



UNIVERSIDAD DE CHILE
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Escuela de Pregrado
Carrera de Geografía

Análisis de los cambios de uso y cobertura de suelo y su relación con el comportamiento de indicadores ambientales en la conurbación Concepción-Talcahuano

Memoria para optar al título profesional de Geógrafa

VIVIANA ALEJANDRA BERRÍOS CARO

Profesor Guía: Hugo Romero A.

SANTIAGO-CHILE

2013

*El aprendizaje es
la más noble de las búsquedas*

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a todos quienes me han apoyado en este largo proceso, tanto en mi etapa de estudiante como de egresada.

En primer lugar, agradecer a mi familia. A Sonia, Jessica, Sergio y Alejandro, que desde un comienzo me apoyaron incondicionalmente a seguir el camino. A la familia que he hallado durante este proceso; Irene, Viviana, Paco y Constanza, quienes también han sido un apoyo fundamental.

A Vanessa y Viviana en particular, por alentarme a seguir en esos momentos de incertidumbre. La historia que hemos construido, han hecho que los lazos traspasen el tiempo.

A mis compañeros del Laboratorio de Medioambiente y Territorio, por otorgarme ayuda cuando lo requerí; Pamela, Claudio, Gino, Dustyn. Especialmente a Ximena, quien se ha transformado en el pilar fundamental durante este proceso y en quien he encontrado una gran y querida amiga.

Al profesor Hugo Romero Aravena, quien ha sido el tutor de este trabajo y me ha permitido crecer como profesional, incorporándome a los proyectos FONDECYT N°100657 y N°1130305. Gracias por las observaciones y valorar los esfuerzos.

A los profesores Cristian Henríquez y Pablo Sarricolea, quienes con paciencia y entusiasmo, ayudaron a orientar y llevar a cabo este proceso.

A mis amigas de la vida; Viviana, Carla y Jessica. Gracias por alegrarme la vida, por el ánimo en tiempos difíciles y por esos momentos maravillosos.

Finalmente, guardo un lugar especial para ti Javier Ignacio. Has sido quien me ha contenido por este largo período. Gracias por creer en mí, por apoyarme, alentarme y contribuir a querer ser una mejor persona. Porque esto recién comienza.

RESUMEN

El presente trabajo aborda la relación entre usos y coberturas de suelo y dos indicadores de calidad ambiental urbana (temperatura de emisión superficial y presencia y estado de la vegetación), en la conurbación Concepción-Talcahuano, durante los años 1986, 1998 y 2009. Los distintos usos y coberturas de suelo, han sido fotointerpretados utilizando imágenes de satélite y fotografías aéreas. Por medio del procesamiento de las imágenes, se obtuvieron valores numéricos y por tanto comparables, de los indicadores ambientales mencionados. El contraste de la distribución espacial de los usos y cobertura, así como de los indicadores ambientales para cada año, y el uso de un análisis de varianza, permitieron en tanto, establecer relaciones entre las variables. Los resultados muestran una expansión por acreción, de tipo tentacular y salto de rana, que ha sido rápida y constante, en donde predominan los usos de suelo residencial de mediana densidad e industrial. El cambio de coberturas naturales y seminaturales, por coberturas con uso de suelo urbano, paralelamente, condiciona la capacidad de regulación térmica de la ciudad. El área urbana presenta temperaturas más elevadas que sus inmediaciones, y si bien, el estado de la vegetación se ha mantenido “adecuado”, se evidencia una pérdida importante de biomasa a medida que se extiende la urbe. Lo anterior, sugiere que las variables analizadas y relaciones descritas, deberían ser consideradas por los instrumentos de gestión y planificación ambiental de la conurbación, dada su significancia.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	5
CAPÍTULO 1: PRESENTACIÓN	10
1.1.- INTRODUCCIÓN	10
1.2.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.3.- ÁREA DE ESTUDIO	15
1.5.- OBJETIVOS	21
CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ASUNTO	22
2.1. - EXPANSIÓN DE LA CONURBACIÓN	22
2.2. - CONSUMO DE SUELO EN LAS 3 ÚLTIMAS DÉCADAS	24
2.3. - PROBLEMAS AMBIENTALES ASOCIADOS A LA EXPANSIÓN DE LA CONURBACIÓN	27
CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	29
3.1.- FORMACIÓN Y EXPANSIÓN DE LA CIUDAD	29
3.2.- EXPANSIÓN URBANA, CAMBIO DE USO Y COBERTURA DE SUELO Y CONSECUENCIAS AMBIENTALES.	32
3.3.- CLIMA URBANO	33
3.4.- CLIMA URBANO Y PLANIFICACIÓN URBANA	37
CAPÍTULO 4: MARCO TEÓRICO METODOLÓGICO	41
4.1.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	42
4.2.- OBTENCIÓN DE IMÁGENES SATELITALES	42
4.3.- OBTENCIÓN DE FOTOGRAFÍAS AÉREAS	42
4.4. - CORRECCIÓN DE IMÁGENES SATELITALES	43
4.5. - FOTOINTERPRETACIÓN	44
4.6.- PROCESAMIENTO DE LA BANDA TERMAL	44
4.7. - OBTENCIÓN DEL ÍNDICE DE DIFERENCIA DE VEGETACIÓN NORMALIZADA (NDVI)	45
4.8. - RECLASIFICACIÓN DE LAS IMÁGENES	46
4.9. - ELABORACIÓN DE BASE DE DATOS	46
4.10. - ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE LAS VARIABLES	47

