías con mayor número de superficie, la importancia de su constante crecimiento radica en que estas zonas corresponden primordialmente a zonas de construcción, potenciales a convertirse en coberturas de carácter artificial, por lo que su aumento en superficie conlleva directamente a un avance de futuros usos de carácter impermeable y que se asocian con una prácticamente nula capacidad de proveer funciones y servicios ecosistémicos para el territorio.

**Figura N° 17. Aumento y pérdidas de superficies para las áreas verdes, sitios eriazos y cultivos, periodo 1986-2015.**



Fuente: Elaboración propia, 2016.

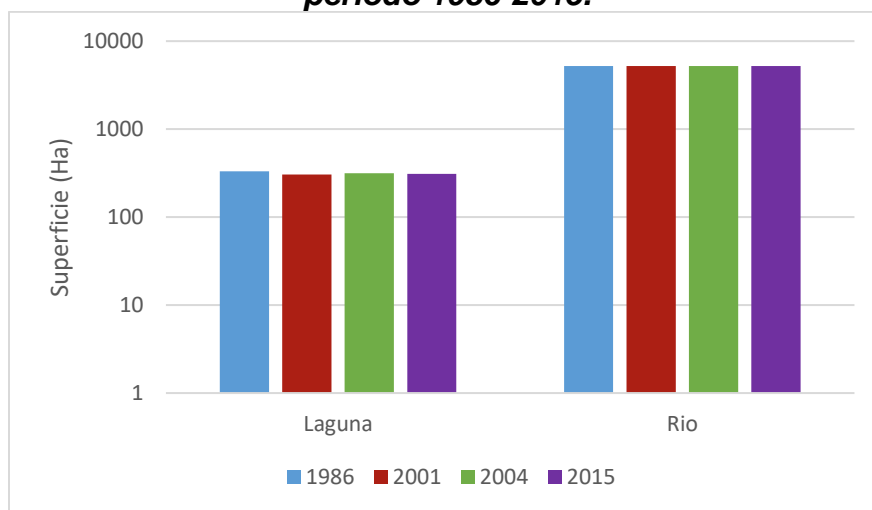
En cuanto a las áreas verdes, estas poseen su mayor incremento para el año 2001 con 42,3%, experimentando una baja de un 23% para el año 2004, y nuevamente un ascenso en el 2015 de un 7%. A pesar de esto, se aprecia que las principales pérdidas de este uso se asocian a la transformación de estas hacia coberturas artificiales como las áreas de alta y baja densidad y zonas industriales (Ver Anexo N°10,11 y 12). El irregular proceso que experimentan las áreas verdes puede responder a procesos tanto de degradación como de recuperación dentro del área de estudio, por lo que su análisis requiere de fuentes de información adicional a los procesos de fotointerpretación efectuados.

Por último las coberturas de cultivo, presentan una paulatina baja hasta el año 2004, reduciendo su superficie abruptamente en un 54% en relación a la superficie que poseían para el año 1986. Sin embargo, cabe señalar que para el año 2015 adquieren un vertiginoso ascenso en sus superficies, que se debe a la utilización de sectores de los humedales y de zonas de vegetación dispersa para la plantación de cultivos, las cuales pierden una cantidad de 99,2 y 328 ha respectivamente para dicho fin (Ver Anexo N°12).

#### 5.1.4 Coberturas de suelo sin cambios en sus superficies.

Finalmente, se aprecia que las coberturas o usos de carácter acuático como las lagunas y los ríos, prácticamente no experimentan cambios en su nivel de superficie durante ninguno de los años estudiados (Figura N° 18), situación favorable si se considera la capacidad potencial que poseen estas categorías de brindar funciones y servicios ecosistémicos.

**Figura N° 18. Cambio de superficies para las coberturas de lagunas y ríos, periodo 1986-2015.**



Fuente: Elaboración propia, 2016.

### **5.1.5 Proporción de cambios en las coberturas de suelo dentro del paisaje, periodo 1986-2001**

Al momento de analizar la proporción de cambios de cada cobertura de suelo respecto a su superficie en el año 1986, se observa que los sitios eriazos son la cobertura de suelo con mayor porcentaje de incremento en relación a su superficie inicial, aumentando en un 118,2% (115 ha) para el año 2001 (Ver Tabla N° 11).

Por otra parte, las zonas de vegetación densa son las que experimentaron una mayor pérdida disminuyendo en un 38,3%. Esto es una cifra significativa considerando que en el año 1986 dicha cobertura era la segunda mayor en superficie con un total de 8.859 hectáreas (Ver Anexo N°10), siendo superada solo por las plantaciones forestales con 10.890 hectáreas (Ver Tabla N°11).

Al momento de analizar las coberturas asociadas al área urbana (zonas de alta y baja densidad, industrias, el aeropuerto, las zonas portuarias, las áreas verdes y los sitios eriazos), es posible apreciar que todas presentan un aumento en sus superficies, donde las zonas de baja densidad son la que tuvieron un mayor incremento (56%) (Ver Tabla N°11).

**Tabla N° 11. Valores absolutos y porcentuales de las tasas de cambio de superficie. Periodo 1986-2001.**

Coberturas	Sup 1986 (Ha)	Sup 2001 (Ha)	Sup de Cambio	%
Sitio Eriazo	97,5	212,8	115	118,2
Poca o nula vegetación	3977,8	6929,8	2952	74,2
Ocupación Baja Densidad	588,7	922,6	334	56,7
Industrial	466,4	715,9	250	53,5
Áreas verdes	227,0	323,2	96	42,4
Vegetación Dispersa	8853,0	11275,9	2423	27,4
Puerto	81,0	87,0	6	7,4
Ocupación Alta Densidad	4230,9	4481,2	250	5,9
Aeropuerto	54,5	56,4	2	3,5
Rio	5226,7	5225,7	-1	0,0
Laguna	331,1	305,8	-25	-7,7
Forestal	10890,3	9044,0	-1846	-17,0
Humedal	3505,7	2848,1	-658	-18,8
Vega	69,1	50,2	-19	-27,3
Cultivo	1524,9	1042,7	-482	-31,6
Vegetación Densa	8859,7	5463,3	-3396	-38,3

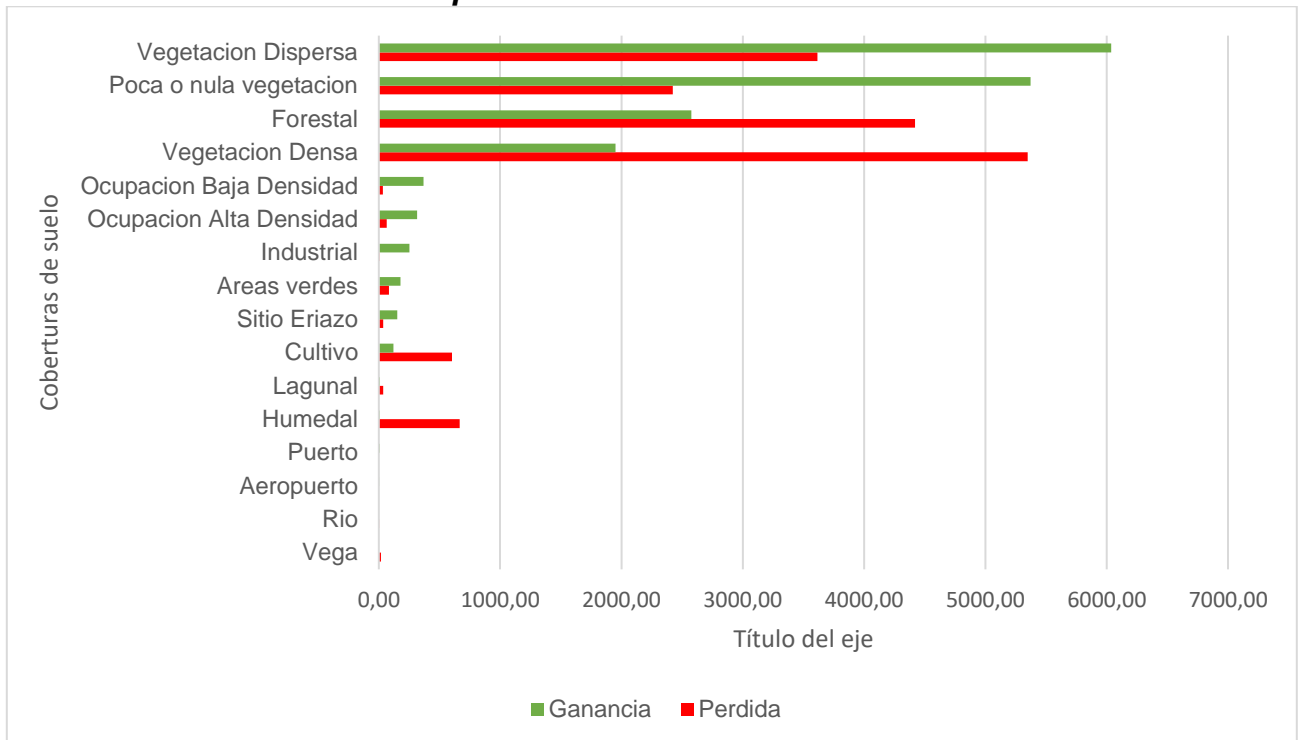
**Nota.** Esta Tabla muestra las superficies totales entre los años 1986 y 2001, con sus tasas de cambio en superficie como valor absoluto y su porcentaje de cambio en relación a la superficie inicial. Esto permite apreciar que, si bien los espacios con nula o poca vegetación son los que incorporaron mayor número de hectáreas a su superficie para el año 2001, los sitios eriazos son los que expresaron un mayor crecimiento en relación a su superficie inicial en el año 1986. Fuente Elaboración propia, 2016.

En relación a las ganancias o pérdidas brutas de las coberturas estudiadas durante el periodo 1986-2001 (Ver Figura N°19), las áreas de vegetación densa, dispersa, las plantaciones forestales y los espacios abiertos con nula o poca vegetación, son las coberturas que experimentan las mayores pérdidas.

Por otra parte, las coberturas de carácter urbano como zonas de alta y baja densidad, junto con los sectores industriales, portuarios y el aeropuerto, muestran prácticamente solo ganancias en sus superficies entre 1986 y 2001, fenómeno que enfatiza el desarrollo de las superficies artificiales y la consolidación del área metropolitana en las cuatro comunas estudiadas. En el caso contrario, los humedales, vegas y las zonas de cultivo sufren importantes pérdidas de superficies.

Finalmente, los ríos y lagunas prácticamente se mantienen invariables en el intervalo estudiado.

**Figura N° 19. Pérdidas y ganancias brutas de las coberturas de suelo, periodo 1986-2001.**



Fuente: Elaboración propia, 2016.

### 5.1.6 Proporción de cambios en las coberturas de suelo dentro del paisaje, periodo 2001-2004

Respecto a la variación de las coberturas estudiadas en base a su superficie inicial en el año 2001, se observa que el aeropuerto posee un crecimiento de un 158,8% (89 ha), seguido de las zonas industriales que crecen en un 85% (608 ha). En cuanto a las superficies que tuvieron una proporción negativa de crecimiento, las áreas verdes se reducen abruptamente en un 45,2%, seguido de los espacios abiertos con nula poca vegetación y las áreas de vegetación dispersa con una reducción de sus superficies en un 43 y 37,4%, respectivamente (Ver Tabla N°12).

**Tabla N° 12. Valores absolutos y porcentuales de las tasas de cambio de superficie. Periodo 2001-2004.**

<b>Coberturas</b>	<b>Sup 2001 (Ha)</b>	<b>Sup 2004 (Ha)</b>	<b>Tasa de Cambio</b>	<b>%</b>
Aeropuerto	56,4	145,8	89,4	158,4
Industrial	715,9	1324,7	608,8	85,0
Vegetación Densa	5463,3	9005,4	3542,2	64,8
Ocupación Alta Densidad	4481,2	5928,0	1446,7	32,3
Forestal	9044,0	11308,8	2264,8	25,0
Ocupación Baja Densidad	922,6	1040,5	117,9	12,8
Laguna	305,8	314,2	8,4	2,7
Rio	5225,7	5224,4	-1,3	0,0
Sitio Eriazo	212,8	200,2	-12,6	-5,9
Humedal	2848,1	2540,6	-307,6	-10,8
Puerto	87,0	63,3	-23,6	-27,2
Cultivo	1042,7	704,8	-337,9	-32,4
Vegetación Dispersa	11275,9	7059,9	-4216,0	-37,4
Poca o nula vegetación	6929,8	3948,4	-2981,4	-43,0
Áreas verdes	323,2	177,0	-146,3	-45,2
Vega	50,2	43,4	-6,9	-13,6

Fuente: Elaboración propia, 2016.

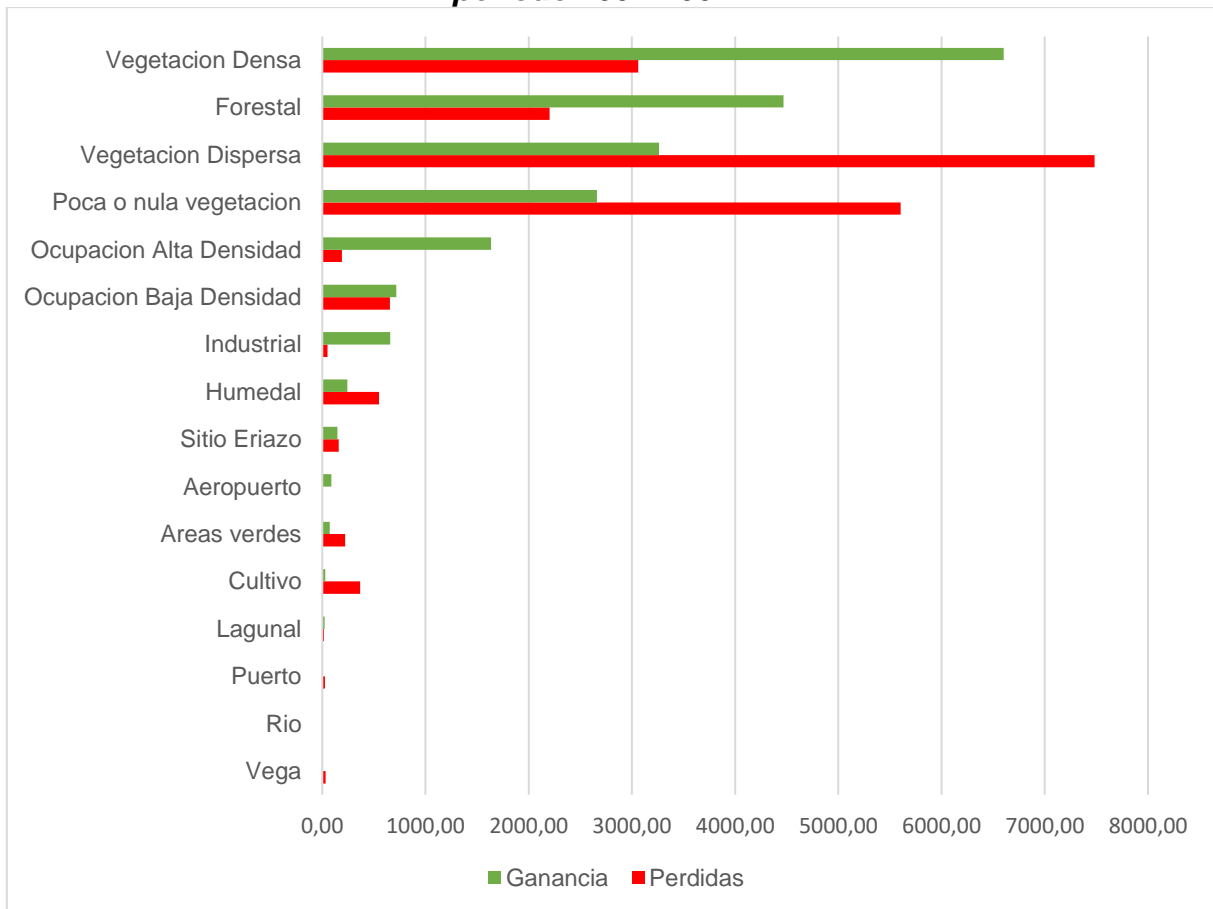
En cuanto a las coberturas con mayor cantidad de hectáreas de ganancia o pérdida (Ver Figura N°20), se encuentran las zonas de vegetación dispersa y los espacios abiertos con nula o poca vegetación, disminuyendo 4.216 y 2.981 ha respectivamente. Caso contrario al periodo anterior, donde dichas coberturas fueron las que experimentaron un mayor incremento en hectáreas. Esto refleja una transformación de las coberturas de vegetación densa y forestal en las coberturas de vegetación dispersa y en espacios abiertos con nula o poca vegetación.

Esta situación se explica al ver los aumentos de superficie, donde las áreas de vegetación dispersa y los espacios abiertos con nula o poca vegetación se encuentran entre las superficies con mayor ganancia, siendo superadas solo por las coberturas forestales que incrementaron su superficie en 4.468 ha, y por las áreas de vegetación densa con un alza de 6.601 ha, siendo esta última, la cobertura con mayor ganancia en dicho periodo.

En relación a los elementos presentes en el área urbana, las zonas de urbanización en alta densidad seguido de las industrias mantienen tasas importantes de ganancias, con 1.636 y 659 ha respectivamente, mientras que sus pérdidas son de 189 y 50 ha para cada cobertura. Cabe señalar la pérdida importante que se observa en las áreas de urbanización de baja densidad, donde 654 hectáreas de su cobertura cambiaron a otro tipo de uso, situación que se explica por la transformación de estas hacia áreas de alta densidad.

Por otro lado, coberturas como las áreas de cultivo, las áreas verdes y los humedales experimentaron pérdidas en sus superficies que no pudieron ser compensadas por las ganancias que obtuvieron desde otras coberturas.

**Figura N° 20. Pérdidas y ganancias brutas de las coberturas de suelo, periodo 2001-2004.**



Fuente: Elaboración propia, 2016.

### 5.1.7 Proporción de cambios en las coberturas de suelo dentro del paisaje, periodo 2004-2015

Si se observa la Tabla N° 13, en las coberturas que obtuvieron un mayor crecimiento proporcional a sus respectivas superficies en el año 2004 se encuentran los sitios eriazos con un aumento de un 87% de superficie (174 ha), seguido por las zonas portuarias, que ascienden en un 66,3% (42 ha) para el 2015.

Por otra parte, las zonas de cultivos se encuentran en el tercer lugar con un aumento considerable de un 45% (318 ha). Esta situación contrasta con todos los años anteriores, donde las zonas de cultivos se encontraban en una situación de constante pérdida en sus superficies.

En cuanto a las coberturas que sufrieron pérdidas, las zonas de vegetación densa perdieron un 27,1% (2438,9 ha) de su superficie para el año 2015, siendo las coberturas con mayor porcentaje de pérdida. Después de esta, se encuentran los humedales con una pérdida de un 19,1% (484,6 ha), siendo una de las coberturas que durante los tres periodos estudiados solamente ha experimentado disminución en su superficie, y en tercer lugar, se encuentran zonas de urbanización de baja densidad, con una pérdida de un 11,2% (116,7 ha) de su superficie.

**Tabla N° 13. Valores absolutos y porcentuales de las tasas de cambio de superficie. Periodo 2004-2015.**

Coberturas	Sup 2004 (Ha)	Sup 2015 (Ha)	Tasa de Cambio	%
Sitio Eriazo	200,2	374,8	174,6	87,2
Puerto	63,3	105,3	42,0	66,3
Cultivo	704,8	1023,6	318,8	45,2
Áreas verdes	177,0	244,8	67,8	38,3
Vegetación Dispersa	7059,9	9502,4	2442,5	34,6
Aeropuerto	145,8	185,1	39,3	26,9
Industrial	1324,7	1593,5	268,9	20,3
Poca o nula vegetación	3948,4	4560,3	611,9	15,5
Ocupación Alta Densidad	5928,0	6035,5	107,6	1,8
Vega	43,4	35,4	8,0	-18,5
Rio	5224,4	5221,3	-3,1	-0,1
Laguna	314,2	308,8	-5,4	-1,7
Forestal	11308,8	10159,0	-1149,8	-10,2



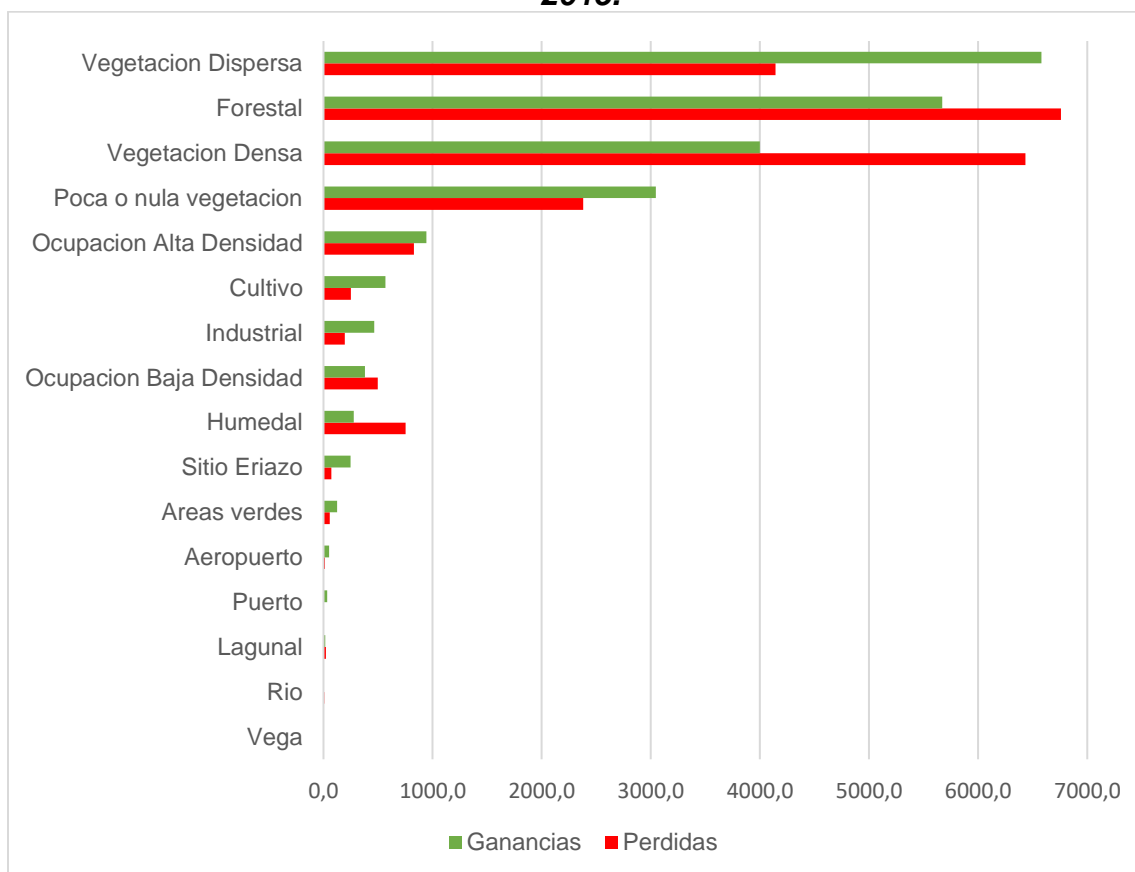
Cambio en las coberturas de suelo y su impacto sobre las funciones y servicios ecosistémicos en el área metropolitana de Concepción, periodo 1986-2015.

Ocupación Baja Densidad	1040,5	923,8	-116,7	-11,2
Humedal	2540,6	2056,0	-484,6	-19,1
Vegetación Densa	9005,4	6566,5	-2438,9	-27,1

Fuente: Elaboración propia, 2016.

En cuanto a las ganancias y pérdidas brutas (Ver Figura N°21), y al igual que en los dos periodos anteriores, la vegetación dispersa, las áreas forestales, las zonas de vegetación densa y los espacios abiertos con nula o poca vegetación son las coberturas con mayor ganancia neta, y a la vez, las que experimentaron mayores transformaciones hacia otras coberturas, donde las plantaciones forestales sufrieron la mayor pérdida con 6.759 hectáreas, seguido de las zonas de vegetación densa con 6.432 hectáreas.

**Figura N° 21. Pérdidas y ganancias de las coberturas de suelo, Periodo 2004-2015.**



Fuente: Elaboración propia, 2016.

## 5.2 EVALUACIÓN DE FUNCIONES Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

### 5.2.1 Matriz final de funciones y servicios ecosistémicos

El resultado de la consulta a los siete expertos se puede ver en la Figura N° 22, donde se observa una nula capacidad de sostener y proveer tanto funciones como servicios ecosistémicos por parte de las coberturas urbanas. La excepción corresponde a las áreas verdes que tienen la capacidad de sostener hasta seis funciones ecosistémicas y de proveer cinco servicios ecosistémicos culturales, y las zonas portuarias que proveen de un solo servicio ecosistémico de regulación correspondiente al control de inundaciones.

**Figura N° 22. Matriz binaria de sostenimiento y provisión de funciones y servicios ecosistémicos.**

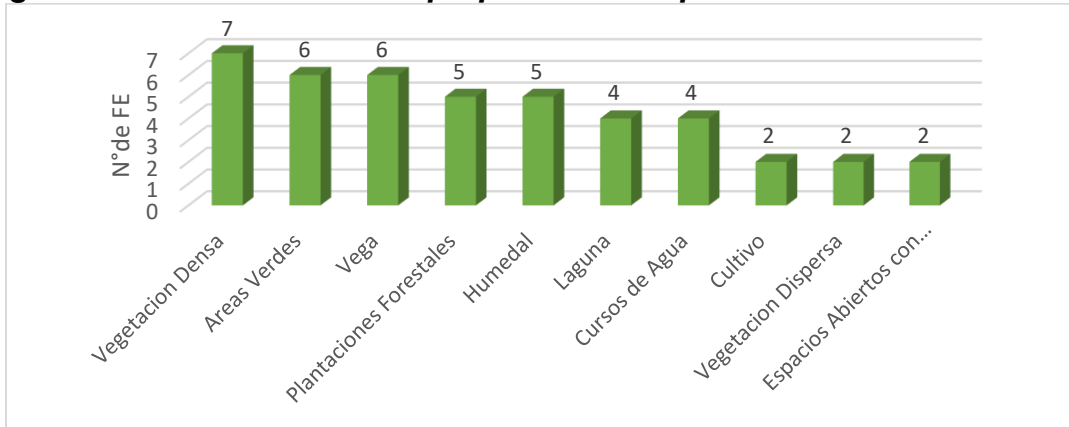
	Funciones ecológicas										Servicios de provisión										Servicios de Regulación										Servicios Culturales				
	Heterogeneidad Abiótica	Biodiversidad/ Habitat	Ciclos de agua	Formación de suelo	Fotosíntesis/ Producción de Oxígeno	Ciclo de nutrientes	producción primaria	Polinización	Cultivos	Ganado	Forraje	Captura de Peces	Acuicultura	Alimentos Silvestres	Madera	Lefía	Medicina natural	Agua Fresca	Regulación del Clima Local	Regulación del Clima Global	Control de Inundaciones	Recarga de Aguas Subterráneas	Regulación de la Calidad del Aire	Regulación de la Erosion	Regulación de Nutrientes	Purificación del Agua	Recreación y ecoturismo	valoración esteico	Valor religioso y espiritual	valor educativo	Valor cultural heredado	Valor de inspiración	Relaciones sociales		
Urbanización Alta Densidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Urbanización Baja Densidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Industrial	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Aeropuerto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Puerto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Áreas Verdes	6	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1	1	1	0	0	1	1		
Sitio Erizado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Plantaciones Forestales	5	1	0	0	1	1	1	1	4	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0		
Cultivo	2	0	0	0	1	1	0	0	3	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Humedal	5	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	4	1	1	0	1	0	1	0		
Vega	6	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
Vegetación Densa	7	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0		
Vegetación Dispersa	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Espacios Abiertos o Nula o Poca Veg	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Laguna	4	1	1	1	0	1	0	0	3	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0		
Río	4	1	1	1	0	1	0	0	3	0	0	1	0	1	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0		

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

Las coberturas de suelo con capacidad para sostener un mayor número de funciones ecosistémicas se muestran en la Figura N°23, donde se aprecia que 10 de las 16 coberturas evaluadas tienen potencial de sostener funciones

ecosistémicas. De estas 10 coberturas, las áreas de vegetación densa son las que tienen asociado un mayor número de funciones ecosistémicas (7), seguido de las áreas verdes (6) y las vegas (6).

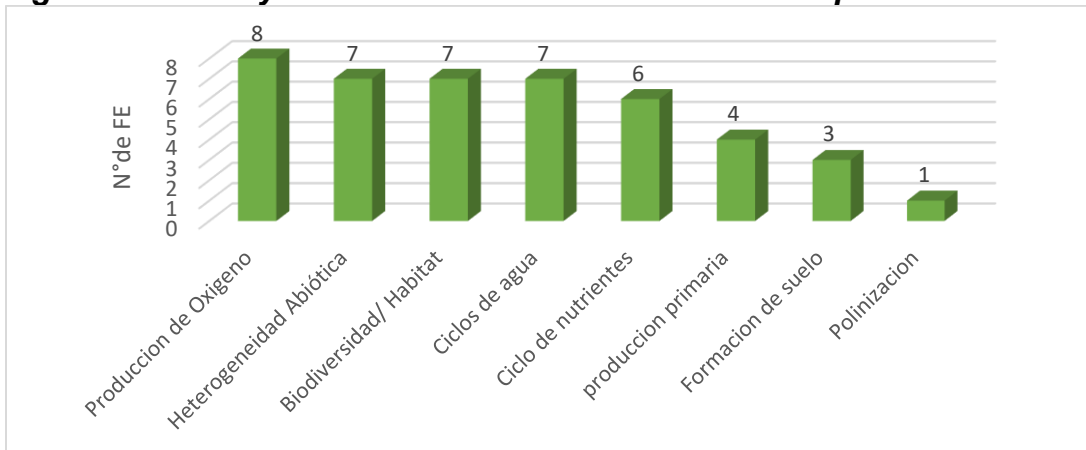
**Figura N° 23. Cantidad de FE proporcionados por las coberturas de suelo.**



Fuente: Elaboración propia, 2016.

En cuanto a las funciones ecosistémicas que pueden ser sostenidas por un mayor número de coberturas de suelo (Ver Figura N°24), se encuentra la producción de oxígeno, que puede ser sostenida por ocho coberturas, seguido de la heterogeneidad abiótica, la biodiversidad y los ciclos del agua, las cuales, pueden ser sostenidas por 7 coberturas diferentes.

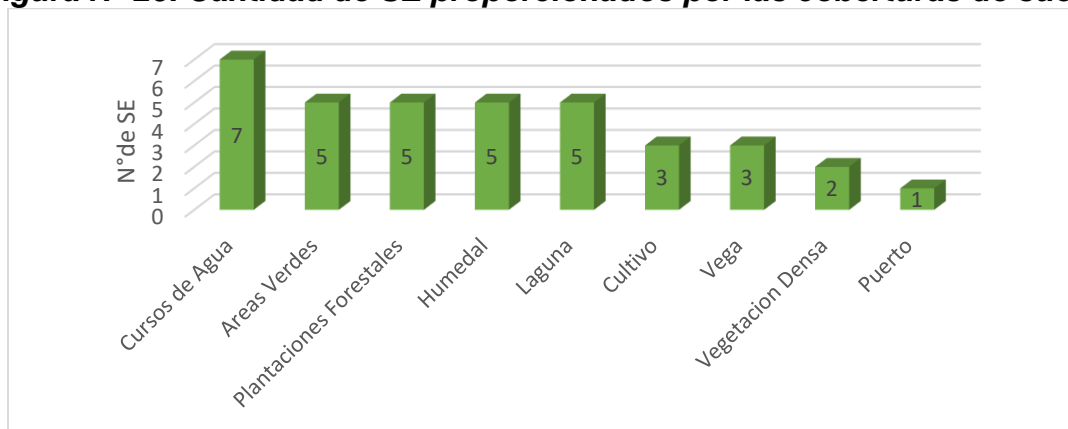
**Figura N° 24. FE y el número de coberturas de suelos que las sostienen.**



Fuente: Elaboración propia

Al analizar el potencial de las coberturas de suelo para proveer servicios ecosistémicos ya sea en cualquiera de sus categorías (Ver Figura N°25), se observa que 9 coberturas pueden proveer de algún tipo de servicio. Entre estas, los ríos poseen la mayor capacidad de proveer un mayor número de servicios (7), seguido de las áreas verdes, humedales, lagunas y plantaciones forestales que pueden proveer hasta 5 servicios ecosistémicos.

**Figura N° 25. Cantidad de SE proporcionados por las coberturas de suelo.**

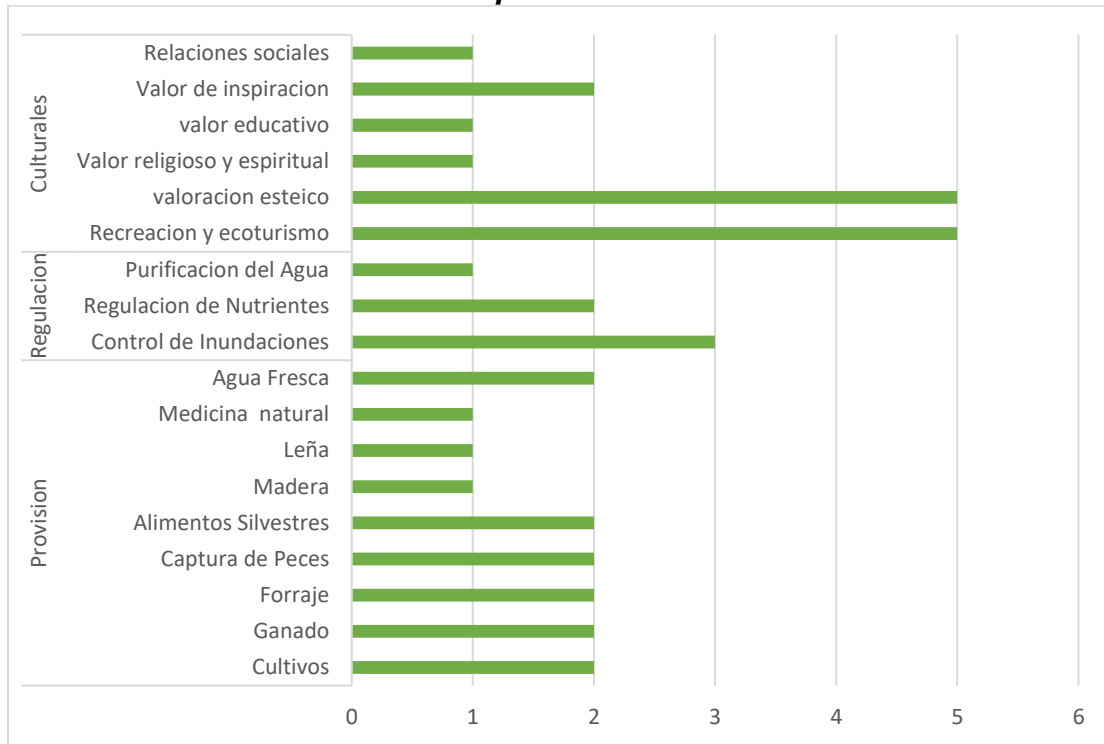


Fuente: Elaboración propia, 2016.

En cuanto a los servicios ecosistémicos que pueden ser provistos por un mayor número de coberturas de suelo (Ver Figura N°26), se encuentran servicios ecosistémicos de carácter cultural, específicamente la valoración estética y la recreación y ecoturismo (5), seguido del control de inundación en tercer lugar (3).

Cabe destacar que de los 25 servicios ecosistémicos evaluados dentro de todas sus categorías, 18 podían ser provistos por al menos una de las coberturas de suelos analizadas, mientras que los servicios de acuicultura, la regulación del clima local y global, recarga de aguas subterráneas, regulación de la calidad del aire, regulación de la erosión y el valor cultural heredado no son provistos por ninguna de las coberturas presentes en el área de estudio.

**Figura N° 26. SE por categoría y el número de coberturas de suelos que los proveen.**

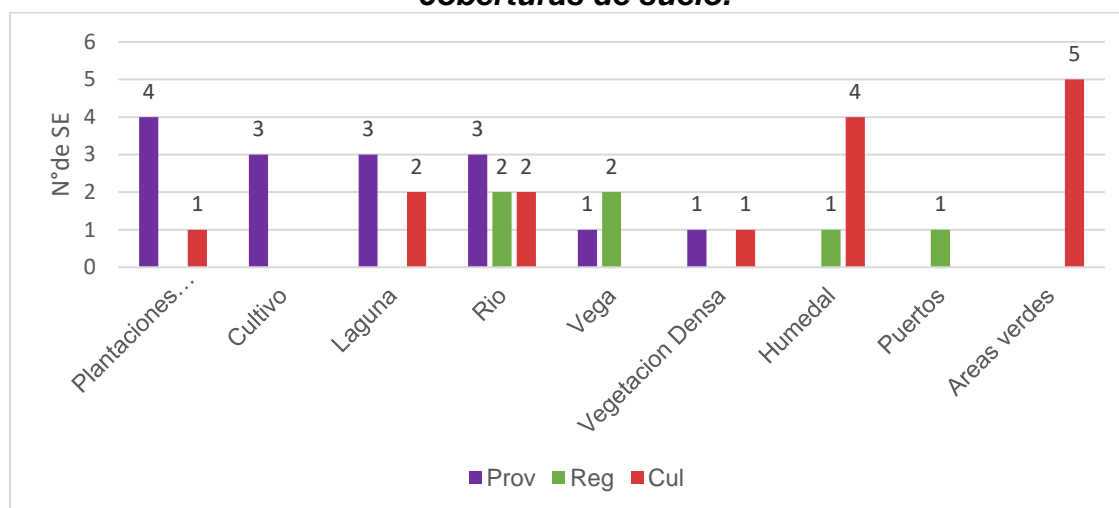


Fuente: Elaboración propia, 2016.

Finalmente, al analizar detalladamente la provisión de servicios ecosistémicos por categoría, la Figura N°27 detalla la capacidad de las coberturas para proveer servicios de provisión, regulación o culturales.

A partir de esta figura se puede observar que seis de las 16 coberturas de suelo analizadas tiene potencial de proveer servicios de provisión, donde las plantaciones forestales pueden proveer un mayor número de estos (4), seguido de las zonas de cultivos, las lagunas y los cuerpos de agua (3). Por otra parte, los servicios de regulación solo son provistos por cuatro coberturas de suelo, siendo la categoría con menor capacidad de ser provista dentro del área de estudio, donde los ríos y vegas pueden proveer hasta solamente dos de este tipo de servicios. Finalmente, seis coberturas de suelo tienen la capacidad de proveer algún tipo de servicio ecosistémico cultural, siendo las áreas verdes la cobertura con mayor potencial de provisión (5), seguido de los humedales (4), los ríos y las vegas (2).

**Figura N° 27. Cantidad de SE (por categoría) proporcionados por las coberturas de suelo.**



Fuente: Elaboración propia, 2016.

## 5.2.2 PROVISIÓN POTENCIAL DE FUNCIONES ECOSISTÉMICAS

En la figura N°28 se muestran la cantidad de hectáreas que experimentaron un aumento/pérdida en el sostenimiento de funciones ecosistemas, y su relación porcentual en relación a las superficies que no sufrieron cambios.

En base a lo anterior, se aprecia que en todos los periodos estudiados las áreas que no experimentaron cambios representan una mayor proporción del área de estudio, sin embargo, el porcentaje del territorio que se ve expuesto a una variación en el sostenimiento de funciones (ya sea tanto de ganancia como de pérdida de estos) aumenta gradualmente, por lo que la superficie que se mantiene sin ningún tipo de cambio disminuye en cada periodo. En este sentido, del 71,7% (35.091 ha) del área que no experimenta cambios en el periodo 1986-2001, desciende a un 56,4% (27.529 ha) del territorio para el año 2015.