CAPÍTULO 5: RESULTADOS	50
<hr/>	
5.1. - CRECIMIENTO Y EVOLUCIÓN DEL USO Y COBERTURA DEL SUELO ENTRE LOS AÑOS 1986 Y 2009	50
5.1.1.- CRECIMIENTO DE LA MANCHA URBANA ENTRE LOS AÑOS 1986-1998-2009	51
5.1.1.1.- Descripción de la situación año 1986	52
5.1.1.2.- Evolución desde 1986 a 1998	54
5.1.1.3.- Evolución desde 1998 a 2009	57
5.1.2.- EVOLUCIÓN DE LOS USOS DE SUELOS URBANOS Y NO URBANOS DEL ÁREA DE ESTUDIO ENTRE 1986 Y 2009	62
5.1.2.1.- Evolución de los usos de suelo urbano	62
5.1.2.2.- Evolución de los usos de suelo no urbano	68
5.2. – EVOLUCIÓN DE LOS INDICADORES AMBIENTALES EN LA CONURBACIÓN CONCEPCIÓN-TALCAHUANO ENTRE 1986-2009	70
5.2.1. - EVOLUCIÓN DE LAS TEMPERATURAS DE EMISIÓN SUPERFICIAL DEL ÁREA DE ESTUDIO	70
5.2.1.1.- Panorama general temperaturas de emisión superficial entre 1986 y 2009	70
5.2.1.2.- Análisis de las diferencias de temperaturas de emisión superficial en áreas urbanas entre 1986 y 2009	73
5.2.1.3.- Evolución espacial de las temperaturas de emisión superficial en áreas urbanas entre 1986 y 2009	76
5.2.2. - EVOLUCIÓN DEL ÍNDICE DE DIFERENCIA DE VEGETACIÓN NORMALIZADA DEL ÁREA DE ESTUDIO	79
5.2.2.1.- Panorama general del Índice de Vegetación Normalizada entre 1986 y 2009	79
5.2.2.2.- Análisis de las diferencias del Índice de Diferencia de Vegetación Normalizada en áreas urbanas entre 1986 y 2009	81
5.2.2.3.- Evolución en la distribución del Índice de Diferencia de Vegetación Normalizada en áreas urbanas entre 1986 y 2009	83
5.3.- ANÁLISIS DE LA MODIFICACIÓN DE LOS INDICADORES AMBIENTALES ASOCIADOS AL USO DE SUELO DE LA CONURBACIÓN CONCEPCIÓN-TALCAHUANO	84
5.3.1.- ANÁLISIS DE LOS PROMEDIOS DE LAS TEMPERATURAS DE EMISIÓN SUPERFICIAL DE LOS USOS DE SUELO IDENTIFICADOS EN LA CONURBACIÓN.	85
5.3.2.- ANÁLISIS DE LOS PROMEDIOS DEL ÍNDICE DIFERENCIADO VEGETACIÓN NORMALIZADA DE LOS USOS DE SUELO IDENTIFICADOS DE LA CONURBACIÓN	87
5.3.3.- RELACIÓN ENTRE LOS PROMEDIOS DE TEMPERATURA DE EMISIÓN SUPERFICIAL E ÍNDICE DE DIFERENCIA DE VEGETACIÓN NORMALIZADA PARA CADA USO Y COBERTURA DE SUELO	88
CAPÍTULO 6: DISCUSIÓN DE RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	92
<hr/>	
6.1.- DISCUSIÓN DE RESULTADOS	92
6.2.- CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES	95
7. – BIBLIOGRAFÍA	100
<hr/>	

ANEXO 1: TIPOLOGÍA USO DE SUELO	114
ANEXO 2: RESULTADOS ANOVA USO DE SUELO-TEMPERATURA DE EMISIÓN SUPERFICIAL	116
ANEXO 3: RESULTADOS ANOVA USO DE SUELO-NDVI	117

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.- Mapa del área de estudio.</i>	17
<i>Figura 2.- Diagrama ombrotérmico, Estación Meteorológica de Concepción.</i>	18
<i>Figura 3.- Evolución demográfica del Gran Concepción (1992-2012).</i>	19
<i>Figura 4.- Evolución y tasa de crecimiento demográfica de la conurbación 1992-2012.</i>	20
<i>Figura 5.- Consumo de suelo en la Conurbación Concepción-Talcahuano.</i>	25
<i>Figura 6.- Crecimiento del AMC en hectáreas, entre 1975 y 2001.</i>	26
<i>Figura 7.- Variación de Indicadores Ambientales en el Gran Concepción.</i>	28
<i>Figura 8.- Patrones de expansión urbana</i>	30
<i>Figura 9.- Porcentaje de población residentes en áreas urbanas 1950-2030.</i>	31
<i>Figura 10.- Evolución de la distribución porcentual de la población urbana y rural 2000-2020.</i>	31
<i>Figura 11.- Niveles de influencia en la capa baja de la atmósfera.</i>	34
<i>Figura 12.- Escalas de estudio en climatología según YOSHINO, 1975.</i>	35
<i>Figura 13.- Crecimiento de la Mancha Urbana 1986-1998-2009.</i>	51
<i>Figura 14.- Crecimiento de la Mancha Urbana por hectáreas.</i>	52
<i>Figura 15.- Mapa del área urbana año 1986.</i>	53
<i>Figura 16.- Mapa del área urbana año 1998.</i>	56
<i>Figura 17.- Mapa de área urbana año 2009.</i>	58
<i>Figura 18.- Mapa de la evolución de la mancha urbana, 1986 a 2009.</i>	60
<i>Figura 19.- Crecimiento urbano del área de estudio 1986-2009.</i>	61
<i>Figura 20.- Evolución del usos de suelo área de estudio.</i>	63
<i>Figura 21.- Mapa de uso de suelo en la conurbación año 1986.</i>	65
<i>Figura 22.- Mapa de uso de suelo en la conurbación año 1998.</i>	66
<i>Figura 23.- Mapa de uso de suelo en la conurbación año 2009.</i>	67
<i>Figura 24.- Evolución del uso y cobertura de suelo no urbano entre 1986 y 2009.</i>	68
<i>Figura 25.- Evolución de superficies urbanas y coberturas naturales 1986-2009.</i>	69
<i>Figura 26.- Mapas de Temperatura de emisión superficial del área total de la conurbación Concepción Talcahuano.</i>	72
<i>Figura 27.- Mapas de Temperatura de Emisión Superficial, áreas urbanas de la conurbación Concepción-Talcahuano.</i>	75
<i>Figura 28.- Superficies totales por rango de temperatura.</i>	76
<i>Figura 29.- Porcentaje ocupados por rangos de temperatura de emisión superficial.</i>	77
<i>Figura 30.- Mapa de NDVI del área total de la conurbación Concepción-Talcahuano.</i>	80
<i>Figura 31.- Mapa de NDVI en el área urbana de la conurbación Concepción- Talcahuano.</i>	82
<i>Figura 32.- Evolución de la superficie ocupada por rango de NDVI.</i>	83

<i>Figura 33.- Evolución del NDVI dentro del área urbana entre 1986 y 2009.</i>	83
<i>Figura 34.- Evolución de los promedios de Temperatura por usos de suelo.</i>	85
<i>Figura 35.- Evolución del NDVI en la conurbación.</i>	87
<i>Figura 36.- Relación entre Temperatura-NDVI por cada uso de suelo año 1986.</i>	89
<i>Figura 37.- Relación entre Temperatura-NDVI por cada uso de suelo año 1998.</i>	89
<i>Figura 38.- Relación entre Temperatura-NDVI por cada uso de suelo año 2009.</i>	90

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1.- Densidad de población a nivel comunal.</i>	20
<i>Tabla 2.- Desastres en Concepción- Talcahuano 1885-1990.</i>	27
<i>Tabla 3.- Prueba de Normalidad.</i>	48
<i>Tabla 4.- ANOVA Temperatura de emisión superficial.-</i>	48
<i>Tabla 5.- ANOVA de Índice de Diferencia de Vegetación Normalizada.-</i>	49
<i>Tabla 6.- Test de LEVENE.-</i>	49