En relación a las áreas afectadas por una Pérdida en el sostenimiento de funciones, se observa que la mayor disminución se encuentra en el periodo 2004-2015, donde

un 28% (13.661 ha) de la superficie total del área de estudio se vio expuesta a una merma, seguido del periodo 1986-2001 con un 22,1% (10.813 ha).

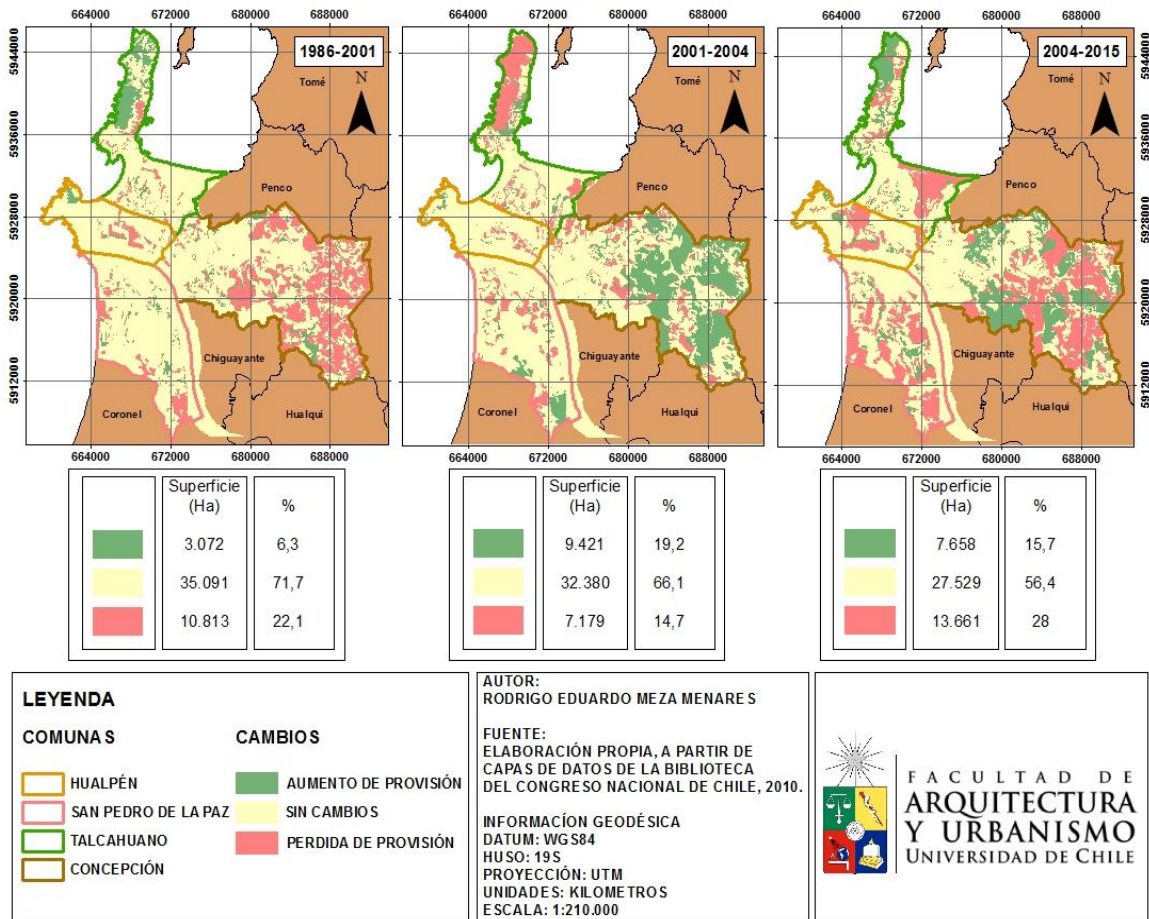
Por el contrario, la mayor cantidad de superficie en experimentar un aumento en el sostenimiento de funciones ecosistémicas se observa en el periodo 2001-2004, con un 19,2% (9.421 ha) de su superficie total, seguido del periodo 2004-2015 con un 15,7% (7.658 ha).

En términos espaciales, los cambios en el sostenimiento de funciones varían en cada periodo de análisis. Para el periodo 1986-2001, se observa que las áreas afectadas por pérdida de funciones se concentran mayoritariamente en la zona Este de la comuna de Concepción, mientras que las áreas que experimentaron una ganancia se localizan principalmente en la península de Tumbes, sector Norte de la comuna de Talcahuano.

Para el periodo 2001-2004 los cambios se invierten abruptamente, es decir, las áreas que se vieron sometidas a pérdidas en el periodo anterior, pasan a experimentar un aumento en el sostenimiento de funciones, y viceversa, para las superficies expuestas a un alza en el periodo 1986-2001, se evidencian mayoritariamente pérdidas en el periodo 2001-2004.

Finalmente, para el periodo 2004-2015 se observa que dentro del sector Este de la comuna de Concepción existen áreas afectadas por pérdidas, como también superficies que experimentaron un alza en el sostenimiento de funciones. Se destaca la comuna de San Pedro de la Paz la cual, ha presentado aumentos paulatinos en la cantidad de hectáreas afectadas por pérdida de funciones ecosistémicas, llegando a poseer la mayor cantidad de superficie comprometida para el último periodo.

**Figura N° 28. Superficies expuestas a cambios en el sostenimiento de funciones ecosistémicas, periodo 1986-2015**



Fuente: Elaboración propia, 2016.

### 5.2.2.1 Superficie afectada y cambios en el número de FE, periodo 1986-2001

Al enfocar la atención en solo los lugares que presentaron cambios en el sostenimiento de funciones, ya sea en cuanto a aumento o déficit en su provisión, siendo el foco central del presente trabajo, a través de la Tabla N°14 se observa que 4.189 ha sufrieron una pérdida de al menos tres funciones ecosistémicas específicas, representando el mayor porcentaje en el área de estudio con un 30,17% del total de las superficies que experimentaron algún tipo de cambio. En este



sentido, le siguen 3.687,8 ha que perdieron al menos cinco funciones ecosistémicas, junto con las áreas que perdieron al menos dos servicios ecosistémicos, con un déficit de 2.155 ha. En cuanto a las superficies que evidenciaron un incremento en su provisión, 1.666 ha del paisaje total de cambio aumentaron su dotación en al menos cinco funciones ecosistémicas, lo que equivale a un porcentaje de solo un 12%, siendo el más alto si se consideran sólo las superficies que presentaron un alza en sostenimiento.

**Tabla N° 14. Numero de FE perdidos o ganados por cantidad de superficie, periodo 1986-2001.**

Cambio	Numero de FE	Sup (Ha)	% del área total de cambio
Aumento	7	0,2	0,00
	6	5,2	0,04
	5	1666,1	12,00
	4	102,1	0,74
	3	1012,9	7,29
	2	231,4	1,67
	1	54,4	0,39
Disminución	-1	38,5	0,28
	-2	2155,9	15,53
	-3	4189,0	30,17
	-4	377,4	2,72
	-5	3687,8	26,56
	-6	286,1	2,06
	-7	78,4	0,56

Fuente: Elaboración propia

#### 5.2.2.2 Superficie afectada y cambios en el número de FE, periodo 2001-2004

Para el periodo 2001-2004, los porcentajes obtenidos en base a solo las superficies de cambio, demuestran que un 36% (6.031 ha) obtuvo aumentos en al menos cinco funciones ecosistémicas, siendo las superficies de ganancia en funciones con mayor proporción en relación a toda la superficie que presentó algún cambio. En cuanto a las áreas con pérdida en la provisión, los sectores que perdieron al menos

Cambio en las coberturas de suelo y su impacto sobre las funciones y servicios ecosistémicos en el área metropolitana de Concepción, periodo 1986-2015.

dos funciones ecosistémicas fueron las que presentaron mayor proporción de pérdida en relación a toda el área, con un 22,1% (3.669 ha) (Ver Tabla N° 15).

**Tabla N° 15. Numero de FE perdidos o ganados por cantidad de superficie, periodo 2001-2004.**

Cambio	Numero de FE	Sup (Ha)	% del área total de cambio
Aumento	7	0,4	0,00
	6	5,9	0,04
	5	6031,3	36,33
	4	300,0	1,81
	3	2487,2	14,98
	2	587,8	3,54
	1	8,4	0,05
Disminución	-1	15,6	0,09
	-2	3653,9	22,01
	-3	1559,0	9,39
	-4	454,3	2,74
	-5	1017,7	6,13
	-6	346,6	2,09
	-7	132,1	0,80

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.2.3 Superficie afectada y cambios en el número de FE, periodo 2004-2015

En cuanto al total de superficies asociadas a un cambio de sostenimiento en este periodo (Ver Tabla N°16), las zonas que mermaron su dotación en tres funciones ecosistémicas son las que poseen mayor cantidad de hectáreas de pérdida con 3.805 ha en total, lo que representa el 17,85% de la superficie total de cambio, seguido estrechamente por las zonas que perdieron cinco funciones ecosistémicas con 3.737 ha, es decir, un 17, 53% de la superficie total de cambio.

Las zonas que incrementaron hasta en 2 y en 3 su dotación de funciones ecosistémicas representan el 28% de la superficie total de cambio, sumando entre las dos 6.126 ha.

**Tabla N° 16. Numero de FE perdidos o ganados por cantidad de superficie, periodo 2004-2015.**

Cambio	Numero de FE	Sup (Ha)	% del área total de cambio
Aumento	7	65,2	0,31
	6	110,4	0,52
	5	1298,8	6,09
	4	17,8	0,08
	3	3028,8	14,21
	2	3133,3	14,70
	1	3,8	0,02
Disminución	-1	1781,2	8,35
	-2	3429,5	16,09
	-3	3805,3	17,85
	-4	536,7	2,52
	-5	3737,3	17,53
	-6	279,2	1,31
	-7	92,3	0,43

Fuente: Elaboración propia

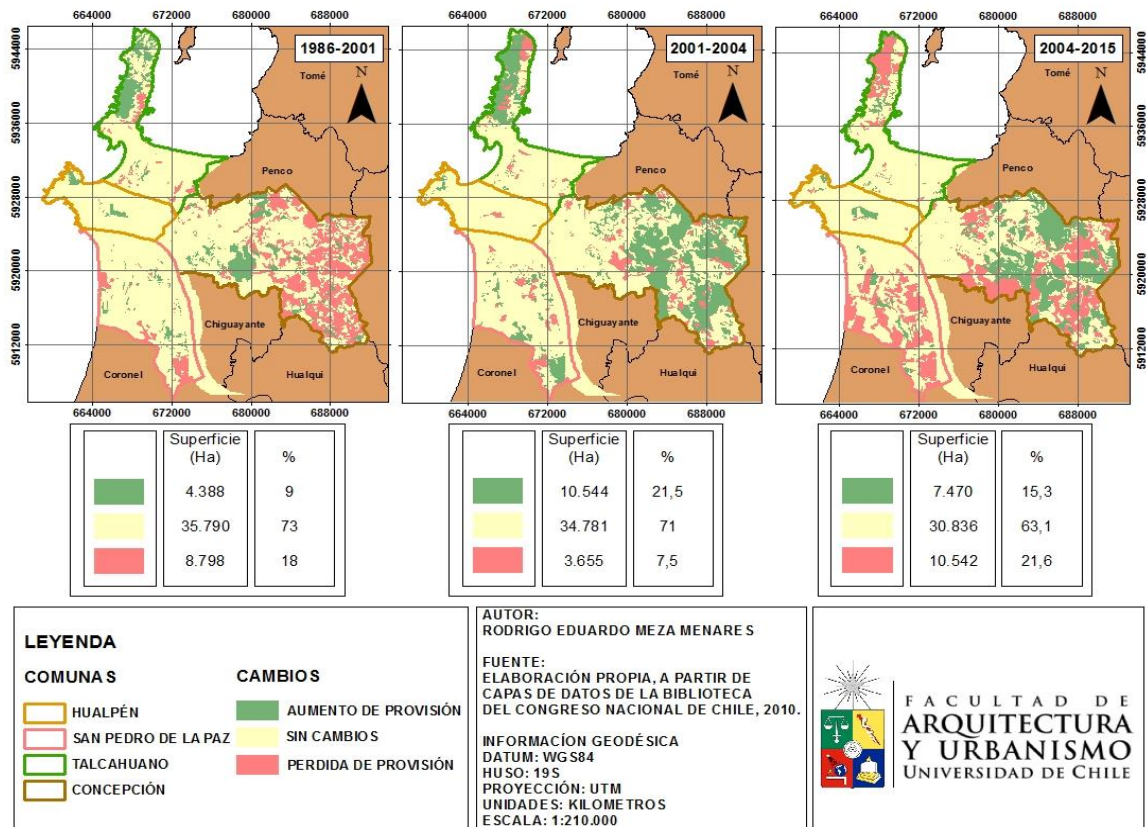
### **5.2.3 PROVISIÓN POTENCIAL DE SE DE PROVISIÓN**

La figura N°29 permite apreciar las zonas afectadas por algún cambio en la dotación de servicios ecosistémicos de provisión, así como también la cantidad de superficie que no se ha visto expuesta a cambios. En este sentido, durante todos los años de estudio se aprecia que las superficies que no experimentan cambios en la dotación son las que representan un mayor porcentaje del área total de paisaje, situación similar a la ocurrida con el sostenimiento de funciones ecosistémicas. Sin embargo, algunas diferencias en cuanto a esta última, radican en que existe una mayor proporción del territorio durante todos los años estudiados que no presenta variación en cuanto a la dotación de servicios de provisión, siendo por lo tanto más estable en cuanto a la influencia de cambios en las coberturas de suelo. En este sentido, si se compara el 56,4% del área de estudio que no experimentó cambios en cuanto al sostenimiento de funciones ecosistémicas para el año 2015, en la figura N°29 se observa que, para el mismo año, el porcentaje que se vio sin variaciones para la dotación de servicios de provisión es mayor con un 63,1% (30.836 ha).

Del mismo modo, para el periodo 2001-2004 se presenta la mayor proporción de superficie del área de estudio que experimentó un aumento en la dotación con un 21,4% (10.544 ha) del área total, en desmedro de las áreas que disminuyeron su provisión, que constituyen solo un 7,5% (3.655 ha) del territorio. El aumento de la dotación de estos servicios, al igual que para el caso de las funciones, se concentra territorialmente hacia el sector Este de Concepción, pero incluyendo además una zona importante de aumento localizada hacia el sector Norte de Talcahuano, situación que mantiene relación con la incorporación de plantaciones forestales emplazadas en el mismo sector para el año 2004 (Ver Anexo N°8).

La mayor proporción de Pérdida de provisión de estos servicios se vio reflejada durante el periodo 1986-2001, donde un 18% del paisaje sufrió una merma de provisión (8.798,1 ha) mientras que solo la mitad de dicho porcentaje experimento un alza (4.388 ha).

**Figura N° 29. Superficies expuestas a cambios en la provisión de SE de provisión, periodo 1986-2015**



Fuente: Elaboración propia, 2016.

### 5.2.3.1 Superficie afectada y cambios en el número de SE de provisión, periodo 1986-2001

Las superficies que experimentaron un cambio en la dotación de servicios de provisión, constituyen un total de 13.186 ha. A partir de esto, en la Tabla N°17 se aprecia que 4.186 ha perdieron al menos 4 servicios de provisión, lo que significa que un 31% del paisaje de cambio se vio expuesto a esta situación. Por otra parte, 3.796 ha redujeron en uno la dotación de estos servicios, disminución que corresponde a un 28% del área de cambio. En relación a las áreas que aumentaron su provisión, 1.739 ha aumentaron su dotación en solo un servicio ecosistémico, un monto mínimo pero que, en términos territoriales, corresponde a la mayor cantidad de hectáreas que experimentaron un alza en servicios de provisión. Bajo lo anterior,

las superficies que siguen en porcentaje de aumento de dotación, corresponden a las que ganaron al menos 3 servicios de provisión, con un total de 1.659 ha representando un 12% del área que experimentó un ascenso en su dotación.

**Tabla N° 17. Numero de SE perdidos o ganados por cantidad de superficie, periodo 1986-2001.**

Cambio	Numero de SE	Sup (Ha)	% del área total de cambio
Aumento	4	967,4	7,34
	3	1659,2	12,58
	2	21,7	0,16
	1	1739,9	13,19
Disminución	-1	3796,2	28,79
	-2	35,1	0,27
	-3	780,8	5,92
	-4	4186,1	31,75

Fuente: Elaboración propia, 2016.

### 5.2.3.2 Superficie afectada y cambios en el número de SE de provisión, periodo 2001-2004

Las zonas que aumentaron su dotación en un servicio de provisión representan el 42,86% de toda la superficie con 6.085 ha, seguidos de 2.448 ha correspondiente a los sectores que aumentaron en 4 su dotación de dichos servicios (Tabla N°18). En cuanto a las áreas que experimentaron un déficit, las zonas más perjudicadas fueron las que mermaron su dotación en 4 servicios ecosistémicos representando un 11,46 % del área total de cambios, lo que equivale a 1.626 ha.

**Tabla N° 18. Numero de SE perdidos o ganados por cantidad de superficie, periodo 2001-2004.**

Cambio	Numero de SE	Sup (Ha)	% del área total de cambio
Aumento	4	2448,6	17,24
	3	2010,5	14,16
	2	8,2	0,06
	1	6077,4	42,80
Disminución	-1	1119,5	7,88
	-2	1,9	0,01
	-3	906,7	6,39
	-4	1626,9	11,46

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.3.3 Superficie afectada y cambios en el número de SE de provisión, periodo 2004-2015

En este periodo se observa que 3.991 ha perdieron al menos 4 servicios ecosistémicos de provisión, representando el 22,16% del área total de cambio, 3.677 ha perdieron al menos un servicio de provisión, y 2.857 ha perdieron 3 servicios. En cuanto a las zonas de aumento en provisión, 3.333 ha aumentaron su dotación en al menos 3 servicios de provisión, representando el 18,51% del área de cambio, seguido de 2.752 ha que aumentaron su dotación en 4 servicios de esta categoría (Ver Tabla N° 19).

**Tabla N° 19. Numero de SE perdidos o ganados por cantidad de superficie, periodo 2004-2015.**

Cambio	Numero de SE	Sup (Ha)	% del área total de cambio
Aumento	4	2752,9	15,28
	3	3333,4	18,51
	2	4,1	0,02
	1	1380,3	7,66
Disminución	-1	3677,0	20,41
	-2	16,3	0,09
	-3	2857,9	15,87
	-4	3991,2	22,16

Fuente: Elaboración propia, 2016.