CAPÍTULO 1: PRESENTACIÓN

1.1.- Introducción

La migración de población a centros urbanos, es un proceso generalizado a nivel mundial, el cual de acuerdo a las proyecciones estadísticas, está lejos de declinar. Para el año 2030, más de 5.000 millones de habitantes (60% de la población mundial) residirá en áreas urbanas (THORAYA, 2007). Este hecho lleva a enfatizar la atención al estudio de la capacidad de sostenimiento de las ciudades, dado que son el principal nicho ecológico de la humanidad, del cual depende la calidad de vida de las personas (ROMERO et al., 2005). La urbanización, entendida como el cambio de usos y coberturas del suelo, asociados a la expansión de la ciudad, es en este contexto, un proceso que ha tenido un desarrollo explosivo, sobre todo considerando el modelo hegemónico de desarrollo. Los ecosistemas urbanos, se encuentran preocupantemente sobrecargados y el equilibrio ecológico en gran parte de ellos, se ha visto irreversiblemente deteriorado (RUIZ, 2005). Lo anterior se explica en base a que en la ciudad, no solo se generan las condiciones necesarias para la reproducción de las estructuras económicas, políticas, sociales y culturales de una sociedad determinada, sino que también, porque en ella se generan de manera paralela, las condiciones para el deterioro de la calidad de vida de la población que las habita, especialmente cuando están sobrepobladas y han sido mezquinamente planificadas. La cantidad de energía y recursos necesarios para mantener su metabolismo (obtenidos al interior y fuera de ellas) son ingentes, y el consumo a gran escala, la acumulación de desechos, la interrupción del ciclo del agua, la contaminación del aire, suelo y agua, la fragmentación de ecosistemas naturales y pérdida población vegetal y animal, han provocado que la cantidad y calidad de los servicios ambientales, se vuelva, escasa, deficiente, y su prevalencia, incierta (WITHFORD et al. 2001; PAULEIT, et al. 2005; MOLINA, 2007).

El clima urbano, puede ser definido como la totalidad de cambios microclimáticos surgidos por la alteración del Hombre sobre la superficie urbana (CAPELLI et al., 2005). Por medio de su estudio, se ha intentado comprender la relación entre componentes naturales y artificiales del paisaje, que reestructuran el clima de la ciudad, con el objetivo de proponer medidas que favorezcan la mejora de la calidad de vida de las personas. Comienza a

desarrollarse en el año 1818 en Europa, y en la década de los ochenta en Chile. En el caso del Gran Concepción, si bien, no hay estudios previos, referidos específicamente a las condiciones climáticas de la conurbación, sí hay algunos que muestran que esta ciudad, no es la excepción a las problemáticas ambientales descritas. VÁSQUEZ et al. (2006), por ejemplo, da cuenta de un importante deterioro de sus condiciones ambientales, debido principalmente a la pérdida de biomasa, sobretodo de aquella, con alta productividad vegetal. SMITH (2007), en tanto, señala que ecosistemas naturales característicos de la ciudad, como humedales y lagunas, son dramáticamente vulnerables a la expansión urbana, pues se encuentran reducidos y muy fragmentados.

En el presente estudio, se analiza la relación entre los diversos usos y coberturas de suelo en la conurbación Concepción-Talcahuano durante los años 1986, 1998 y 2009, y dos indicadores ambientales, frecuentemente utilizados para evaluar la calidad ambiental en la ciudad: temperatura de emisión superficial y presencia y estado de la vegetación. El conocimiento generado en torno a los efectos del modelo actual de urbanización, sobre variables determinantes en el comportamiento, distribución y capacidad de regulación de las temperaturas urbanas, es fundamental, y constituye un capital oportuno y sumamente necesario, para la discusión e implementación de medidas dirigidas a la consolidación de una ciudad más sustentable.

1.2.- Planteamiento del problema

La ciudad representa el hábitat del ser humano por excelencia (THORAYA, 2007), donde el hombre adecúa el medio en pos de sus necesidades reconfigurando el territorio de manera constante (WITHFORD et al., 2001).

Tanto el crecimiento natural de la población como la migración rural-urbana y el crecimiento económico de los países (SIBONA, 1962 en ALMEDRAS 2009; MC AUSLAN, 1985), derivan en la expansión física de las ciudades. Actualmente, este proceso obedece a la hegemonía del sistema económico imperante, que considera el suelo como recurso no escaso, donde los instrumentos de planificación urbana se subyugan a los intereses de grandes consorcios, conformando una estructura urbana desigual. Consecuentemente, la ciudad se amplía según la preferencia de los consumidores, los que tienden a ocupar áreas menos densificadas (AZOCAR et al., 2005 en MOLINA, 2007), lo que conlleva a la ocupación del territorio de manera escasamente coherente, dado que responde a procesos aislados de apropiación del espacio.

Sin importar su forma, la expansión de las ciudades causa daños irreversibles en el medio ambiente natural y sobre los servicios ambientales que estos prestan (MOSCOSO, 2007). De acuerdo a la literatura, el cambio de uso y cobertura de suelo es el principal proceso responsable de ello (TURNER y MEYER, 1991; ROMERO et al., 2007; ALDANA y BOSQUE SENDRA, 2008; en SANDOVAL, 2009), pues al urbanizar, se altera tanto el intercambio energético como el ciclo hidrológico, ya que al incrementar la impermeabilización de los suelos en desmedro de las coberturas naturales, aumenta la temperatura y la escorrentía superficial y disminuye la cantidad de humedad relativa en la atmósfera. Paralelamente, los materiales utilizados en la construcción de la urbe, poseen una menor inercia térmica que las coberturas naturales y/o seminaturales, lo que implica que la energía absorbida durante el día, sea emitida a un ritmo más lento hacia la atmósfera durante la noche, lo cual favorece que la ciudad sea comparativamente más cálida que su entorno.

Debido a esto, se estipula que la ciudad es responsable de sus propias condiciones ambientales (SARRICOLEA, 2008), ya que altera los parámetros meteorológicos

presentes en ella, situación que deriva en la pérdida de la calidad de vida de sus habitantes.

El incremento de las temperaturas al interior de la ciudad, aumenta el riesgo de generar severos problemas a la salud. En verano, disminuye el confort térmico de los habitantes, ya que al ser la ciudad más cálida, acentúa las enfermedades relacionadas con el calor, como el aumento de la presión arterial (principalmente en adultos mayores). En invierno, los focos de altas temperaturas tienen una estrecha relación con la concentración de contaminantes fotoquímicos como el Ozono (O₃), lo que incrementa las enfermedades respiratorias.

Por otro lado, se considera que el aumento de las temperaturas al interior de la urbe son un claro indicio de degradación ambiental, puesto que incentiva el uso de sistemas de refrigeración y aire acondicionado, lo que conlleva un alza en la demanda energética desde las plantas eléctricas. Esto genera una mayor emisión de contaminantes atmosféricos (PEÑA, 2007; SARRICOLEA, 2008).

Las ciudades chilenas no están exentas de esta realidad. Actualmente, más del 80% de la población reside en áreas urbana y se estima que para el año 2020, esta cifra aumente a más del 87% (INE, 2005).

Diversas investigaciones evidencian la escasa sustentabilidad ambiental con la cual se ejecuta la expansión urbana en Chile, tanto en ciudades grandes (MOLINA, 2007; ROMERO et al., 2008; SARRICOLEA, 2008; ROMERO et al., 2010; ROMERO y SARRICOLEA, 2010) como intermedias (AZOCAR et al, 2003; SARRICOLEA, et al., 2008).

El Área Metropolitana de Concepción constituye uno de los conglomerados urbanos más importantes a nivel nacional, en el que a pesar de las numerosas restricciones que presenta el terreno que la sostiene (MARDONES y VIDAL, 2004; BAERISWYL, 2008), actualmente alberga a más de 900.000 habitantes (INE, 2012). Las comunas de Concepción y Talcahuano son las que concentran la mayor cantidad de población.

Desde la perspectiva de sustentabilidad ambiental, estudios demuestran que el proceso de conurbación ha repercutido en el aumento de las temperaturas de emisión superficial y

la pérdida de biomasa al interior de la ciudad (VÁSQUEZ et al., 2006), con influencia directa en el atoisamiento de los humedales presentes en el área (SMITH, 2007) lo que afecta principalmente a las diversas especies que forman parte de estos ecosistemas, además de mermar la calidad de aire que esto implica (CENMA, 2010).

El presente estudio pretende ser un registro de la evolución de la conurbación Concepción-Talcahuano, con respecto al crecimiento de su mancha urbana en un período de 23 años (1986-2009), en el que se despliega información sobre las dinámicas de ocupación del territorio, cuyos cambios de uso y cobertura de suelo tienen directa relación con la pérdida en la cantidad y óptimo estado de la vegetación, lo que altera las condiciones térmicas al interior de la urbe y en las áreas de borde.

Se considera de suma importancia generar investigaciones que permitan detectar áreas vulnerables a los cambios de condiciones ambientales producto de la expansión urbana, con el fin de mitigar los impactos previsibles. Esto permite concebir una oportuna gestión del territorio y el adecuado manejo de los recursos, en función de la conservación de la biodiversidad, a la vez que se favorece la calidad de vida de los habitantes de la ciudad.

En este auge de discusiones sobre el desarrollo sustentable de las ciudades (DRAKAKIS-SMITH, 1995; REES y WACKERNAGEL, 1996; SATTERTHWAITTE, 1997; SPANGENBERG et al., 2002; WHITEHEAD, 2003; MYLLYLA y KUVAJA, 2005), es imperioso que se incorporen criterios ambientales al abordar la planificación urbana, dado que el derecho de gozar de un espacio confortable no obedece sólo a la belleza escénica que puede otorgar un paisaje (que dicho sea de paso, es un factor clave a considerar si se habla de turismo), si no que la calidad de vida de sus habitantes está estrechamente vinculada con las condiciones de su entorno y los servicios ambientales que éste puede prestar, lo que corresponde a un derecho que debe ser exigido por la sociedad al momento de dirimir sobre políticas públicas en cuanto a dónde y cómo se debe expandir la ciudad, considerando los propósitos esenciales del bien común del cual el Estado debiera tener un rol protagónico.

1.3.- Área de estudio

El área de estudio (Figura N°1) se localiza a lo largo de la línea litoral de la provincia de Concepción, se extiende aproximadamente entre los 36°42'-36°52' de latitud sur y los 73°03'-73°10' de longitud oeste, entre planicies litorales y la Cordillera de la Costa. Corresponde a la conurbación Concepción-Talcahuano e incluye la comuna de Hualpén¹ y el sector camino a Penco.

La planificación territorial de las comunas mencionadas está dada por los planes reguladores comunales respectivos, por la política nacional de borde costero en el caso de Talcahuano, Hualpén y Penco (dictada según D.S. N° 475 del 14 de Diciembre de 1994, del Ministerio de Defensa Nacional), y por el Plan Regulador Metropolitano de Concepción (año 2006).

Dentro de la conurbación, el principal núcleo administrativo, financiero y comercial, es la ciudad de Concepción. Su explosivo desarrollo económico y demográfico, ha sido crucial en la transformación del paisaje, en el consumo de suelos naturales y seminaturales, en la expansión urbana y finalmente, en la conurbación de los núcleos urbanos aledaños (BAERISWYL, 2009).

El área de emplazamiento de la conurbación Concepción-Talcahuano, está conformada por una gran diversidad de hitos geográficos, supeditados a dinámicas fluvio-marinas. Destaca la presencia de bloques fallados como la falla de Concepción, San Vicente, Cerros San Miguel, San Martín, Caracol, Chepe, Chacabuco y la Pólvora, los que en conjunto determinan la topografía litoral y otorgan a la conurbación una alta complejidad geomorfológica que determina paralelamente el desarrollo y expansión de los asentamientos que le conforman (GALLI, 1967; MARDONES, 1978; MARDONES et al. 1995; en MARDONES y VIDAL 2001).

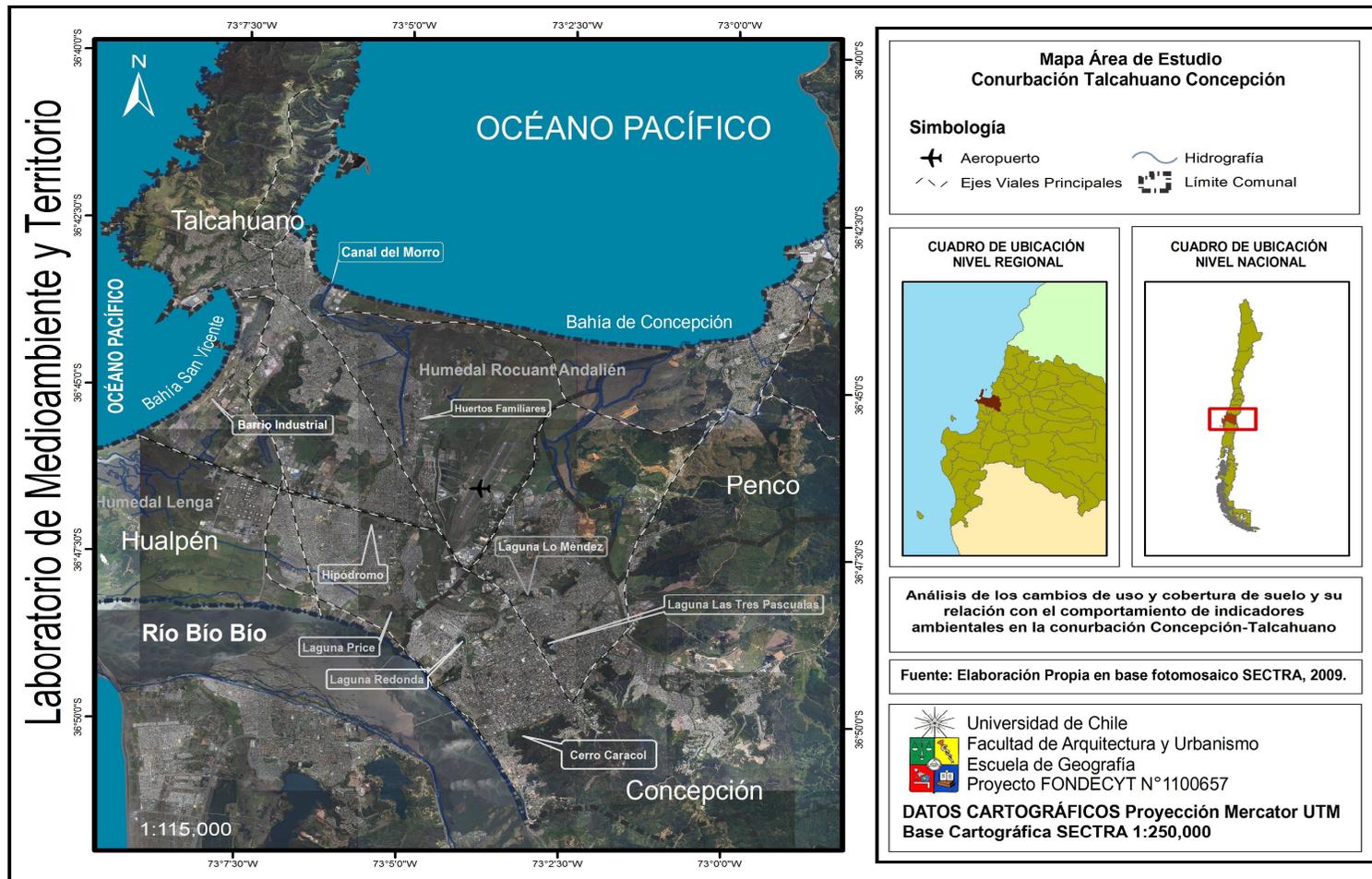
¹ Comuna creada por la Ley N° 19.936 el año 2004, independizándose así de la administración de Talcahuano.