#### **5.2.4 PROVISIÓN POTENCIAL DE SE DE REGULACIÓN 1986-2015.**

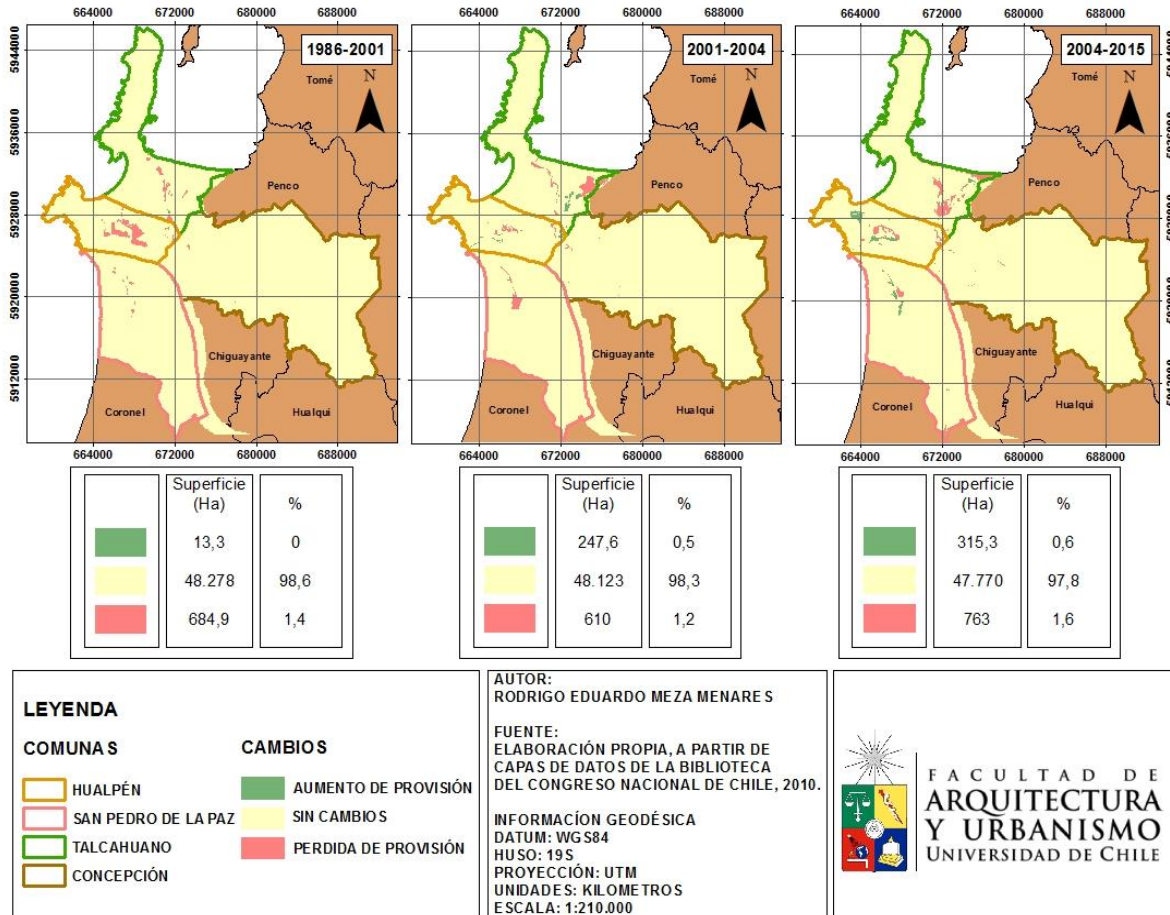
En cuanto a las cuatro categorías de provisión analizadas durante el desarrollo del trabajo, los servicios que se encuentran en la categoría de regulación, son los que poseen una menor evolución en relación al cambio de su provisión durante el año 1986 hasta el 2015. En este sentido, para todos los periodos de análisis, prácticamente el 98% del territorio no ha experimentado cambios en la dotación de dichos servicios, donde la mayor cantidad de superficie que demostró un alza en la dotación, se observó durante el periodo 2004-2015 con 315,3 hectáreas que no representan ni un 1% de la superficie total del área de estudio.

El insignificante porcentaje de varianza de dotación en esta categoría durante todos los periodos de estudio, se justifica por la poca cantidad de coberturas de suelo que podían proveer algún tipo de estos servicios, ya que solamente cuatro coberturas tuvieron capacidad potencial para esta categoría. Por esta razón, no se establecieron análisis del número de servicios de regulación ganados o perdidos por periodo ya que durante todos los intervalos de estudio se identificó el mismo patrón de estabilidad en cuanto a su evolución (Ver Figura N°30).

Territorialmente, es posible apreciar que para los tres periodos analizados las pérdidas de provisión de estos servicios suelen estar ubicados hacia sectores adyacentes a los humedales y vegas dentro del área de estudio, por lo que la disminución de estos servicios mantiene una vinculación con la transición de estas coberturas hacia otros usos de suelo.



**Figura N° 30. Superficies expuestas a cambios en la provisión de SE de regulación, periodo 1986-2015**



Fuente: Elaboración propia, 2016.

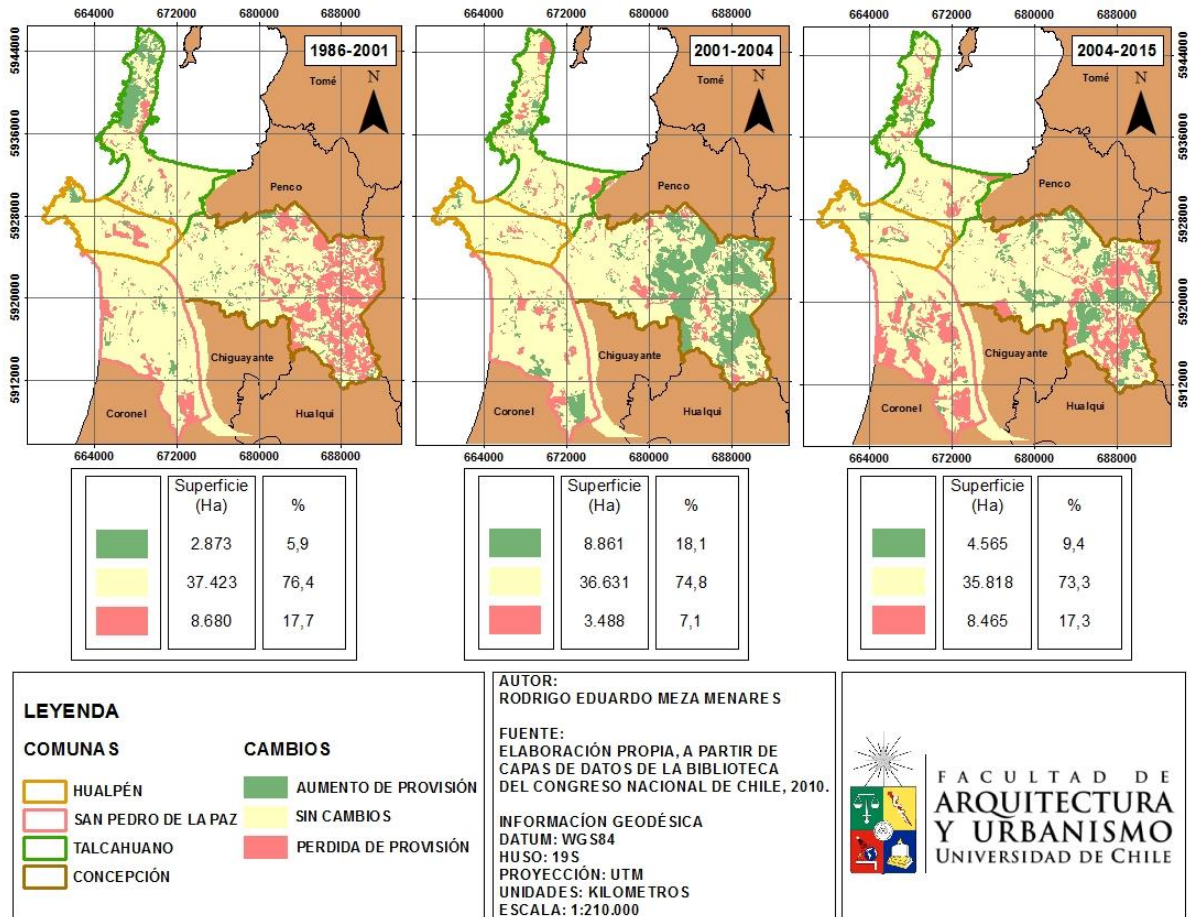
### 5.2.5 PROVISIÓN POTENCIAL DE SE CULTURALES 1986-2015.

Finalmente, para la provisión de servicios ecosistémicos culturales, es posible apreciar que durante los tres periodos de análisis, las tasas o proporciones del territorio que se mantienen sin cambios en la dotación son significativamente mayores en relación a las zonas que experimentan un cambio en esta materia (Ver Figura N°31), sin embargo, muestran una tendencia a disminuir levemente en su proporción con el pasar de los años. En base a lo anterior, desde el año 1986 al 2001 un 76,4% del área de estudio no presenta cambios en su provisión (37.423 ha), disminuyendo para el año 2015 en solo un 3,1% con 35.818 ha que no experimentan cambios. En cuanto a las superficies que experimentan una ganancia

Cambio en las coberturas de suelo y su impacto sobre las funciones y servicios ecosistémicos en el área metropolitana de Concepción, periodo 1986-2015.

en la provisión, estas presentaron su mayor proporción durante el periodo 2001-2004 con un 18,1% de toda el área de estudio (8.861 ha), mientras que la mayor proporción en cuanto a las superficies que sufrieron pérdidas se observó de forma muy similar para los periodos comprendidos entre 1986-2001 y 2004-2015, donde aproximadamente un 18% del territorio disminuyó su dotación.

**Figura N° 31. Superficies expuestas a cambios en la provisión de SE culturales, periodo 1986-2015**



Fuente: Elaboración propia, 2016.

### 5.2.5.1 Superficie afectada y cambios en el número de SE culturales, periodo 1986-2001

Al analizar solo las superficies de cambio, el mayor porcentaje de dichas superficies lo constituyen los sectores donde se perdió la dotación en solo un servicio cultural, con 7.961 ha que perdieron dicha cantidad, representando el 68% de toda el área de cambio. En cuanto a las zonas que presentaron un ascenso en la dotación, 2.736 ha aumentaron su dotación en al menos uno de estos servicios. Las superficies dentro del área de estudio que aumentaron o perdieron su dotación de servicios culturales en más de un servicio específico, no representan ni un 5% de toda el área de cambio (Ver Tabla N°20).

**Tabla N° 20. Numero de SE perdidos o ganados por cantidad de superficie, periodo 1986-2001.**

Cambio	Numero de SE	Sup (Ha)	% del área total de cambio
Aumento	5	89,8	0,78
	4	36,8	0,32
	2	10,5	0,09
	1	2736,2	23,68
Disminución	-1	7961,8	68,91
	-2	30,2	0,26
	-3	59,7	0,52
	-4	545,2	4,72
	-5	83,5	0,72

Fuente: Elaboración propia.

### 5.2.5.2 Superficie afectada y cambios en el número de SE culturales, periodo 2001-2004

La predominancia de los cambios en términos porcentuales, está asociada a las superficies que ascendieron su dotación en al menos un servicio ecosistémico cultural, lo que se traduce en un 69,08% (8.531 ha) del área total expuesta a cambios. En cuanto a las superficies con mayor pérdida de provisión, se destacan los lugares que perdieron un servicio ecosistémico cultural específico, representando el 22% (2.717 ha) de la superficie de cambios (Ver Tabla N° 21).

**Tabla N° 21. Numero de SE perdidos o ganados por cantidad de superficie, periodo 2001-2004.**

Cambio	Numero de SE	Sup (Ha)	% del área total de cambio
Aumento	5	59,8	0,48
	4	243,4	1,97
	3	4,3	0,03
	2	22,3	0,18
	1	8531,3	69,08
Disminución	-1	2717,0	22,00
	-2	12,4	0,10
	-4	539,9	4,37
	-5	219,3	1,78

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.5.3 Superficie afectada y cambios en el número de SE culturales, periodo 2004-2015

En cuanto a las superficies que experimentaron cambios en este periodo, 7.630 ha del área de estudio sufrieron una pérdida de al menos un servicio de esta categoría, lo que constituye un 58% de toda el área de cambio. Por otra parte, las superficies que le siguen en proporción, son las que evidenciaron un aumento de al menos un servicio cultural dentro del paisaje, lo que se traduce en un 31,88% del área de cambio con 4.153 ha. El resto de las superficies que aumentaron o disminuyen su dotación en más de un servicio cultural, no representan ni el 6% del área de cambio.

**Tabla N° 22. Numero de SE perdidos o ganados por cantidad de superficie, periodo 2004-2015**

Cambio	Numero de SE	Sup (Ha)	% del área total de cambio
Aumento	5	117,7	0,90
	4	249,6	1,92
	3	31,0	0,24
	2	12,9	0,10
	1	4153,8	31,88
Disminución	-1	7630,8	58,56
	-2	28,6	0,22
	-3	1,5	0,01
	-4	752,4	5,77
	-5	52,0	0,40

Fuente: Elaboración propia, 2016.

## 6. SÍNTESIS DE RESULTADOS Y DISCUSIONES

En base a los resultados del presente trabajo es posible identificar ciertos puntos importantes.

Durante todos los años de estudio la superficie del paisaje que no experimenta cambios es mayor al 50% de toda el área de estudio, sin embargo, existe un aumento paulatino de superficie expuesta a cambios en cada periodo, llegando a un máximo porcentaje de un 45% de todo el paisaje en el año 2015.

Estos cambios evidencian ciertas tendencias en relación con el comportamiento de las coberturas de suelo. Por ejemplo, el aumento de superficie de las coberturas artificiales es evidente, salvo en el caso excepcional de las zonas de urbanización de baja densidad que disminuyen su superficie durante el último periodo, pero donde una parte importante de esa disminución se debe a la transformación que esta cobertura sufrió hacia urbanizaciones de alta densidad.

Las coberturas naturales y seminaturales como las zonas de vegetación densa, dispersa, espacios abiertos con nula o poca vegetación y las plantaciones forestales, son las coberturas dominantes dentro del paisaje ya que presentan las mayores superficies en relación al resto de las coberturas, y entre las cuatro abarcan sobre el 60% de todo el paisaje durante todos los años de estudio.

Es importante señalar que estas coberturas experimentan alzas y bajas en sus superficies durante todos los periodos analizados, donde es posible identificar que las zonas de vegetación densa con las plantaciones forestales mantienen una relación inversa con las zonas de vegetación dispersa y los espacios abiertos con nula o poca vegetación, es decir, mientras las primeras sufren una disminución en sus superficies para el primer periodo (1986-2001), las segundas experimentan un alza en estas, y esta relación se presenta de forma alternada para los periodos siguientes.

Por otro lado, coberturas como humedales y vegas sufren bajas constantes en sus superficies en cada año de estudio, reflejando las fuertes presiones a la cual se ven

sometidas este tipo de coberturas, sobre todo por el avance de superficies artificiales colindantes a la ciudad misma. Este fenómeno, coincide con los resultados aportados por Smith (2007), quien plantea que la ciudad va utilizando “en su avance inacabado, terrenos naturales o semi naturales adyacentes a sus límites, por lo que su expansión espacial consiste en un proceso sistemático de reemplazo de coberturas naturales que cumplen importantes funciones ambientales” (p.7).

Por otra parte, si se presta atención a los cambios en términos espaciales, estos se perciben mayoritariamente en tres puntos importantes dentro del área de estudio;

1. Hacia la península de Tumbes, sector Norte de la comuna de Talcahuano.
2. Todo el entramado urbano y los sectores adyacentes a este, lo que concuerda con los estudios realizados por Pérez *et al.* (2009), donde se da evidencia del fuerte desarrollo urbano que experimenta la conurbación Concepción-Talcahuano como área metropolitana, junto con el auge industrial que presentan estas junto con la comuna de Hualpén y el desarrollo urbano que presenta San Pedro de la Paz.
3. Hacia el sector Este de la comuna de Concepción, el cual está asociado mayoritariamente a la presencia de coberturas dominantes como zonas de vegetación densa, dispersa, espacios abiertos y plantaciones forestales.

Este último sector pueden aportar antecedentes a la comuna que no habían sido anteriormente estudiados, dado que los estudios previos en Concepción como los realizados por Pauchard *et al.* (2005), Smith (2007), Pérez, Azócar & Flores (2009), Rojas, Oliveira & García-Lopez (2009) y Salinas & Pérez (2011), por solo nombrar algunos, suelen ser aplicados hacia el sector Oeste de la comuna, específicamente hacia el sector de los humedales o en la zona urbana de ésta, por lo que se puede tener desconocimiento del potencial que posee dicho sector, el cual está asociado a la presencia de una superficie abundante en zonas de vegetación densa (sobre todo hacia el año 2004), las cuales dada su connotación de espacios verdes, pueden proveer de una serie de beneficios para las personas. En este sentido, es importante citar a Vásquez (2016), quien plantea que hay que “dejar de ver los

espacios verdes simplemente como tierras vacantes que aún no han sido urbanizadas (sobre todo aquellas en localizaciones más periféricas)” (p.65).

En cuanto a los resultados obtenidos por la matriz de evaluación, se aprecia que los expertos consultados presentan evaluaciones similares a las arrojadas en estudios como los de Burkhard *et al.* (2009), Jacobs *et al.* (2015) o Rojas (2016), donde se observa que las coberturas artificiales poseen una muy poca o nula capacidad de sostener o proveer funciones o servicios ecosistémicos, mientras que las coberturas naturales o seminaturales poseen alta o muy alta capacidad en esta materia.

En base a lo anterior, solo 10 de las 16 coberturas analizadas pueden sostener algún tipo de función ecosistémica y en cuanto a provisión de servicios ecosistémicos, esta disminuye a nueve coberturas. Dentro de estas nueve coberturas, seis mostraron potencial de proveer servicios de provisión, seis en los servicios culturales, y cuatro en los servicios de regulación, siendo esta última, la categoría que menos capacidad posee para ser provista.

En cuanto a las coberturas con mayor capacidad potencial de sostenimiento o provisión dentro del área de estudio se encuentran las zonas de vegetación densa, humedales, vegas, plantaciones forestales, cursos de agua y áreas verdes. Cabe destacar que de las coberturas que se sitúan en el entramado urbano, las únicas que poseen capacidad de sostener o proveer de algún tipo de función o servicio, fueron las zonas portuarias (1), y las áreas verdes (5), donde se destaca el valor de esta última por ser una de las coberturas con mejor capacidad potencial, evidenciando el importante rol que cumplen estos espacios, ya que como plantean Reyes & Figueroa (2010), “son elementos fundamentales para mejorar el bienestar de la población urbana, especialmente en grandes ciudades” (p.90).

A pesar de esto, se evidencia que las áreas verdes están sometidas a tanto alzas como bajas de superficie en cada año estudiado, por lo que no se puede hablar de un real cuidado o de una tendencia a aumentar la proporción de estas dentro del entramado urbano. En este sentido, se debe cambiar la concepción de estos espacios como zonas vacantes con potencial de urbanización.



Por otra parte, las funciones que pueden ser sostenidas por un mayor número de coberturas son la producción de oxígeno, heterogeneidad abiótica, hábitat y ciclos del agua. Para el caso de los servicios ecosistémicos se encuentran la valoración estética, recreación y ecoturismo y control de inundaciones.

En cuanto a los cambios areales en el sostenimiento de funciones ecosistémicas, se observa que durante todos los años de estudio más del 50% de todo el paisaje no se vio expuesto a algún cambio en el sostenimiento de sus funciones, sin embargo, a medida que pasa cada periodo de estudio, las zonas que si experimentan una variación en el sostenimiento de funciones (ya sea de ganancia como pérdida de estos) va aumentando en el tiempo, llegando a comprometer un 43,6% de todo el paisaje en el año 2015. En este sentido, en el periodo 2004-2015 se percibe que un 28% de toda el área de estudio se vio expuesta a algún tipo de Pérdida en el sostenimiento de sus funciones, siendo el porcentaje más alto, mientras que para el periodo 2001-2004 se observa la mayor cantidad de superficies que experimentaron un alza en el sostenimiento de sus funciones, abarcando un 19,2 % (9.421 ha) del paisaje en dicho periodo.

En cuanto a las superficies asociadas a la provisión de servicios de provisión, se aprecia que durante todos los años analizados más del 60% del paisaje no experimentó variaciones, situación similar a la ocurrida en el sostenimiento de funciones ecosistémicas, solo que con una mayor estabilidad dado el mayor nivel de porcentaje sin cambios. En cuanto a los cambios percibidos, el mayor porcentaje de superficie expuesto a una merma en su provisión se reflejó en el periodo 2004-2015 con un 21,6% (10.542 ha), mientras que en el periodo 2001-2004 se presente el mayor porcentaje del paisaje en experimentar un aumento en provisión con un 21,4% (10.544 ha) del área total.

Los servicios de regulación corresponden a la única categoría donde más del 97% del paisaje no experimentó variaciones en la provisión de estos servicios, donde los cambios a pesar de involucrar cientos de hectáreas en términos absolutos, porcentualmente no representan ni el 3% de toda el área. Esta situación se explica fundamentalmente por las pocas coberturas de suelo que presentaron alguna

capacidad potencial de proveer de estos servicios. Finalmente, en cuanto a la provisión de servicios ecosistémicos culturales, más del 70% del paisaje no sufrió variaciones en su provisión. El mayor porcentaje del paisaje expuesto a pérdidas de provisión se presentó en el periodo 1986-2001, con un 17,7% (8.680 ha) de toda el área, mientras que entre los años 2001-2004 fue el periodo con mayor porcentaje del área expuesta a una ganancia con un 18,1% (8.861) del paisaje en dicho periodo.