Respecto a la hidrografía, destaca la presencia de dos importantes ríos que disectan fallas y mesetas. Estos son el Andalién (780 Km²/ 36 Km de longitud) y el Bio Bío (24.264 Km²/ 380 Km de longitud) (DGA, 2004). Estos actúan como barrera natural tanto al nororiente como al sur de la conurbación y determinan el perfil geológico de los suelos de la llanura, los cuales están conformados principalmente por sedimentos marinos del Terciario y fluviomarinos del Cuaternario (DGA, 2004), entre los cuales se identifican capas superpuestas de arcilla, limo y suelos finos, que limitan el soporte constructivo en la zona (MARDONES y VIDAL, 2001; DGA, 2004; MARTÍNEZ, 2004).

El área en donde se sitúa la ciudad de Talcahuano -etimológicamente 'Trueno en el Cielo'-, es un istmo de tierras bajas que une la Península de Tumbes (meseta montañosa que domina el norte de la comuna) con la superficie continental, lugar donde se emplaza el centro cívico de la ciudad. Hacia el sur, aproximadamente a 7 kilómetros, se localiza la comuna de Hualpén, la que comprende la península del mismo nombre hacia el oeste de la ciudad. La comuna está supeditada a numerosos cuerpos de agua y fuertes contrastes de relieves irregulares, cuya altitud varía desde 1 msnm en áreas urbanas, a los 221 msnm en la península homónima.

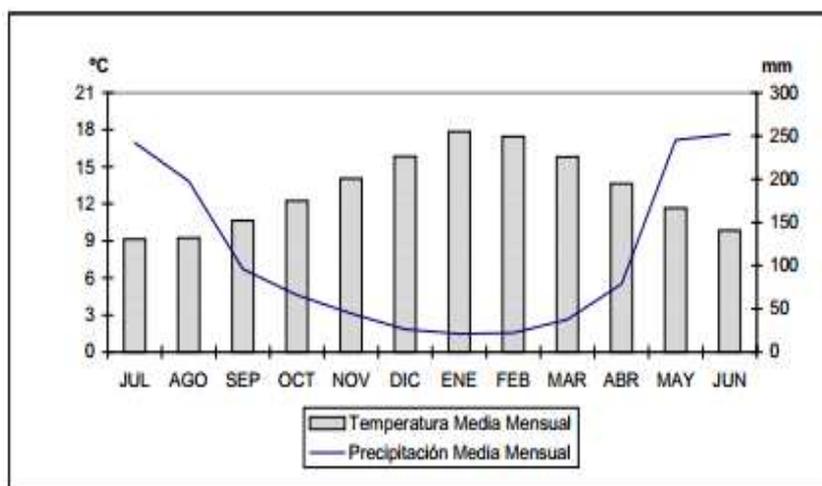
Al suroriente, a los pies de la Cordillera de la Costa y sobre suelos rocosos cubiertos de material arcilloso, se encuentra la comuna de Concepción. Sus límites naturales son al sur el cerro Caracol, al surponiente el río Bio Bío. Se ubica sobre una fosa de origen tectónico, al interior de la cual se modelan llanuras y terrazas de origen fluvial (MARDONES y VIDAL, 2001). El sector camino a Penco, que ha tenido una expansión importante en las últimas décadas, se encuentra inmerso en la Cordillera de la Costa en dirección nororiente desde Concepción. Las áreas urbanas se han desarrollado de forma irregular, a lo largo del eje vial CH-150 que ha determinado el asentamiento en la zona.

Figura 1.- Mapa del área de estudio.



Respecto a las condiciones climáticas existentes en el área de estudio, se define como una zona de transición entre un clima templado mediterráneo cálido y un clima templado húmedo o lluvioso, denominado clima templado-cálido tipo mediterráneo (ROMERO, 1985). Las temperaturas anuales alcanzan una media de 12°C y una amplitud térmica de 8,1°C. La temperatura promedio en verano es de 17°C , mientras que en invierno de 8°C. La precipitación media anual, alcanza los 1.332,6 mm, concentrándose un 70% de éstas (Figura N°2), en los meses de mayo y agosto (AZÓCAR y SANHUEZA, 2000). Las precipitaciones copiosas, permiten el desarrollo de una vegetación abundante y muy particular, propia del área de transición entre las regiones meso e hidromórficas (DI CASTRI, 1968, en AZÓCAR Y SANHUEZA, 2000).

Figura 2.- Diagrama ombrotérmico, Estación Meteorológica de Concepción.

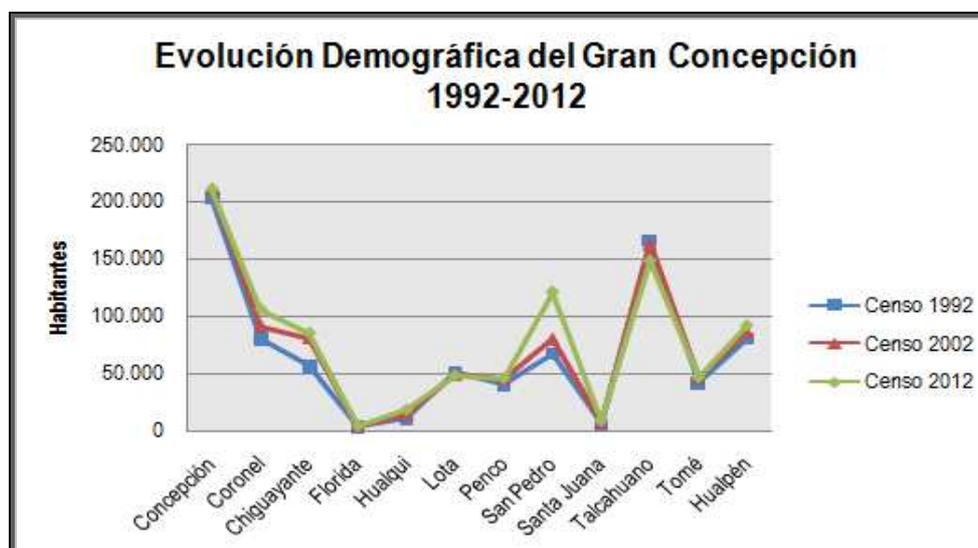


Fuente: DGA, 2004

Los cambios en la demografía de la conurbación, tienen directa relación con el proceso de industrialización sustitutiva de importaciones y con la posterior integración de la economía nacional y regional, al mercado globalizado (ALISTE et al., 2012). El Área Metropolitana de Concepción está conformada actualmente por doce comunas, las que en conjunto albergan a 937.991 habitantes (INE, 2012). Como se observa en la figura N°3, de acuerdo a los últimos tres Censos de Población y Vivienda, correspondientes a los años 1992, 2002 y 2012; las comunas que concentran mayor cantidad de población son Concepción, Talcahuano y San Pedro de la Paz. En las comunas que corresponden al área de estudio, el crecimiento demográfico ha sido constante a excepción de Talcahuano (Figura N°4),

ciudad que muestra una tasa de decrecimiento de - 0,1% en el periodo 1992 – 2002, y de - 0,9% en el periodo 2002 – 2012. De acuerdo al informe Plan Anual de Desarrollo Educacional Municipal (PADEM) del año 2012 de la comuna de Talcahuano, la población de mayor decrecimiento, es aquella que corresponde al estrato “menos de 15 años”. La comuna de Concepción, en el periodo 1992 – 2002, es la que muestra una mayor tasa de crecimiento (0,4%), sin embargo, desde el año 2002 a la actualidad, se ha producido el proceso inverso, el cual se refleja en una tasa de decrecimiento anual de -0,1%. Hualpén y Penco crecen en ambos períodos, aunque a diferentes ritmos. Mientras Hualpén presenta una tendencia al alza en ambos períodos con 0,6 y 0,7% respectivamente, Penco la disminuye considerablemente en el segundo período, alcanzando sólo un 0,1%.

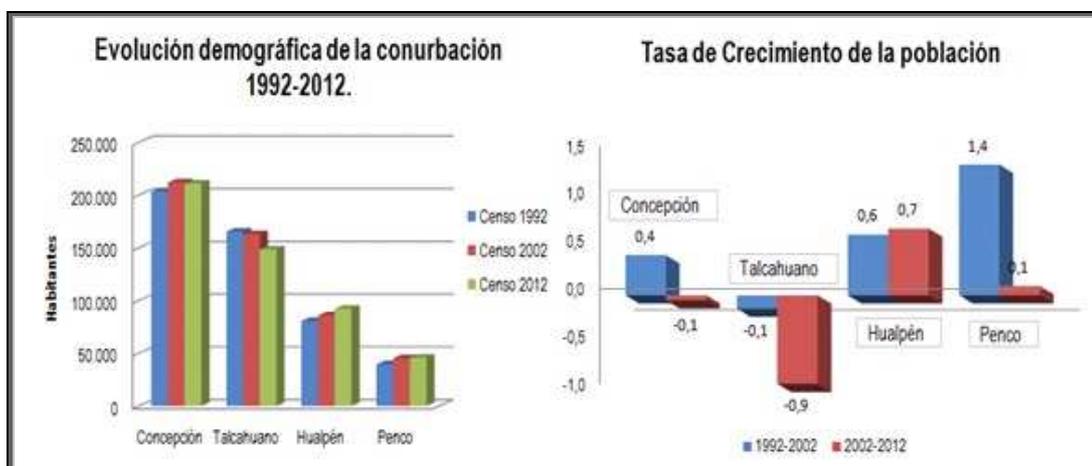
Figura 3.- Evolución demográfica del Gran Concepción (1992-2012).



Fuente: Elaboración Propia²

²En base a los datos obtenidos en< http://www.censo.cl/2012/08/resultados_preliminares_censo_2012.pdf>

Figura 4.- Evolución y tasa de crecimiento demográfica de la conurbación 1992-2012.



Fuente: Elaboración Propia en base a los resultados del Censo 2002 y 2012.

La densidad de población para cada comuna, de acuerdo al Censo del año 2012, se representa en la tabla a continuación.

Tabla 1.- Densidad de población a nivel comunal.

Comuna	Población (2012)	Superficie (Km ²)	Densidad (Hab/Km ²)
Concepción	210.891	221,6	951,67
Talcahuano	148.463	92,3	1608,4
Hualpén	92.170	53,5	1722,8
Penco	45.806	107,6	425,7

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos del Censo 2012.

1.5.- Objetivos

General

Evaluar el comportamiento de variables ambientales (temperatura superficial y productividad vegetal) y su relación con los cambios de uso y cobertura de suelo ocurridos en la conurbación Concepción-Talcahuano en los años 1986-1998 y 2009, con el fin de proponer la incorporación de medidas de mitigación en los instrumentos de planificación y gestión ambiental, urbana y territorial.

Específicos.

- 1.-** Identificar los distintos tipos de uso de suelo presentes en el área de estudio entre los años 1986 y 2009, analizando su distribución y evolución temporal y espacial.
- 2.-** Analizar el comportamiento y evolución temporal y espacial de indicadores ambientales (temperatura de emisión superficial y productividad vegetal (NDVI) en los años 1986-1998 y 2009.
- 3.-** Analizar la relación estadística que existe entre el uso de suelo y las variables ambientales establecidas.

CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ASUNTO

2.1. - Expansión de la conurbación

La heterogénea y distendida conurbación de Concepción-Talcahuano, se desarrolla a lo largo del eje litoral de 60 km, con centro en la desembocadura del Bio Bío, sobre espacios litorales que se estrechan entre la Cordillera de la Costa y la línea costera de la provincia de Concepción (GAETE FÉREZ, 2003).