## 7. CONCLUSIONES

En análisis multitemporal de las coberturas de suelo levantadas en el área de estudio para tres periodos de análisis, permitió identificar cambios paisajísticos importantes que han ocurrido en las comunas estudiadas desde el año 1986 hasta el 2015. En primer lugar, el territorio bajo análisis está sujeto a un proceso de transformación constante y en aumento, ya que a medida que pasan los años existe una mayor proporción del territorio sujeto a cambios de coberturas.

Este contexto de permanente cambio está fuertemente vinculado al avance de coberturas de carácter artificial, siendo su expansión dentro de las comunas un fenómeno sostenido en el tiempo. Esta tendencia genera como consecuencia directa, una tendencia a la disminución de coberturas naturales y seminaturales como humedales y vegas, las cuales presentan disminuciones en sus superficies durante todos los años estudiados, provocadas mayoritariamente por el avance urbano provocando la transformación de dichos espacios en zonas residenciales de urbanización de tanto alta como baja densidad.

Esta es una de las principales problemáticas evidenciadas tras el desarrollo de la investigación, puesto que el potencial de sostenimiento y provisión disminuye en el área de estudio a medida que disminuye la proporción de coberturas naturales en el paisaje.

En base a lo anterior, el periodo más favorable en cuanto al sostenimiento y provisión de funciones o servicios se vió reflejado entre los años 2001-2004, dado que el mayor aumento de provisión de funciones y servicios ecosistémicos se percibe en ese periodo, lo que guarda una relación directa con el aumento en superficie de las coberturas de vegetación densa y de plantaciones forestales dentro del territorio, siendo estas las coberturas más importante para el sostenimiento y provisión de funciones y servicios ecosistémicos, ya que son las únicas categorías en presentar un incremento significativo en sus superficies, dado que el resto de las coberturas que poseen una buena capacidad de dotación se encuentran en una merma de sus superficies o no presentan cambios considerables de estas, siendo

el caso particular de las coberturas acuáticas como los ríos y lagunas, las cuales mantienen un gran estabilidad o permanencia de sus coberturas durante todo el periodo de análisis.

En términos metodológicos, se destaca la importancia de fijar una tipología de coberturas de suelo previamente aplicada y diseñada en base a criterios establecidos, que permitan identificar de forma correcta y rigurosa las coberturas presentes dentro del área de estudio. Esto junto con entregar solidez metodológica a la investigación, permite además realizar comparaciones entre trabajos y comparar tendencias con otros casos de estudio.

Sumado a lo anterior, el empleo de métricas del paisaje como herramienta complementaria a los cambios en las coberturas de suelo permite entregar una visión global del paisaje en el cual están insertas, y junto con eso identificar la proporción que estas ocupan en el territorio y reconocer la presencia de elementos dominantes dentro de este. En este sentido, el uso de software como Arcgis o Fragstats para el desarrollo de tales propósitos se vuelven herramientas fundamentales para facilitar el análisis.

Por otra parte, la utilización de la matriz de evaluación en base al criterio de expertos para integrar la capacidad potencial que poseen las coberturas de suelo de sostener y proveer funciones y servicios ecosistémicos permite vincular dos tipos de información distintas pero relacionadas y añadirles un componente territorial al aumento o déficit de provisión de servicios.

Debido a la gran crítica que posee esta metodología por poseer un componente subjetivo incuestionable que depende de la mirada de cada investigador, la eficacia de su implementación radica en la cantidad de consultas realizadas a diversos expertos, de forma de adquirir un muestreo amplio de opiniones que permitan llegar a consensos representativos para las valoraciones de manera que los resultados de la matriz no caigan en sesgos valorativos de solo un grupo minoritario de consultados.

Para la realización de futuros proyectos de evaluación de funciones y servicios ecosistémicos dentro de un territorio en particular, la metodología de matrices puede ser complementada con información territorial adicional a la valoración de los expertos, de manera de generar información más enriquecedora y representativa para el área que se esté evaluando. En base a lo anterior, integrar información referente a condiciones geológicas, climáticas, o meteorológicas, etc. por solo nombrar algunos ejemplos, permitiría obtener el grado de capacidad potencial de las coberturas de suelo de forma más acertada y precisa, por lo que integrar este tipo de información para futuras metodologías constituye un desafío que puede entregar un valor agregado a los trabajos realizados sobre esta materia.

Sumado a lo anterior, la aplicación de este tipo de metodológicas permite generar información espacial sumamente relevante para dirigir políticas y planes de manejo y cuidado de funciones y servicios ecosistémicos dentro de un territorio, permitiendo identificar tanto puntos con un alto potencial de provisión a los cuales se le debe proteger y resguardar, como también lugares donde se haya percibido una degradación o disminución importante en su capacidad de sostenimiento y provisión, de forma de buscar soluciones que permitan recuperar su potencial y dirigir un desarrollo armónico del territorio considerando la importancia que poseen los componentes ambientales para el bienestar y desarrollo de la comunidad.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

**AGUAYO, M., PAUCHARD, A., AZÓCAR, A., & PARRA, O. 2009.** Cambio del uso del suelo en el centro sur de Chile a fines del siglo XX. Entendiendo la dinámica espacial y temporal del paisaje. *Revista Chilena de Historia Natural* (82): 361-374. Recuperado de: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0716-078X2009000300004](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-078X2009000300004)

**AGUILERA, F. 2010.** Aplicación de métricas de ecología del paisaje para el análisis de patrones de ocupación urbana en el Área Metropolitana de Granada. *Anales de Geografía*, 30, (2): pp. 9-29. Recuperado de: <https://revistas.ucm.es/index.php/AGUC/article/viewFile/AGUC1010220009A/30701>

**ALARCÓN, M. & RODRÍGUEZ, L. 2003.** Para llamarse ciudad. Áreas verdes y espacios de paz en la ciudad presente. *Revista Austral de Ciencias Sociales*, Vol. (7): pp. 129-138. Recuperado de: <http://mingaonline.uach.cl/pdf/racs/n7/Art10.pdf>

**ALDANA, A., & BOSQUE-SENDRA, J. 2008.** Cambios ocurridos en la cobertura/uso de la tierra del Parque Nacional Sierra de la Culata. Mérida-Venezuela. Período 1988-2003. *Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 8:139-168. Recuperado de: <http://geofocus.org/index.php/geofocus/article/viewFile/141/290>

**ARIZA, A. (coord.). 2013.** Descripción y Corrección de Productos Landsat 8 LDCM. Instituto geográfico Agustín Codazzi, Colombia. Recuperado de: <http://www.un-spider.org/sites/default/files/LDCM-L8.R1.pdf>

**AZÓCAR, G., SANHUEZA, R., & HENRÍQUEZ, C. 2003.** Cambio en los patrones de crecimiento en una ciudad intermedia: el caso de Chillán en Chile Central. *Revista EURE* 29 (87):79-92. Recuperado de: <http://www.scielo.cl/pdf/eure/v29n87/art06.pdf>

**BALVANERA, P., URIARTE, M., ALMEIDA-LEÑERO, L., ALTESOR, A., DECLERCK, F., GARDNER, T., ... VALLEJOS, M. 2012.** Ecosystem services research in Latin America: The estate of the art. *Ecosystem Services*, 2: 56–70. Recuperado de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212041612000320>

**BIRDLIFE. 2014.** Servicios ecosistémicos del Parque Nacional Llanganates Ecuador. Plan Estratégico para la Biodiversidad de la CDB 2011-2020. Recuperado

de: <http://www.birdlife.org/sites/default/files/attachments/tessa-llanganates-ecuador.pdf>

**BOCCO, G., MENDOZA, M., & MASERA, O. 2001.** La dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, 44: 18-38. Recuperado de: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-46112001000100003](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112001000100003)

**BORRAS, S., & FRANCO, J. 2012.** Global Land Grabbing and Trajectories of Agrarian Change: A Preliminary Analysis. *Journal of Agrarian Change*, 12 (1):34-59. Recuperado de: <http://r1.ufrj.br/geac/portal/wp-content/uploads/2012/11/BORRAS-e-FRANCO-Global-land-grabbing-and-trajectories-of-agrarian-change.pdf>

**BORSODORF, A. 2000.** El desarrollo urbano de Valdivia. Estudio de Caso en una ciudad mediana chilena". *Espacio y Desarrollo* (12): 45-82. Recuperado de: [http://www.researchgate.net/publication/260515961\\_El\\_desarrollo\\_urbano\\_de\\_Valdivia.\\_Estudio\\_de\\_caso\\_de\\_un\\_cuidad\\_mediana\\_chilena](http://www.researchgate.net/publication/260515961_El_desarrollo_urbano_de_Valdivia._Estudio_de_caso_de_un_cuidad_mediana_chilena)

**BORSODORF, A., HIDALGO, R., & SÁNCHEZ, R. 2007.** A new model of urban development in Latin America: The gated communities and fenced cities in the metropolitan areas of Santiago de Chile and Valparaíso. *Cities*, (24): 365–378. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/222817484\\_A\\_new\\_model\\_of\\_urban\\_development\\_in\\_Latin\\_America\\_The\\_gated\\_communities\\_and\\_fenced\\_cities\\_in\\_the\\_metropolitan\\_areas\\_of\\_Santiago\\_de\\_Chile\\_and\\_Valparaiso](https://www.researchgate.net/publication/222817484_A_new_model_of_urban_development_in_Latin_America_The_gated_communities_and_fenced_cities_in_the_metropolitan_areas_of_Santiago_de_Chile_and_Valparaiso)

**BRIASSOULIS, H. 1999.** Analysis of Land Use Change: Theoretical and Modeling Approaches. *The web Book of Regional Science*. Recuperado de: <http://www.rri.wvu.edu/webbook/briassoulis/contents.htm>

**BOSSARD, M., FERANEC, J., & OTAHEL, J. (coords.) 2000.** CORINE land cover technical guide – Addendum 2000. Recuperado de: <http://www.eea.europa.eu/publications/tech40add>

**BURKHARD, B., KROLL, F., MULLER, F., & WINDHORST, W. 2009.** Landscapes' Capacities to Provide Ecosystem Services- a Concept for Land-Cover Based Assessments. *Landscape Online*, 15: 1-22. Recuperado de: [http://www.landscapeonline.de/archive/2009/15/Burkhard\\_etal\\_LO15\\_2009.pdf](http://www.landscapeonline.de/archive/2009/15/Burkhard_etal_LO15_2009.pdf)

**BURKHARD, B., KROLL, F., NEDKOV, S., & MULLER, F. 2012.** Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. *Ecological Indicators* (21):17–29. Recuperado de: <http://esanalysis.colmex.mx/Sorted%20Papers/2012/2012%20BGR%20DEU%20-CS%20DEU,%203F%20Phys.pdf>

**CANTÓ, M. 2014.** La planificación y gestión de la Infraestructura Verde en la Comunidad Valenciana. *Revista Aragonesa De Administración Pública*, Vol. 43-44: 215-234. Recuperado de:

<http://www.aragon.es/estaticos/GobiernoAragon/Organismos/InstitutoAragonesAdministracionPublica/Documentos/RArAp%2043-44.pdf>

**CASTAÑEDA, A. 2013.** Diseño de una Metodología para evaluar el estado de los servicios ecosistémicos. Universidad Militar Nueva Granada, Colombia. Recuperado de:

<http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/10960/2/Dise%C3%B1o%20de%20una%20metodolog%C3%ADa%20para%20evaluar%20el%20estado%20de%20los%20Servicios%20Ecosist%C3%A9micos.pdf>

**CLERICI, N., PARACCHINI, M., & MAES, J. 2014.** Land-cover change dynamics and insights into ecosystem services in European stream riparian zones. *Ecohydrology & Hydrobiology* 14 (2):107-120. Recuperado de:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1642359314000044>

**CONSTANZA, R., ARGE, R., GROOT, R., FARBER, S., GRASSO, M., HANNON, B., ... VAN DEN BELT, M. 1997.** The value of the world's ecosystem services and natural capital. *NATURE*, (387): 253-260. Recuperado de:

[http://www.esd.ornl.gov/benefits\\_conference/nature\\_paper.pdf](http://www.esd.ornl.gov/benefits_conference/nature_paper.pdf)

**DE LA BARRERA, F., BACHMANN-VARGAS, P., & TIRONI, A. 2015.** La investigación de servicios ecosistémicos en Chile: una revisión sistemática. *Investig. Geogr. Chile*, 50: 3-18. Recuperado de:

<http://www.investigacionesgeograficas.uchile.cl/index.php/IG/article/viewFile/41171/42708>

**DEPARTMENT OF ENVIRONMENT, FOOD AND RURAL AFFAIRS, DEFRA. 2007.** An introductory guide to valuing ecosystem services. Recuperado de:

[http://ec.europa.eu/environment/nature/biodiversity/economics/pdf/valuing\\_ecosystems.pdf](http://ec.europa.eu/environment/nature/biodiversity/economics/pdf/valuing_ecosystems.pdf)

**DOBBS, C., ESCOBEDO, F., & ZIPPERE, W. 2011.** A framework for developing urban forest ecosystem services and goods indicators. *Landscape and Urban Planning* 99: 196-206. Recuperado de:

[http://www.srs.fs.usda.gov/pubs/ja/2011/ja\\_2011\\_zipperer\\_002.pdf](http://www.srs.fs.usda.gov/pubs/ja/2011/ja_2011_zipperer_002.pdf)

**EGOH, B., REYERS, B., ROUGET, M., RICHARDSON, D., LE MAITRE, D., & VAN JAARVELD, A. 2008.** Mapping ecosystem services for planning and management. *Agriculture Ecosystems & Environment* 127: 135–140. Recuperado de:

[https://www.researchgate.net/publication/223917527\\_Mapping\\_ecosystem\\_services\\_for\\_planning\\_and\\_management](https://www.researchgate.net/publication/223917527_Mapping_ecosystem_services_for_planning_and_management)



**ESSE, C., VALDIVIA, P., ENCINA-MONTOYA, F., AGUAYO, C., GUERRERO, M., & FIGUEROA, D. 2014.** Modelo de análisis espacial multicriterio (AEMC) para el mapeo de servicios ecosistémicos en cuencas forestales del sur de Chile. *Bosque* 35:289-299. Recuperado de: [http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?pid=S0717-92002014000300004&script=sci\\_arttext](http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?pid=S0717-92002014000300004&script=sci_arttext)

**FERNÁNDEZ-COPPEL, I. & HERRERO, E. 2001.** El satélite LANDSAT. Análisis visual de imágenes obtenidas del sensor ETM+. Departamento de Ingeniería Agrícola y Forestal. Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias. Palencia. Universidad de Valladolid. Recuperado de: <http://www.cartesia.org/data/apuntes/teledeteccion/landsat-analisis-visual.pdf>

**FIGUEROA, I., & REYES, S. 2010.** Distribución, superficie y accesibilidad de las áreas verdes en Santiago de Chile. *Revista EURE* 36 (109): 98-110. Recuperado de: <http://www.scielo.cl/pdf/eure/v36n109/art04.pdf>

**FORMAN, R.T.T., & GODRON, M. 1986.** *Landscape Ecology*. New York, EE.UU. Wiley. ISSN 0169-2046.

**FUNDACIÓN CHILE 21. 2013.** Importancia Económica y Social de los Servicios Ecosistémicos. Recuperado de: <http://www.chile21.cl/wp-content/uploads/2013/10/COLECCION-IDEAS-143-JUNIO-2013-.pdf>

**GÓMEZ, F. 2005.** Las zonas verdes como factor de calidad de vida en las ciudades. *Ciudad y territorio Estudios Territoriales*, 37: 144. Recuperado de: <http://burgosciudad21.org/adftp/zonasverdes.pdf>

**GROOT, R., FISHER, B., & CHRISTIE, M. (Coords.). 2010.** Integrating the ecological and economic dimensions in biodiversity and ecosystem service valuation. Recuperado de: <http://www.teebweb.org/wp-content/uploads/2013/04/D0-Chapter-1-Integrating-the-ecological-and-economic-dimensions-in-biodiversity-and-ecosystem-service-valuation.pdf>

**GROOT, R. 2006.** Function-analysis and valuation as a tool to assess land use conflicts in planning for sustainable, multi-functional landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 75:175–186. Recuperado de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204605000575>

**HEROLD, M., GOLDSTEIN, N., & CLARKE, C. 2003.** The spatiotemporal form of urban growth: measurement, analysis and modeling. *Remote Sensing of Environment* 86: 286-302. Recuperado de: [http://www.iwrms.uni-jena.de/~c5hema/pub/rse03\\_heroldetal.pdf](http://www.iwrms.uni-jena.de/~c5hema/pub/rse03_heroldetal.pdf)

**HERRERA, P., & VARELA, E. 2010.** Ecología del paisaje, conectividad ecológica y territorio. Una aproximación al estado de la cuestión desde una perspectiva técnica

y científica. *DOSSIER Ciudades*, 1: pp. 43-70. Recuperado de: <http://www3.uva.es/iuu/DOSSIER/Dossier%2001/Dossier%2001%20043-070%20HERRERA%20CALVO.pdf>

**IDEACONSULTORA. 2011.** Servicios Ecosistémicos de Ríos y Canales. Recuperado de: [http://www.centrodelagua.cl/documentos/difusion-documentos/SERVECOSISTEMICOSRYC\\_FINAL\\_IDEACONSULTORA.pdf](http://www.centrodelagua.cl/documentos/difusion-documentos/SERVECOSISTEMICOSRYC_FINAL_IDEACONSULTORA.pdf)

**INSTITUTO DE HIDROLOGÍA METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES DE COLOMBIA, IDEAM. 2016.** Metodología Corine Land Cover. Recuperado de: <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/metodologia-corine-land-cover>

**INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL. 2016.** Ocupación del Suelo, Proyecto Corine Land Cover. Recuperado de: <https://www.ign.es/ign/layoutln/corineLandCover.do>

**IRASTORZA, P. 2006.** Integración de la ecología del paisaje en la planificación territorial. Aplicado a la comunidad de Madrid. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, España. Recuperado de: [http://oa.upm.es/468/1/PEDRO\\_IRASTORZA\\_VACA.pdf](http://oa.upm.es/468/1/PEDRO_IRASTORZA_VACA.pdf)

**JACOBS, S., BURKHARD, B., VAN DAELE, T., STAES, J., & SCHNEIDERS, A. 2015.** 'The Matrix Reloaded': A review of expert knowledge use for mapping ecosystem services. *Ecological Modelling* 295:21-30. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/265091023\\_'The\\_Matrix\\_Reloaded'\\_A\\_review\\_of\\_expert\\_knowledge\\_use\\_for\\_mapping\\_ecosystem\\_services](https://www.researchgate.net/publication/265091023_'The_Matrix_Reloaded'_A_review_of_expert_knowledge_use_for_mapping_ecosystem_services)

**KONG, F., YIN, H., NAKAGOSHI, N., & ZONG, Y. 2010.** Urban green space network development for biodiversity conservation: Identification based on graph theory and gravity modeling. *Landscape and Urban Planning*, 95 (1): 16-27. Recuperado de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204609002333>

**LAMBIN, E. 1997.** Modelling and monitoring land-cover change processes in tropical regions. *Progress in Physical Geography* 21(3):375-393. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/236770206\\_Modeling\\_and\\_monitoring\\_land\\_cover\\_change\\_processes\\_in\\_tropical\\_regions](https://www.researchgate.net/publication/236770206_Modeling_and_monitoring_land_cover_change_processes_in_tropical_regions)

**LAMBIN, E., & EHRLICH, D. 1997.** Land-cover changes in Sub-Saharan Africa (1982-1991): Application of a change index based on remotely sensed surface temperature and vegetation indices at a continental scale. *Remote Sensing of Environment*, 61: 181-200. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/223530925\\_Land-cover\\_Changes\\_in\\_Sub-Saharan\\_Africa\\_1982-](https://www.researchgate.net/publication/223530925_Land-cover_Changes_in_Sub-Saharan_Africa_1982-)

[1991 Application of a Change Index Based on Remotely Sensed Surface Temperature and Vegetation Indices at a Continental Scale](#)

**LANG, S., WALZ, U., KLUG, H., BLASCHKE, T., & SYRBE, R. 2009.** Landscape metrics - A toolbox for assessing past, present and future landscape structure. *Geoinformation Technologies for Geo-Cultural Landscapes*, 207-234: Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/259744394\\_Landscape\\_metrics\\_-\\_A\\_toolbox\\_for\\_assessing\\_past\\_present\\_and\\_future\\_landscape\\_structure](https://www.researchgate.net/publication/259744394_Landscape_metrics_-_A_toolbox_for_assessing_past_present_and_future_landscape_structure)

**LARA, A., URRUTIA, R., LITTLE, C., & MARTINEZ, A. 2010.** Servicios Ecosistémicos y Ley del Bosque Nativo: No basta con definirlos. *Revista Bosque Nativo* 47: 3-9. Recuperado de: [http://www.bosquenativo.cl/descargas/Revista\\_Bosque\\_Nativo/RBN\\_47\\_art\\_tec1web.pdf](http://www.bosquenativo.cl/descargas/Revista_Bosque_Nativo/RBN_47_art_tec1web.pdf)

**LATERRA, P., BARRAL, P., CARMONA, A., & NAHUELHUAL, L. 2015.** ECOSER: protocolo colaborativo de evaluación y mapeo de servicios ecosistémicos y vulnerabilidad socio-ecológica para el ordenamiento territorial. Recuperado de: <http://eco-ser.com.ar/>

**LEE, H., CARR, J., & LAKERANI, A. 1995.** Human disturbance and natural habitat: a biome level analysis of a global data set. *Biodiversity and Conservation* 4:128-155. Recuperado de: <http://www.lapa.ufscar.br/geotecnologias-1/HANNAH%20ET%20AL%201995.pdf>

**MATEUCCI, S.D., & SILVA, M. 2005.** Selección de métricas de configuración espacial para la regionalización de un territorio antropizado. *GeoFocus*, 5: p. 180-202. ISSN: 1578-5157. Recuperado de: <http://www.geofocus.org/index.php/geofocus/article/view/65/233>

**MAYNARD, S., JAMES, D., & DAVIDSON, A. 2010.** The Development of an Ecosystem Services Framework for South East Queensland. *Environmental Management* 45 (5): 881-895.

**MEA (Millenium Ecosystem Assessment) 2005.** MA Conceptual Framework. (cap. 1, pp. 25-36). En su: *Ecosystem and Human Well-Being: Current State and Trends*. Island Press. Washington D.C. 917p.

**MONTAÑA, A., ELWELL, T., MALLÉN, L., & VERGARA, G. 2015.** InVEST Chiloé: Incorporando el enfoque ecosistémico desde lo local en las decisiones. En: Cuarto Congreso Internacional de Servicios Ecosistémicos en los Neotrópicos: 30 de septiembre al 3 de octubre 2015, Mar del Plata, Argentina. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/284166178\\_InVEST\\_Chiloe\\_incorporando\\_el\\_enfoque\\_ecosistemico\\_desde\\_lo\\_local\\_en\\_las\\_decisiones](https://www.researchgate.net/publication/284166178_InVEST_Chiloe_incorporando_el_enfoque_ecosistemico_desde_lo_local_en_las_decisiones)

**MONTECINOS, J. 2016.** *Evaluación de la provisión de servicios ecosistémicos culturales y su contribución al bienestar social del parque lineal San Carlos en Peñalolén.* Memoria para optar al Título de Geógrafo. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Chile. Recuperado de: [http://www.corredoresverdes.cl/wp-content/uploads/2016/07/MEMORIA\\_MONTECINOS2016.pdf](http://www.corredoresverdes.cl/wp-content/uploads/2016/07/MEMORIA_MONTECINOS2016.pdf)

**MOSCOSO, C. 2007.** *Cambios en los Usos y coberturas de suelo y los efectos sobre la escorrentía urbana. Valparaíso y Viña del Mar, periodo 1980-2005.* Memoria para optar al Título de Geógrafo. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Chile. Recuperado de: [http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2007/moscoso\\_c2/sources/moscoso\\_c2.pdf](http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2007/moscoso_c2/sources/moscoso_c2.pdf)

**NAIDOO, R., BALMFORD, A., CONSTANZA, R., FISHER, B., GREEN, R.E., LEHNER, B., ... RICKETTS, T.H. 2008.** Global mapping of ecosystem services and conservation priorities. *PNAS*, 105 (28): 9495-9500. Recuperado de: <http://www.pnas.org/content/105/28/9495.full.pdf>

**NICHOLSON, E., MACE, G., ARMSWORTH, P., ATKINSON, G., BUCKLE, S., CLEMENT, T., ... & MILNER-GULLAND, E.J. 2009.** Priority research areas for ecosystem services in a changing world. *Journal of Applied Ecology*, 46:1139-1144. Recuperado de: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2664.2009.01716.x/abstract>

**PANIAGUA, I. 2009.** *Análisis híbrido para la identificación anual de cambios en la cubierta del suelo: La Chinantla, Oaxaca, 2004-2005.* Tesis para obtener el grado de licenciado en Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Filosofía y Letras, México. Recuperado de: [http://132.248.9.195/ptd2009/enero/0638675/0638675\\_A1.pdf](http://132.248.9.195/ptd2009/enero/0638675/0638675_A1.pdf)

**PATAGONLAND INVESTMENT. 2013,** 9 al 13 de septiembre. Reporte N°25 Unidad de Inteligencia Territorial. Recuperado de: <http://intermediacion.patagonland.cl/wp-content/uploads/2013/07/Research25-PL-Importancia-delasareasVerdes.pdf>

**PAUCHARD, A., AGUAYO, M., PEÑA, E., & URRUTIA, R. 2005.** Multiple effects of urbanization on the biodiversity of developing countries: The case of a fast-growing metropolitan area (Concepción, Chile). *Biological Conservation* 127: 272-281. Recuperado de: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/119969/Pauchard%20A-Multiple.pdf?sequence=1>

**PAULEIT, S., ENNOS, R., & GOLDING Y. 2005.** Modeling the environmental impacts of urban land use and land cover change: a study in Merseyside, UK. *Landscape and Urban Planning* N° 71: 295-310. Recuperado de: <http://planet.uwc.ac.za/nisl/Biodiversity/Temporary%20Transfers/Biodiversity/Chapters/Info%20to%20use/Chapter%204/Modelurban.pdf>

**PÉREZ, L., AZÓCAR, G., & FLORES, R. 2009.** Crecimiento del Área Metropolitana de Concepción (Chile) y su relación con los planes metropolitanos, 1962-2002. Recuperado de: [http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/11348/01\\_PROCEEDINGS\\_M1\\_09\\_0036.pdf](http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/11348/01_PROCEEDINGS_M1_09_0036.pdf)

**PETTER, M., MOONEY, S., MAYNARD, S., DAVIDSON, A., COX, M., & HOROSAK, I. 2012.** A Methodology to Map Ecosystem Functions to Support Ecosystem Services Assessments. *Ecology and Society* 18(1): 31: Recuperado de: <http://www.ecologyandsociety.org/vol18/iss1/art31/>

**RODRÍGUEZ, A. 2011.** *Metodología para detectar cambios en el uso de la tierra utilizando los principios de la clasificación orientada a objetos, estudio de caso piedemonte de Villavicencio, Meta.* Tesis de Magister. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería Agronómica, Colombia. Recuperado de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/5241/1/andresfeliperodriguezvasquez.2011.pdf>

**ROJAS, C., OLIVERA, I., & GARCÍA-LÓPEZ, M. 2009.** Estructura urbana y policentrismo en el Área Metropolitana de Concepción. *Revista EURE* 35 (105): 47-70. Recuperado de: <http://www.scielo.cl/pdf/eure/v35n105/art03.pdf>

**ROMERO, H., MOLINA, M., MOSCOSO, C., SARRICOLEA, P., & SMITH, P. 2007.** Caracterización de los cambios de usos y coberturas de suelos causados por la expansión urbana de Santiago, análisis estadístico de sus factores explicativos e inferencias ambientales. (cap. 4, pp.251-270). En: De Mattos, C. y R. Hidalgo (eds.). Santiago de Chile: Movilidad Espacial y Reconfiguración Metropolitana. Santiago, Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile. 284p.

**ROMERO, H., VÁSQUEZ, A., FUENTES, C., SALGADO, M., SCHIMDT, A., & BANZHAF, E. 2012.** Assessing urban environmental segregation (UES). The case of Santiago de Chile. *Ecol. Indic.*, 23: 76–87.

**ROY, P., & TOMAR, S. 2001.** Landscape cover dynamics pattern in Meghalaya. *International Journal of Remote Sensing*, 22, (18): pp.3813-3825. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/255718124\\_PS\\_Roy\\_and\\_Sanjay\\_Tomar\\_2001\\_Landscape\\_cover\\_dynamics\\_pattern\\_in\\_Meghalaya\\_International\\_Journal\\_of\\_Remote\\_of\\_Remote\\_Sensing\\_Vol\\_22\\_No\\_18\\_pp\\_3813-3825](https://www.researchgate.net/publication/255718124_PS_Roy_and_Sanjay_Tomar_2001_Landscape_cover_dynamics_pattern_in_Meghalaya_International_Journal_of_Remote_of_Remote_Sensing_Vol_22_No_18_pp_3813-3825)



**SALINAS, E., & PEREZ, L. 2011.** Procesos urbanos recientes en el Área Metropolitana de Concepción: transformaciones morfológicas y tipologías de ocupación. *Revista de Geografía Norte Grande*, 49: 79-97. Recuperado de: <http://www.scielo.cl/pdf/rgeong/n49/art06.pdf>

**SANDOVAL, G. 2016.** *Propuesta de corredores verdes potenciales en el Paisaje Metropolitano de Santiago de Chile mediante una modelación en Sistemas de Información Geográfica*. Tesis para obtener el grado de Magister en Geomántica. Universidad de Santiago, Facultad de Ingeniería Geográfica, Chile.

**SANDOVAL, G. 2009.** *Análisis del proceso de cambio de uso y cobertura de suelo en la expansión urbana del gran Valparaíso, su evolución y escenarios futuros*. Memoria para optar al título de geógrafo. Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Chile. Recuperado de: [http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2009/aq-sandoval\\_g/pdfAmont/aq-sandoval\\_g.pdf](http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2009/aq-sandoval_g/pdfAmont/aq-sandoval_g.pdf)

**SHARP, R., CHAPLIN-KRAMER, R., WOOD, S., GUERRY, A., TALLIS, H., & RICKETTS, T. (coords.). 2014.** User Guide. The Integrated Valuation of Ecosystem Services and Trade-offs (InVEST). Recuperado de: [http://data.naturalcapitalproject.org/nightly-build/invest-users-guide/InVEST\\_VERSION+ Documentation.pdf](http://data.naturalcapitalproject.org/nightly-build/invest-users-guide/InVEST_VERSION+ Documentation.pdf)

**SINGH, A. 2010.** Review Article Digital change detection techniques using remotely-sensed data. *International Journal of Remote Sensing*, 10 (6):989-1003. Recuperado de: <ftp://ftp.shef.ac.uk/pub/uni/projects/ctcd/MartinWhittle/Singh1988.pdf>

**SMITH, P. 2007.** *Evolución espacial y temporal de la calidad ambiental del paisaje de los humedales de Concepción entre 1975 y 2006. Efectos ambientales provocados por la urbanización*. Memoria para optar al título de geógrafa. Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Chile.

**SUBIRÓS, J., LINDE, D., PASCUAL, A., & PALOM, A. 2006.** Conceptos y métodos fundamentales en la ecología del paisaje (*landscape ecology*). Una interpretación desde la geografía. *Doc. Anál. Geogr*, N°48: pp.151-166. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/39107731\\_Conceptos\\_y\\_metodos\\_fundamentales\\_en\\_ecologia\\_del\\_paisaje\\_landscape\\_ecology\\_Una\\_interpretacion\\_desde\\_la\\_geografia](https://www.researchgate.net/publication/39107731_Conceptos_y_metodos_fundamentales_en_ecologia_del_paisaje_landscape_ecology_Una_interpretacion_desde_la_geografia)

**TAYLOR, J., BREWER, T., & BIRD, A. 2000.** Monitoring landscape change in the National Parks of England and Wales using aerial photo interpretation and GIS. *International Journal of Remote Sensing*, 21, (13): pp.2737-2753. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/252534503\\_Monitoring\\_landscape\\_change\\_in\\_the\\_national\\_parks\\_of\\_england\\_and\\_wales\\_using\\_aerial\\_photo\\_interpretation\\_and\\_gis](https://www.researchgate.net/publication/252534503_Monitoring_landscape_change_in_the_national_parks_of_england_and_wales_using_aerial_photo_interpretation_and_gis)

[ge in the National Parks of England and Wales using aerial photo interpretation and GIS](#)

**TROY, A., & WILSON, M. 2006.** Mapping ecosystem services: Practical challenges and opportunities in linking GIS and value transfer. *Ecological Economics*, 60: 435-449. Recuperado de: [http://www.uvm.edu/~atroy/TroyandWilson\\_lores.pdf](http://www.uvm.edu/~atroy/TroyandWilson_lores.pdf)

**TURNER, B., SKOLE, S., FISCHER, G., FRESCO, L., & LEEMANS, R. 1995.** Land-Use and Land-Cover Change; Science/Research Plan”, *IGBP. Report No.35, HDP Report No.7.* IGBP and HDP, Stockholm and Geneva.

**TURNER, M. 2005.** Landscape ecology: What Is the State of the Science?. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, (36): pp. 319-344. Recuperado de: [http://www.edc.uri.edu/nrs/classes/nrs534/NRS\\_534\\_readings/Turner\\_AnnRevEcoSys\\_2005.pdf](http://www.edc.uri.edu/nrs/classes/nrs534/NRS_534_readings/Turner_AnnRevEcoSys_2005.pdf)

**TURNER, W., BRANDON, K., BROOKS, T., & CONSTANZA, R. 2007.** Global Conservation of Biodiversity and Ecosystem Services. *BioScience* 57(10):868-873. Recuperado de: [http://pdxscholar.library.pdx.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1044&context=iss\\_pub](http://pdxscholar.library.pdx.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1044&context=iss_pub)

**UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, UNEP. 2010.** Latín América and the Caribbean. Environment Outlook. Division of Early Warning and Assessment, ISBN: 978-92-807-2955-9. Recuperado de: [http://www.unep.org/pdf/GEOLAC\\_3\\_ENGLISH.pdf](http://www.unep.org/pdf/GEOLAC_3_ENGLISH.pdf)

**UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY, USGS. 2016.** Land Cover Trends Project. Recuperado de: <http://landcovertrends.usgs.gov/>

**VÁSQUEZ, A. 2016.** Infraestructura verde, servicios ecosistémicos y sus aportes para enfrentar el cambio climático en ciudades: el caso del corredor ribereño del río Mapocho en Santiago de Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, 63: 63-86. Recuperado de: <http://revistanortegrande.cl/wp-content/uploads/2016/08/art05-3.pdf>

**VILLEGAS, R. 2014.** *Patrones multi-escalares de perturbación en los paisajes socioecológicos en la Región Metropolitana de Santiago entre los años 1997-2004.* Memoria para optar al título de geógrafa. Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Chile. Recuperado de: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/129909/patrones-multi-escalares-de-perturbacion-en-los-paisajes-socioecologicos.pdf?sequence=1>

**WALKER, R. 2003.** Mapping Process to Pattern in the Landscape Change of the Amazonian Frontier. *Annals of the Association of American Geographers*, 93(2): 376-398. Recuperado de: <https://msu.edu/~rwalker/pubs/Walker2003.pdf>

Cambio en las coberturas de suelo y su impacto sobre las funciones y servicios ecosistémicos en el área metropolitana de concepción, periodo 1986-2015.

**WILLEMEN, L., VERBURG, P., HEIN, L., & VAN MENSVOORT, M. 2008.** Spatial characterization of landscape functions. *Landscape and Urban Planning*, 88: 34-43. Recuperado de: [https://www.academia.edu/12743196/Spatial\\_characterization\\_of\\_landscape\\_functions](https://www.academia.edu/12743196/Spatial_characterization_of_landscape_functions)



Cambio en las coberturas de suelo y su impacto sobre las funciones y servicios ecosistémicos en el área metropolitana de Concepción, periodo 1986-2015.

## 9. ANEXOS

### **Anexo N° 1. Porcentajes de crecimiento para las comunas de Concepción, Talcahuano, San Pedro y Hualpén, periodo 1976-1992.**

CUADRO DE SUPERFICIES CRECIMIENTO AMC 1955-1976			CUADRO DE SUPERFICIES CRECIMIENTO AMC 1976-1992		
COMUNA	CRECIMIENTO DENTRO DEL AREA PROPUESTA	CRECIMIENTO FUERA DEL AREA PROPUESTA	COMUNA	CRECIMIENTO DENTRO DEL AREA PROPUESTA	CRECIMIENTO FUERA DEL AREA PROPUESTA
1- TALCAHUANO	6.949 Km <sup>2</sup>	0.621 Km <sup>2</sup>	1- TALCAHUANO	5.557 Km <sup>2</sup>	0.297 Km <sup>2</sup>
2- CONCEPCIÓN	5.359 Km <sup>2</sup>	0.799 Km <sup>2</sup>	2- CONCEPCIÓN	4.291 Km <sup>2</sup>	0.302 Km <sup>2</sup>
3- HUALPEN	5.694 Km <sup>2</sup>	0.051 Km <sup>2</sup>	3- SAN PEDRO DE LA PAZ	3.564 Km <sup>2</sup>	0.385 Km <sup>2</sup>
4- SAN PEDRO DE LA PAZ	4.876 Km <sup>2</sup>	0.278 Km <sup>2</sup>	4- HUALPEN	1.559 Km <sup>2</sup>	0.403 Km <sup>2</sup>
<b>SUB TOTAL SUPERFICIE</b>	<b>22.878 Km<sup>2</sup></b>	<b>1.749 Km<sup>2</sup></b>	<b>SUB TOTAL SUPERFICIE</b>	<b>14.971 Km<sup>2</sup></b>	<b>1.387 Km<sup>2</sup></b>
<b>TOTAL SUPERFICIE ANALIZADA</b>	<b>24.627 Km<sup>2</sup></b>		<b>TOTAL SUPERFICIE ANALIZADA</b>	<b>16.358 Km<sup>2</sup></b>	

CUADRO DE PORCENTAJES DE CRECIMIENTO PROPIO POR COMUNA 1955-1976			CUADRO DE SUPERFICIES CRECIMIENTO AMC 1976-1992		
COMUNA	PORCENTAJE DE CRECIMIENTO DENTRO DEL AREA PROPUESTA	PORCENTAJE DE CRECIMIENTO FUERA DEL AREA PROPUESTA	COMUNA	PORCENTAJE DE CRECIMIENTO DENTRO DEL AREA PROPUESTA	PORCENTAJE DE CRECIMIENTO FUERA DEL AREA PROPUESTA
1- TALCAHUANO	91.797 %	8.203 %	1- TALCAHUANO	94.927 %	5.073 %
2- CONCEPCIÓN	87.025 %	12.975 %	2- CONCEPCIÓN	93.425 %	6.575 %
3- HUALPEN	99.112 %	0.888 %	3- SAN PEDRO DE LA PAZ	90.251 %	9.749 %
4- SAN PEDRO DE LA PAZ	94.606 %	5.394 %	4- HUALPEN	79.460 %	20.540 %
<b>TOTAL SUPERFICIE ANALIZADA</b>	<b>92.898 %</b>	<b>7.102 %</b>	<b>TOTAL SUPERFICIE ANALIZADA</b>	<b>91.521 %</b>	<b>8.479 %</b>

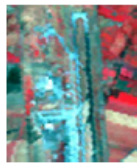
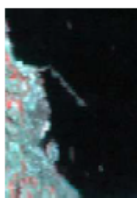


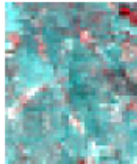
Fuente: Pérez *et al.* (2009).