El Ministerio de Educación de Chile, (MINEDUC) dispone de un texto educativo que argumenta detalladamente la conformación de la estructura urbana que se ha llevado a cabo en el área de estudio, explicando los acontecimientos históricos que fueron y siguen dando pauta para el desarrollo de la urbe, en el que se entiende que los procesos migratorios campo-ciudad han sido determinantes en la conformación del Área Metropolitana de Concepción, fundamentalmente debido a las oportunidades de desarrollo que ofreció la actividad industrial, lo que ha implicado una concentración de la población que conlleva a un incremento en la demanda del suelo para establecer nuevas áreas de residencia. Así, la ciudad se expande tanto vertical como horizontalmente en las periferias (DE MATTOS, 1999) obedeciendo principalmente a las oportunidades de empleo y estudios.

El texto del MINEDUC señala que “si bien, el carácter distendido de la conurbación puede ser atribuido al empirismo histórico de sus fundaciones (...) y que la mantención actual de esta estructura formalmente dispersa se debe esencialmente a las condiciones del sitio; a los espacios naturales que compartimentan los espacios urbanizados (ríos, relieve, sectores inundables); es el carácter y diferente evolución de las bases económicas lo que conduce a la comprensión de las diferencias y las tendencias que estructuran el Gran Concepción actual. Por otra parte, dado que los núcleos, funcional y socialmente especializados, ocupan diferentes lugares, la estructura de localización y sus complementariedades específicas provocan potenciales de interacción” (pág. 118)

Es necesario entonces, conocer las dinámicas que orientan el desarrollo de nuevos proyectos de desarrollo urbano para sentar las bases estratégicas de planificación.

El consumo de suelo es uno de los grandes dilemas de la expansión urbana. Existe un amplio debate sobre cuál es la forma más conveniente o de menos impacto al momento de pensar en una expansión de la ciudad, donde uno de los factores determinantes de ocupación del espacio en la ciudad es el mercado de suelo "Las rentas urbanas diferenciales y los mercados del suelo metropolitano son un factor fundamental que vale la pena mencionar para integrarlo en la reflexión sobre los criterios que deberían de guiar el desarrollo metropolitano. La renta funciona como un instrumento de racionamiento que distribuye los usos del suelo en las distintas localizaciones a través de la licitación competitiva, en el marco diseñado por el sector público" (CHAVONA et al. 2009 pág. 39).

GAETE FÉREZ (2003) quien realizó un interesante estudio sobre el determinante rol que juega el mercado en la configuración del espacio urbano en el Gran Concepción, señala que el mercado de suelo juega un rol fundamental en la configuración de la estructura y el funcionamiento internos de las ciudades, puesto que los precios de la tierra contribuyen a definir la asignación funcional de recursos y condiciona el ordenamiento del espacio urbano. Sostiene que el mercado del suelo es en realidad el mercado de las localizaciones.

El autor señala que la iniciativa privada posee una alta responsabilidad en el desarrollo urbano. Las cifras así lo demuestran; en 1980, el sector privado tuvo una participación del 23% sobre el total edificado en las ciudades. Esta cifra se incrementó a 81% en 1997.

Es sabido que el sitio natural de la ciudad de Concepción posee un conjunto de condicionantes y restricciones que se traduce en escasez del suelo urbano para su desarrollo futuro. Sin embargo, la población ha sabido adaptarse e inevitablemente se continúan gestando proyectos de urbanización en la inacabable dicotomía entre crecimiento económico y desarrollo sustentable (BAERISWYL, 2005). ¿Hacia dónde y cómo se expandirá el Gran Concepción? ¿Qué consecuencias sociales y ambientales se vislumbran? Son algunas de las interrogantes que requieren ser planteadas al momento de 'pensar la ciudad', a fin de contribuir en un desarrollo que entrelace vínculos sustentables entre crecimiento y desarrollo, y que incorpore criterios de planificación que fomenten la optimización de la calidad de vida de sus habitantes.

2.2. - Consumo de suelo en las 3 últimas décadas

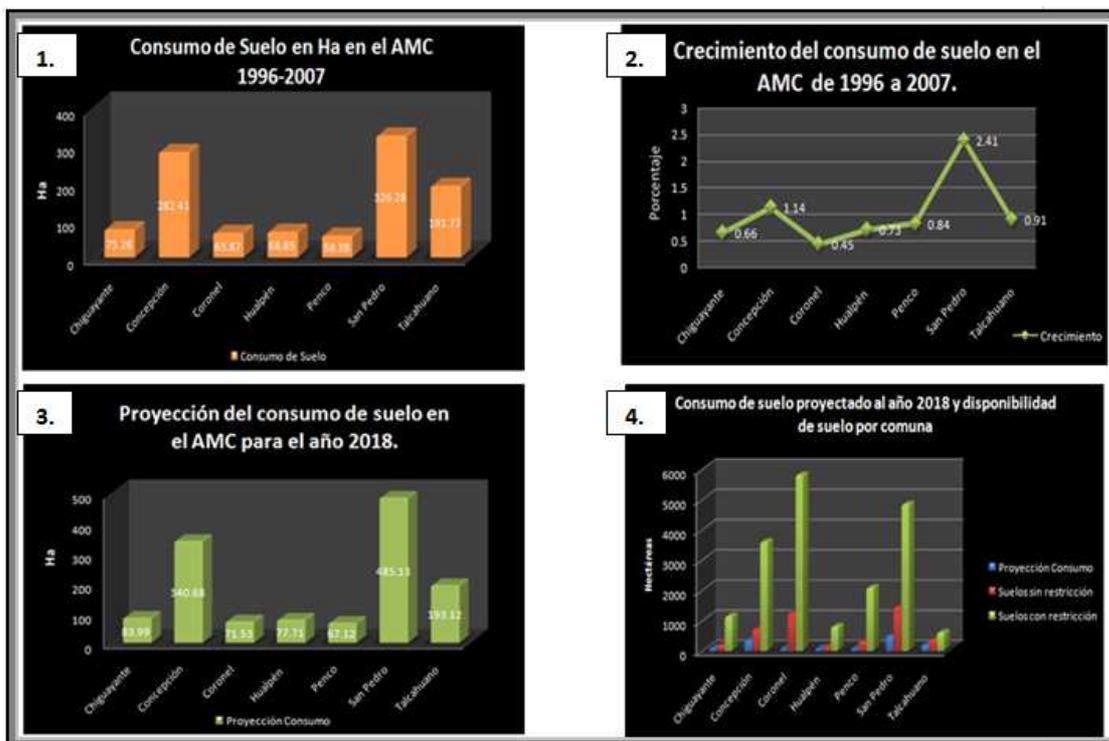
Múltiples autores han abordado el crecimiento urbano de la conurbación Concepción-Talcahuano, enfocándose tanto en el crecimiento físico analizando los patrones de forma y el ritmo de aceleración (BAERISWYL, 2008; ROJAS, et al. 2008, PÉREZ Y SALINAS 2008, en HIDALGO et al. 2008), como por los riesgos y la vulnerabilidad que el crecimiento de la urbe implica (MARDONES y VIDAL, 2004; ROMERO y VIDAL, 2010) llevando a cabo también estudios que analizan la insustentabilidad ambiental de la expansión urbana del área en cuestión (VÁSQUEZ, et al. 2006; SMITH, 2007).