## **Anexo N° 2. Tipologías de Coberturas y Usos de Suelo, CORINE.**






Level 1	Level 2	Level 3
1. Artificial surfaces	1.1. Urban fabric	1.1.1. Continuous urban fabric 1.1.2. Discontinuous urban fabric
	1.2. Industrial, commercial and transport units	1.2.1. Industrial or commercial units 1.2.2. Road and rail networks and associated land 1.2.3. Port areas 1.2.4. Airports
	1.3. Mine, dump and construction sites	1.3.1. Mineral extraction sites 1.3.2. Dump sites 1.3.3. Construction sites
	1.4. Artificial non-agricultural vegetated areas	1.4.1. Green urban areas 1.4.2. Sport and leisure facilities
2. Agricultural areas	2.1. Arable land	2.1.1. Non-irrigated arable land 2.1.2. Permanently irrigated land 2.1.3. Rice fields
	2.2. Permanent crops	2.2.1. Vineyards 2.2.2. Fruit trees and berry plantations 2.2.3. Olive groves
	2.3. Pastures	2.3.1. Pastures
	2.4. Heterogeneous agricultural areas	2.4.1. Annual crops associated with permanent crops 2.4.2. Complex cultivation 2.4.3. Land principally occupied by agriculture, with significant areas of natural vegetation 2.4.4. Agro-forestry areas
3. Forests and semi-natural areas	3.1. Forests	3.1.1. Broad-leaved forest 3.1.2. Coniferous forest 3.1.3. Mixed forest
	3.2. Shrub and/or herbaceous vegetation association	3.2.1. Natural grassland 3.2.2. Moors and heathland 3.2.3. Sclerophyllous vegetation 3.2.4. Transitional woodland shrub
	3.3. Open spaces with little or no vegetation	3.3.1. Beaches, dunes, and sand plains 3.3.2. Bare rock 3.3.3. Sparsely vegetated areas 3.3.4. Burnt areas 3.3.5. Glaciers and perpetual snow
4. Wetlands	4.1. inland wetlands	4.1.1. Inland marshes 4.1.2. Peatbogs
	4.2. Coastal wetlands	4.2.1. Salt marshes 4.2.2. Salines 4.2.3. Intertidal flats

Fuente: Bossard *et al.* (2000).

**Anexo N° 3. Tipologías de Coberturas y Usos de Suelo, Sandoval, 2009.**

Uso / cobertura	Criterios de identificación	Visualización
<p><b>Aeropuerto</b> Edificaciones correspondientes al tráfico de aviones comerciales y particulares</p>	<p>Forma y ubicación: Delimitación de aeropuerto por pistas de aterrizaje y torre terminal (contornos rectos)</p>	
<p><b>Puerto</b> Área urbana ubicada en la costa, correspondiente al tráfico de embarcaciones.</p>	<p>Forma y ubicación. Ubicado en zonas costeras y principalmente formas paralelas a línea de costas con prolongaciones hacia el mar.</p>	
<p><b>Industrial</b> Superficie artificial sin vegetación que ocupe la mayoría del área; contiene grandes construcciones, fábricas e instalaciones antrópicas (como viveros) que tienen relación con el procesamiento de alguna materia prima</p>	<p>Color de píxeles y forma en su agrupación, que dan origen a polígonos principalmente rectangulares de mucho brillo, en imagen satelital demuestran alta reflectancia, generando colores blancos, azulados o grises, claros y brillantes en imagen de Color Verdadero.</p>	
<p><b>Urbanización de Baja Densidad</b> La superficie construida posee espacios entre una edificación y otra.</p>	<p>Heterogeneidad cromática. Se agrupan píxeles de distintas tonalidades: En imagen Color Verdadero los colores son claros y opacos, distinguiéndose el celeste, gris y blancos, aunque en ciertas oportunidades se pueden distinguir algunas de color verde</p>	
<p><b>Urbanización de Alta Densidad</b> La superficie construida no posee espacios entre una edificación y otra.</p>	<p>Heterogeneidad cromática. Se agrupan píxeles de distintas tonalidades: En imagen Color Verdadero los colores son claros y opacos, distinguiéndose el celeste, gris y blancos, aunque en ciertas oportunidades se pueden distinguir algunas de color verde. En imagen Falso Color los</p>	








Cambio en las coberturas de suelo y su impacto sobre las funciones y servicios ecosistémicos en el área metropolitana de Concepción, periodo 1986-2015.

Uso / cobertura	Criterios de identificación	Visualización
	colores son claro y opacos, distinguiéndose el celeste, gris y blanco, aunque en ciertas oportunidades se pueden distinguir algunas de color rojo opaco.	
<p><b>Cultivos</b> Extensiones plantadas con viñas u otros cultivos. Actividad primaria llevada a cabo en el área rural y en algunos casos dentro del continuo urbano.</p>	<p>Por color, forma y textura. Color: en Falso Color corresponden a áreas rojizas fuertes fuera del área urbana y en Color Verdadero: verde, Forma: Áreas de los colores antes mencionados donde se discriminan sólo aquellas que poseen formas rectangulares. Textura: además de poseer forma regular (principalmente rectangulares) poseen una textura homogénea.</p>	
<p><b>Espacios Abiertos</b> Con una escasa cobertura de pastos incluyendo áreas rocosas. También se incluyen las áreas de minería, de extracción, de material de construcción y de otros minerales.</p>	<p>Color, forma y textura. Áreas que reflejan colores claros tendientes al blanco, en la imagen Falso Color. Formas irregulares y textura rugosa o lisa, según la topografía en donde se encuentren.</p>	
<p><b>Vegetación Dispersa</b> Áreas de vegetación herbácea y arbustiva con espacios considerables entre individuos. Puede representar la degradación de tierras boscosas o de vegetación más densas.</p>	<p>Color, forma y textura Heterogeneidad cromática En Color Verdadero colores predominantes de la gama del verde, aunque intercalados con colores de la gama del café. En Falso Color colores de la gama del rojo, aunque intercalados con colores de la gama del claros como el café, blanco. Forma: irregular. Textura: Rugosa.</p>	
<p><b>Vegetación Densa</b> Formación vegetal principalmente por árboles y también por arbustos donde cada individuo está cercano al otro.</p>	<p>Color, forma y textura En Color Verdadero distintas tonalidades de verde. En Falso Color rojo intenso y negro. Forma irregular. Textura rugosa</p>	
<p><b>Cursos y Cuerpos de Agua</b> Los Primeros corresponden a cursos o drenajes naturales de aguas presentes en una cuenca y los segundos corresponden a las acumulaciones naturales y artificiales de agua en un determinado lugar</p>	<p>Forma, color y textura. De forma elongada. En Color Verdadero corresponde a la gama del azul. En Falso Color de colores azul oscuro, incluso negro. Textura: Lisa Homogeneidad cromática Forma, color y textura. Forma irregular, de límites claros y generalmente redondeados. Color: en Falso Color azul oscuro hasta llegar al negro. En Color Verdadero dentro de la gama del azul.</p>	








Fuente: Sandoval, 2009.




**Anexo N° 4. Criterios de Identificación coberturas de suelo.**

Coberturas / Usos	Criterios de Identificación	Visualización
Urbanización Alta Densidad	La mayor parte de la tierra está cubierta presentando muy pocos espacios entre una edificación y otra. Edificios, carreteras y áreas artificiales cubren casi toda la superficie del suelo. Las zonas no lineales de vegetación y de suelo desnudo son excepcionales.	
Urbanización Baja Densidad	La mayor parte de la tierra no está cubierta por estructuras. Edificios, carreteras, suelo desnudo y áreas de superficie artificial asociadas a las áreas con vegetación, ocupan superficies discontinuas pero significativas. La superficie construida no supera el 20% del predio.	
Industrial	Áreas cubiertas artificialmente (con hormigón, asfalto o estabilizado) desprovistas de vegetación, ocupando la mayor parte de la zona en cuestión. También presenta edificios que pueden estar levemente vegetados. Contiene grandes fábricas e instalaciones industriales. Se ubican por lo general fuera de la trama urbana.	
Puerto	La infraestructura de las zonas portuarias, incluyendo muelles, astilleros y puertos deportivos.	
Aeropuerto	Instalaciones aeroportuarias: Pistas, edificios y terrenos asociados. Incluye zonas de césped adyacentes, o árboles y arbustos dispersos dentro de la zona de amortiguamiento del aeropuerto	
Áreas Verdes Urbanas	Áreas con vegetación dentro del tejido urbano. Incluye parques y cementerios con vegetación.	
Sitio Eriazo	Comprende tierras vacantes y espacios en fase de desarrollo de construcción, excavaciones en roca o suelo por movimientos de tierra.	

Cambio en las coberturas de suelo y su impacto sobre las funciones y servicios ecosistémicos en el área metropolitana de Concepción, periodo 1986-2015.

Plantaciones Forestales	Corresponden a terrenos silvícolas, de plantaciones de eucaliptos y otras.	
Cultivos	Incluye paños y terrenos de cultivos de carácter estacional (tierras de cultivo o pastos) y cultivos permanentes.	
Vegetación Densa	Formación vegetal principalmente por árboles y también por arbustos donde cada individuo está cercano al otro.	
Vegetación Dispersa	Áreas de vegetación herbácea y arbustiva con espacios considerables entre individuos. Puede representar la degradación de tierras boscosas o de vegetación más densas.	
Espacios Abiertos con Nula o Poca Vegetación	Zonas con una escasa cobertura de pastos incluyendo áreas rocosas. También se incluyen las áreas de minería, de extracción, de material de construcción y de otros minerales.	
Humedal	Las áreas con vegetación de baja altura, por encima de la línea de marea alta, susceptibles a inundaciones provocadas por el agua de mar. A menudo, en el proceso de inundación, poco a poco estas zonas son colonizadas por plantas halófilas.	
Vega	Tierra baja de altitud generalmente inundada en invierno, y saturadas de agua durante todo el año.	
Rio	Corresponden a cursos o drenajes naturales de aguas presentes en una cuenca	

Laguna	Corresponden a las acumulaciones naturales y artificiales de agua en un determinado lugar	
--------	---	---

Fuente: Elaboración propia en base a Bossard, Feranec & Otahel (2000) y Sandoval (2009).

**Anexo N° 5. Cuadro de definiciones de funciones y servicios ecosistémicos.**

Funciones Ecológicas	Definiciones
Producción de Oxígeno	Asociada a la fotosíntesis, produce el oxígeno necesario para la mayoría de los organismos vivos.
Heterogeneidad Abiótica	La disposición de los hábitats adecuados para las diferentes especies, para los grupos funcionales de las especies y para los procesos esenciales para el funcionamiento de los ecosistemas.
Biodiversidad	La variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y marinos y otros sistemas acuáticos, y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas.
Ciclo del Agua	Los ciclos del agua a través de los ecosistemas son esenciales para los organismos vivos.
Formación de Suelo	Debido a que muchos servicios de aprovisionamiento dependen de la fertilidad del suelo, la tasa de la formación del suelo influye en el bienestar humano en muchas maneras.
Ciclo de Nutrientes	Aproximadamente 20 nutrientes son esenciales para la vida, incluyendo el nitrógeno y el fósforo, ciclo a través de los ecosistemas y se mantienen a diferentes concentraciones en diferentes partes de los ecosistemas.
Producción Primaria	La asimilación o la acumulación de energía y nutrientes por los organismos.
Polinización	Cambios en los ecosistemas afectan a la distribución, abundancia, y la eficacia de los polinizadores

<b>Servicios de Provisión</b>	
Cultivos	Cultivo de plantas y la cosecha de estas en campos agrícolas y jardines comestibles que se utilizan para la nutrición humana.
Ganado	Producción y utilización de animales domésticos para la nutrición y el uso de productos relacionados (lácteos, lana)
Forraje	El cultivo y la cosecha de forraje para los animales domésticos
Captura de Peces	Captura de peces y mariscos, algas para la alimentación, harina y aceite de pescado.
Acuicultura	Cosecha de productos del mar / algas de las granjas de acuicultura marina y terrestre.
Alimentos Silvestres	Cosecha de bayas, setas, (comestibles) plantas, caza de animales salvajes, la captura de peces como forma recreativa, la cría de animales domésticos y recolección de ornamentos naturales (por ejemplo, conchas de mar, las hojas y ramitas con fines ornamentales o religiosos)
Madera	Presencia de árboles y plantas con potencial usufructo de madera.
Leña	Presencia de árboles y plantas con potencial uso como combustibles.
Medicina Natural	Productos naturales utilizados como bioquímicos, medicinas y cosméticos
Agua Fresca	Agua dulce utilizada (por ejemplo, para beber, para uso doméstico, uso industrial, riego)
<b>Servicios de Regulación</b>	
Regulación del Clima Local	La regulación de los componentes del clima local, como el viento, la precipitación, la temperatura, o la radiación debido a las propiedades de los ecosistemas y los procesos de control
Regulación del Clima Global	La absorción y almacenamiento a largo plazo de gases de efecto invernadero en los ecosistemas que permiten reducir las presiones sobre las concentraciones de CO <sub>2</sub> en la atmósfera.
Control de Inundaciones	Los elementos naturales que ayudan en la amortiguación inundaciones extremas
Recarga de Aguas Subterráneas	El tiempo y la magnitud de la escorrentía, las inundaciones, y la recarga de acuíferos pueden ser fuertemente influenciados por los cambios en la ocupación del suelo, incluyendo, en particular, alteraciones que modifican el potencial de almacenamiento de agua del sistema, tales como la conversión de humedales o la sustitución de los

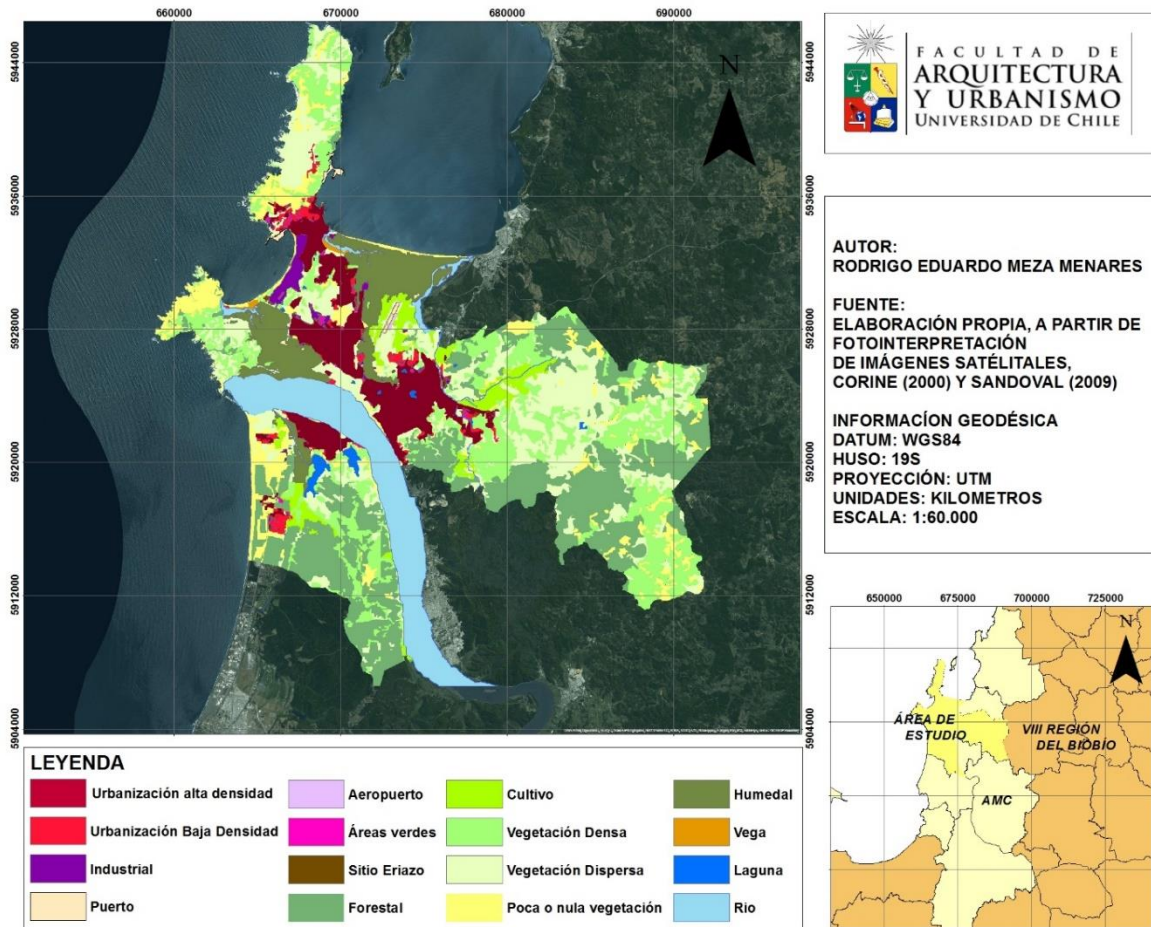


	bosques con tierras de cultivo y tierras de cultivo con las zonas urbanas.
Regulación de la Calidad del Aire	Captura, adsorción, filtración de partículas de aire, productos químicos de polvo y gases debido a los procesos eco-químicas
Regulación de la Erosión	Ecosistemas capaces de evitar la erosión del suelo y deslizamientos. Las coberturas vegetacionales juegan un rol importante en este proceso.
Regulación de Nutrientes	Reciclaje, metabolización y almacenamiento de nutrientes.
Purificación del Agua	el control de composiciones químicas en las aguas, sedimentos, pesticidas, o microbios causantes de enfermedades patógenas
<b>Servicios Culturales</b>	
Recreación y Ecoturismo	La gente a menudo elegir dónde pasar su tiempo libre con sede en parte de las características de la natural o cultivada paisajes en un área en particular.
Valoración Estética	Muchas personas encuentran la belleza o valor estético en varios aspectos de los ecosistemas, como se refleja en el apoyo a los parques, escénico unidades, y la selección de los lugares de vivienda
Valor Religioso y Espiritual	Muchas religiones adjuntar los valores espirituales y religiosos en los ecosistemas o sus componentes.
Valor Educativo	Los ecosistemas, sus componentes y procesos proporcionan la base para la educación formal e informal en muchas sociedades.
Valor Cultural Heredado	Muchas sociedades valoran mucho el mantenimiento de cualquiera de sus parajes de importancia histórica ("paisajes culturales") o especies de importancia cultural.
Valor de Inspiración	Los ecosistemas proporcionan una rica fuente de inspiración para el arte, el folclore, símbolos nacionales, la arquitectura y la publicidad.
Relaciones Sociales	Ecosistemas influyen en los tipos de relaciones sociales que se establecen en las culturas particulares. Sociedades de pesca, por ejemplo, difieren en muchos aspectos en sus relaciones sociales de pastoreo nómada o sociedades agrícolas.

Fuente: Elaboración propia en base a Burkhard *et al.*, (2009), Groot (2006) y MEA (2005)

Cambio en las coberturas de suelo y su impacto sobre las funciones y servicios ecosistémicos en el área metropolitana de Concepción, periodo 1986-2015.

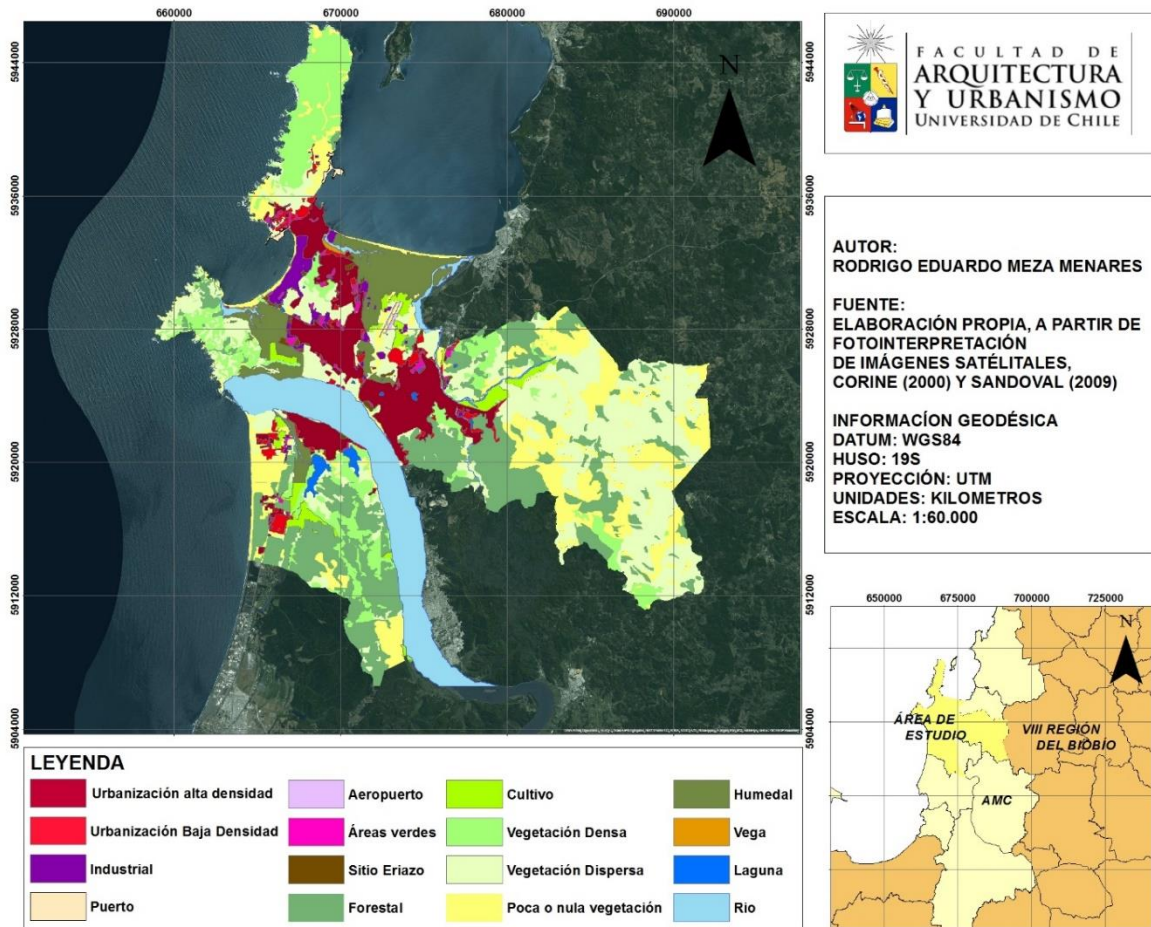
### Anexo N° 6. Coberturas y Usos de Suelo Área de Estudio, Año 1986.



Fuente Elaboración propia, 2016.

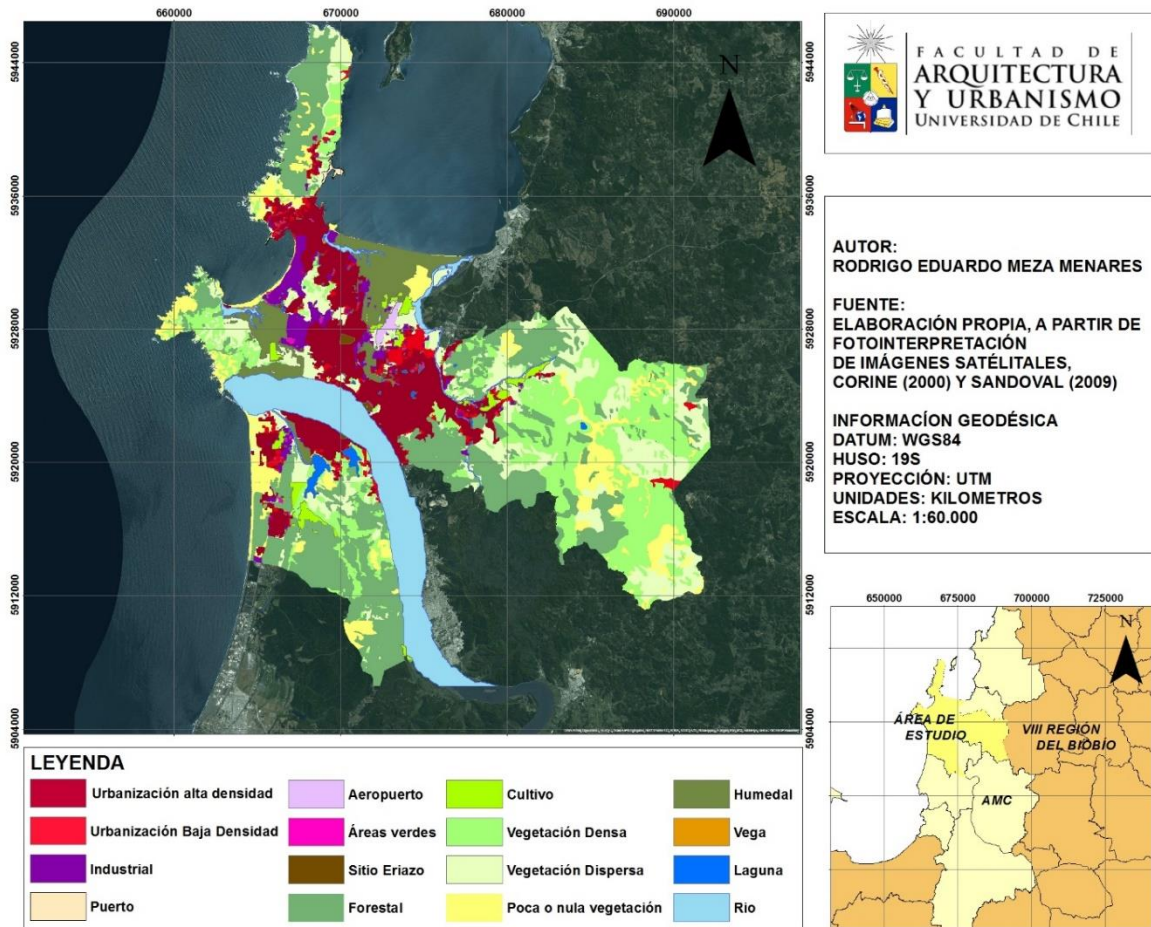
Cambio en las coberturas de suelo y su impacto sobre las funciones y servicios ecosistémicos en el área metropolitana de Concepción, periodo 1986-2015.

### Anexo N° 7. Coberturas y Usos de Suelo Área de Estudio, Año 2001.



Fuente Elaboración propia, 2016.

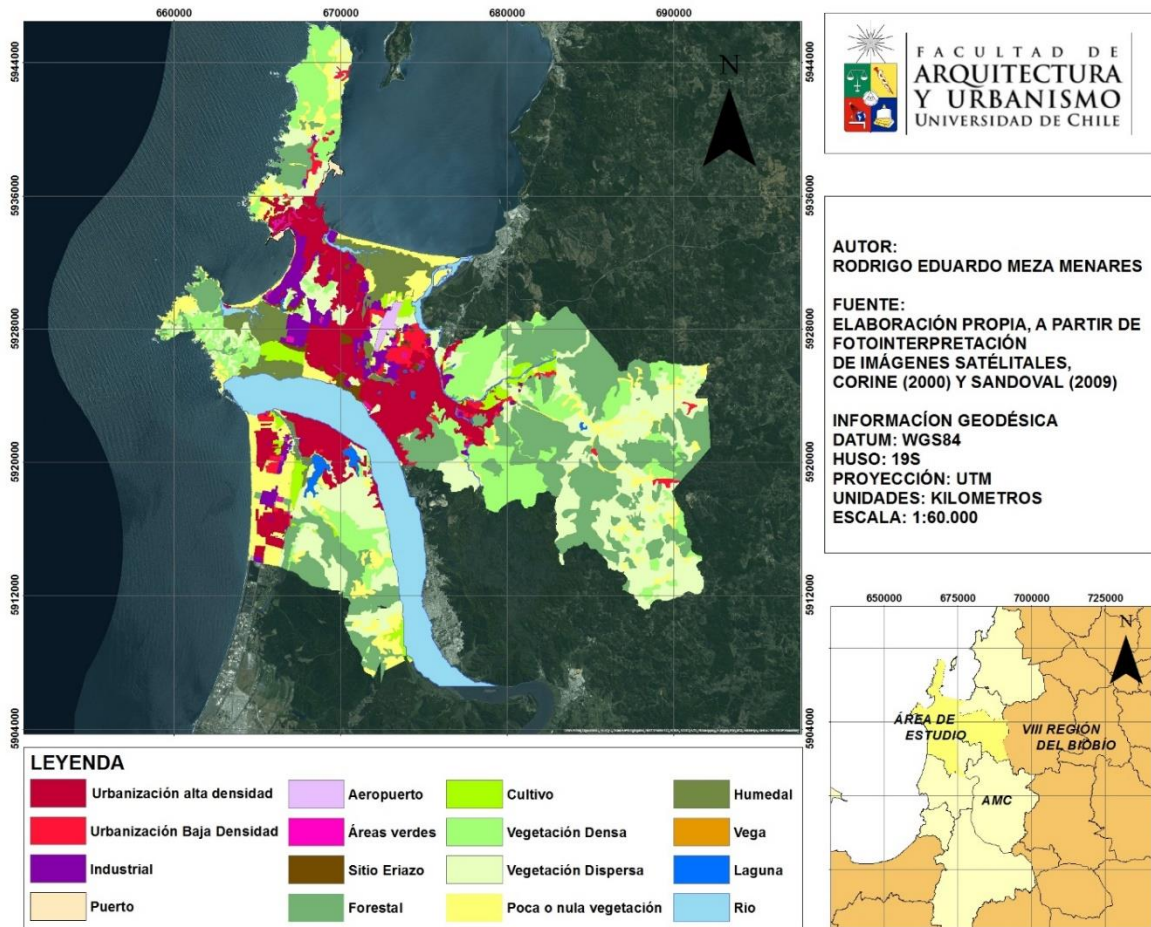
**Anexo N° 8. Coberturas y Usos de Suelo Área de Estudio, Año 2004.**



Fuente Elaboración propia, 2016.



**Anexo N° 9. Coberturas y Usos de Suelo Área de Estudio, Año 2015.**



Fuente Elaboración propia, 2016.

**Anexo N° 10. Proporción porcentual del paisaje ocupada por las coberturas y usos de suelo, periodo 1986-2015.**

Coberturas	Porcentaje del Paisaje (PLAND) %			
	1985	2001	2004	2015
Ocupación Alta Densidad	8,64	9,15	12,10	12,35
Ocupación Baja Densidad	1,20	1,88	2,13	1,89
Industrial	0,95	1,46	2,70	3,26
Aeropuerto	0,11	0,00	0,00	0,00
Puerto	0,17	0,00	0,00	0,00
Áreas verdes	0,46	0,00	0,00	0,00
Sitio Eriazo	0,20	0,00	0,00	0,00
Forestal	22,22	18,46	23,07	20,80
Cultivo	3,12	2,13	1,44	2,10
Humedal	7,15	5,81	5,18	4,20
Vega	0,14	0,00	0,00	0,00
Vegetación Densa	18,08	11,16	18,38	13,43
Vegetación Dispersa	18,08	23,02	14,40	19,43
Poca o nula vegetación	8,13	14,13	8,05	9,33
Laguna	0,68	0,00	0,00	0,00
Rio	10,67	10,67	10,66	10,69

Fuente Elaboración propia, 2016.

**Anexo N° 11. Pérdidas de superficie por cobertura o uso de suelo, periodo 1986-2001.**

Pérdidas (1986-2001)	Cambio (1986-2001)	Ha
<b>Pérdida ocupación alta densidad</b>	-> industrial	46,14
	-> laguna	10,35
<b>Pérdida ocupación baja densidad</b>	-> ocupación alta densidad	28,08
<b>Pérdida sitio eriazos</b>	-> ocupación baja densidad	23,27
	-> ocupación alta densidad	14,04
<b>Pérdida áreas verdes</b>	-> ocupación baja densidad	51,03
	-> ocupación alta densidad	22,68
<b>Pérdida forestal</b>	-> poca o nula vegetación	2798,87
	-> vegetación dispersa	1387,25
	-> vegetación densa	230,19
<b>Pérdida cultivos</b>	-> vegetación dispersa	294,50
	-> poca o nula vegetación	168,79
	-> forestal	51,23
	-> vegetación densa	32,04

Cambio en las coberturas de suelo y su impacto sobre las funciones y servicios ecosistémicos en el área metropolitana de Concepción, periodo 1986-2015.

	-> ocupación baja densidad	21,70
	-> áreas verdes	18,53
	-> industrial	14,13
<b>Pérdida vegetación densa</b>	-> vegetación dispersa	2710,14
	-> forestal	1552,97
	-> poca o nula vegetación	955,02
	-> ocupación alta densidad	31,19
	-> áreas verdes	29,77
	-> ocupación baja densidad	23,56
	-> cultivo	21,74
	-> sitio eriazo	16,83
<b>Pérdida vegetación dispersa</b>	-> poca o nula vegetación	1399,05
	-> vegetación densa	1352,37
	-> forestal	406,18
	-> ocupación baja densidad	168,46
	-> ocupación alta densidad	99,59
	-> industrial	85,10
	-> sitio eriazo	59,86
	-> áreas verdes	41,32
<b>Pérdida espacios abiertos con nula o poca vegetación</b>	-> vegetación dispersa	1414,70
	-> forestal	553,52
	-> vegetación densa	283,68
	-> ocupación baja densidad	56,07
	-> ocupación alta densidad	39,56
	-> áreas verdes	24,93
	-> sitio eriazo	21,15
	-> industrial	20,39
<b>Pérdida humedal</b>	-> vegetación dispersa	218,23
	-> cultivo	93,91
	-> industrial	71,35
	-> áreas verdes	60,22
	-> ocupación alta densidad	56,60
	-> sitio eriazo	52,52
	-> vegetación densa	50,98
	-> poca o nula vegetación	33,25
	-> ocupación baja densidad	21,53
<b>Pérdida vega</b>	-> poca o nula vegetación	17,37

Fuente: Elaboración propia, 2016.

**Anexo N° 12. Pérdidas de superficie por cobertura o uso de suelo, periodo 2001-2004.**

<b>Pérdidas (2001-2004)</b>	<b>Cambio (2001-2004)</b>	<b>Ha</b>
<b>Pérdida ocupación alta densidad</b>	-> industrial	123,35
	-> sitio eriazo	41,52
	-> ocupación baja densidad	13,06
<b>Pérdida ocupación baja densidad</b>	-> ocupación alta densidad	652,20
<b>Pérdida industrial</b>	industrial -> ocupación alta densidad	48,84
<b>Pérdida sitio eriazo</b>	-> industrial	88,20
	-> ocupación alta densidad	49,87
	-> ocupación baja densidad	16,65
<b>Pérdida áreas verdes</b>	-> ocupación alta densidad	118,96
	-> industrial	45,60
	-> sitio eriazo	26,19
	-> ocupación baja densidad	25,76
<b>Pérdida forestal</b>	-> vegetación dispersa	869,39
	-> poca o nula vegetación	687,67
	-> vegetación densa	574,08
	-> ocupación baja densidad	48,78
	-> industrial	10,92
<b>Pérdida cultivos</b>	-> vegetación dispersa	129,74
	-> ocupación alta densidad	59,09
	-> forestal	44,04
	-> ocupación baja densidad	38,43
	-> humedal	37,43
	-> poca o nula vegetación	19,13
<b>Pérdida vegetación densa</b>	-> industrial	17,37
	-> forestal	1969,53
	-> vegetación dispersa	607,79
	-> poca o nula vegetación	333,97
	-> ocupación baja densidad	67,67
	-> ocupación alta densidad	33,85
	-> industrial	20,25
-> sitio eriazo	10,17	
<b>Pérdida vegetación dispersa</b>	-> vegetación densa	4102,18
	-> poca o nula vegetación	1374,04
	-> forestal	1001,76
	-> ocupación alta densidad	341,30
	-> ocupación baja densidad	339,13
	-> industrial	174,91
	-> humedal	42,12
	-> áreas verdes	39,96
	-> sitio eriazo	35,63
	-> aeropuerto	17,46
	-> laguna	10,76
	-> vegetación densa	1923,01



Cambio en las coberturas de suelo y su impacto sobre las funciones y servicios ecosistémicos en el área metropolitana de Concepción, periodo 1986-2015.

<b>Pérdida espacios abiertos con nula o poca vegetación</b>	-> forestal	1440,36
	-> vegetación dispersa	1407,81
	-> ocupación alta densidad	222,28
	-> ocupación baja densidad	217,93
	-> humedal	156,96
	-> industrial	125,77
	-> aeropuerto	62,46
	-> sitio eriazo	16,40
	-> cultivo	14,77
<b>Pérdida humedal</b>	-> áreas verdes	12,65
	-> vegetación dispersa	246,79
	-> poca o nula vegetación	189,99
	-> industrial	53,82
<b>Pérdida vega</b>	-> ocupación alta densidad	33,29
	-> ocupación alta densidad	30,24

Fuente: Elaboración propia, 2016.

**Anexo N° 13. Pérdidas de superficie por cobertura o uso de suelo, periodo 2004-2015.**

<b>Pérdidas (2004-2015)</b>	<b>Cambio (2004-2015)</b>	<b>Ha</b>
<b>Pérdida ocupación alta densidad</b>	-> Industrial	229,51
	-> Ocupación Baja Densidad	162,34
	-> Poca o nula vegetación	106,00
	-> Sitio Eriazo	101,93
<b>Pérdida ocupación baja densidad</b>	-> Ocupación Alta Densidad	219,24
	-> Vegetación Dispersa	77,04
	-> Poca o nula vegetación	53,29
	-> Sitio Eriazo	35,27
	-> Industrial	30,42
<b>Pérdida industrial</b>	-> Vegetación Dispersa	46,56
	-> Poca o nula vegetación	38,46
	-> Ocupación Alta Densidad	31,26
	-> Sitio Eriazo	26,41
<b>Pérdida áreas verdes</b>	-> Ocupación Alta Densidad	17,01
	-> Industrial	12,76
<b>Pérdida forestal</b>	-> Vegetación Densa	2671,18
	-> Vegetación Dispersa	2509,04
	-> Poca o nula vegetación	1195,23
	-> Ocupación Alta Densidad	217,96
	-> Cultivo	95,96
	-> Industrial	36,65
<b>Pérdida cultivos</b>	-> Forestal	71,74
	-> Poca o nula vegetación	60,49

Cambio en las coberturas de suelo y su impacto sobre las funciones y servicios ecosistémicos en el área metropolitana de Concepción, periodo 1986-2015.

	-> Vegetación Dispersa	45,87
	-> Ocupación Baja Densidad	17,51
	-> Vegetación Densa	16,54
	-> Ocupación Alta Densidad	12,04
<b>Pérdida vegetación densa</b>	-> Vegetación Dispersa	2901,30
	-> Forestal	2846,87
	-> Poca o nula vegetación	569,13
	-> Ocupación Alta Densidad	61,57
	-> Ocupación Baja Densidad	18,40
<b>Pérdida vegetación dispersa</b>	-> Forestal	1586,80
	-> Vegetación Densa	1122,33
	-> Poca o nula vegetación	605,77
	-> Cultivo	328,80
<b>Pérdida espacios abiertos con nula o poca vegetación</b>	-> Forestal	1154,28
	-> Vegetación Dispersa	877,88
	-> Ocupación Alta Densidad	138,77
	-> Vegetación Densa	119,41
	-> Ocupación Baja Densidad	41,18
<b>Pérdida humedal</b>	-> Poca o nula vegetación	403,02
	-> Ocupación Alta Densidad	111,85
	-> Cultivo	99,24
	-> Industrial	68,34
	-> Ocupación Baja Densidad	31,12
	-> Aeropuerto	23,58

Fuente: Elaboración propia, 2016.