BAERISWYL,(2008) por ejemplo, se centra en el consumo de suelo que ha tenido la ciudad, durante un período de 11 años (1996-2007) donde destaca que éste se ha concentrado en las comunas llamadas centrales, es decir, aquellas que forman parte del núcleo urbano integrado; San Pedro de la Paz, Concepción y Talcahuano. Esto queda expresado en el primer y segundo gráfico de la figura N^o5.

Los suelos con restricción, tienen algún grado de vulnerabilidad para su desarrollo, ya sea por razones geomorfológicas, ambientales, o por algún nivel de vulnerabilidad asociada a riesgos naturales³. En este último grupo se habla de zonas de uso condicionado, por conceptos de inundación o anegamiento, zonas en pendientes vulnerables a fenómenos de remoción en masa, entre otros. Estos constituyen en gran parte los suelos desechados en el pasado por los procesos de urbanización y que hoy representan parte importante del paisaje urbano y los sistemas naturales del Gran Concepción (BAERISWYL, 2008).

³ Incluye las zonas del PRMC, definidas como Zonas de Desarrollo Condicionado (ZDC), Zonas de extensión en pendiente (ZEP), zona de extensión habitacional preferente (ZEHP).

Figura 5.- Consumo de suelo en la Conurbación Concepción-Talcahuano.



Fuente. Elaboración propia en base a BAERISWYL, 2008.

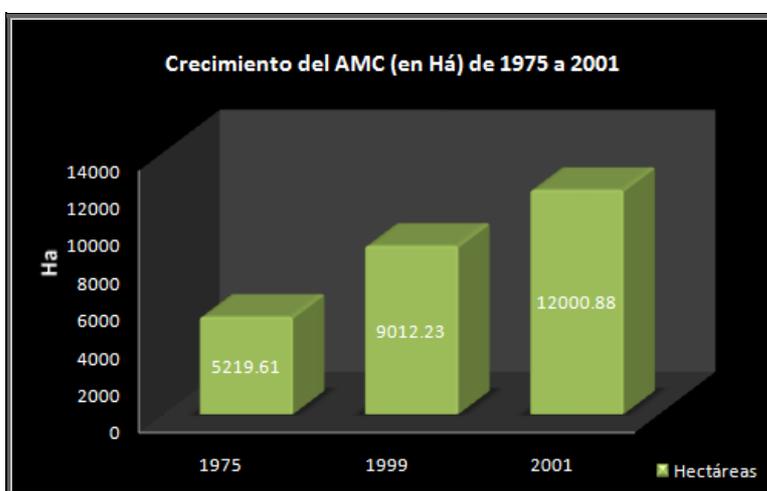
El autor realiza una proyección de consumo de suelos en base a un modelo lineal, que permite estimarlo hacia el año 2018 (gráfico 3 de la figura N°5). Las comunas con mayor demanda de suelo, son Concepción, San Pedro de la Paz y Talcahuano. Sin embargo, el gráfico 4 de la figura N°5 permite apreciar que dichas comunas tienen gran cantidad de restricciones.

Esto constituye un aspecto fundamental a evaluar desde la perspectiva de la sustentabilidad del sistema urbano del Gran Concepción, considerando que el reconocimiento de estas restricciones de ocupación de estos suelos, permitieron en el pasado generar grandes reservas de paisaje y extensas zonas de protección para los sistemas naturales sensibles, los que deberán enfrentar en el futuro una gran demanda, que intentará consumir principalmente los lugares más centrales.

ROJAS et al. (2008), analizan los patrones de crecimiento de la ciudad en cuestión. A través del análisis de imágenes satelitales de diferentes décadas (1975-1999- 2001)

evalúan la morfología de las áreas urbanas, aplicando diversos índices (compacidad, circularidad, dimensión fractal y complejidad). Los autores concluyen cuantitativamente que en 1975 la superficie construida correspondía a 5.219,61 Hás., mientras que en 1990 aumentó a 9.012,23 Hás., lo que significa que la conurbación ha experimentando un crecimiento del 72%. En el año 2001 alcanzaba a 12.000,88 Hás., con un incremento del 33% (figura N°6). El suelo construido en 1975 representaba el 1,8% de la superficie total metropolitana y el 4,19% en el 2001. Se consideran como variables explicativas los incrementos en población, viviendas y densidades.

Figura 6.- Crecimiento del AMC en hectáreas, entre 1975 y 2001.



Elaboración Propia en base a ROJAS et al. (2008)

Se menciona que las manchas urbanas han proliferado en torno al cauce del río Bio Bío, bajo un modelo de densidades medias, extendiéndose hacia la periferia, abarcando las zonas rurales. Las formas de las manchas urbanas evidencian que el tipo de crecimiento concéntrico o radial, asociado a nuevas zonas residenciales en torno al centro urbano, se presenta en la primera fase de crecimiento. Las nuevas formas evidencian en Penco el crecimiento de los tipos isla y tentacular en torno a ejes de transporte que conectan con Concepción.

En los casos de Concepción y Talcahuano se experimenta el crecimiento del tipo tentacular. El eje de comunicación entre ambas ciudades es el que ha adquirido, mayor dinamismo (Sector Paicaví), en contraste con la pérdida de vitalidad de los centros

urbanos antiguos (ROJAS et al. 2006). Sin duda un factor importante en las nuevas formas de estas ciudades son las instalaciones de grandes centros comerciales o malls, servicios y equipamientos de carácter comunal y regional.

Hualpén es la comuna con mayores restricciones de urbanización debido a que sus suelos son altamente drenados, además de contar con la característica de ser Santuario de la Naturaleza (I. Municipalidad de Hualpén).

PÉREZ Y SALINAS (2008) concluyen a modo de síntesis que el desarrollo del AMC ha estado condicionado principalmente por tres factores: El desarrollo de la industria, los elementos geográficos (como el borde costero, los relieves y el río Bio Bío) y la estructura vial.

2.3. - Problemas ambientales asociados a la expansión de la conurbación

En cuanto a los riesgos y la vulnerabilidad, MARDONES y VIDAL (2004), señalan una serie de desastres a los que se ha visto expuesto el Gran Concepción en dos períodos (1885-1920; 1960-1990). En la investigación, se aprecia un incremento notable en el número de casos registrados en el período más reciente. Como no existen cambios importantes en el sistema físico de emplazamiento de dicho centro urbano, se asume que el incremento de los desastres registrados en la Tabla 2, se relaciona principalmente con el aumento de la población y su emplazamiento en áreas expuestas a amenazas naturales; con excepción de las inundaciones, cuya disminución podría justificarse por el manejo de la ribera Norte del Bio Bío, desde el año 1960 a la fecha (MARDONES y VIDAL, 2004).

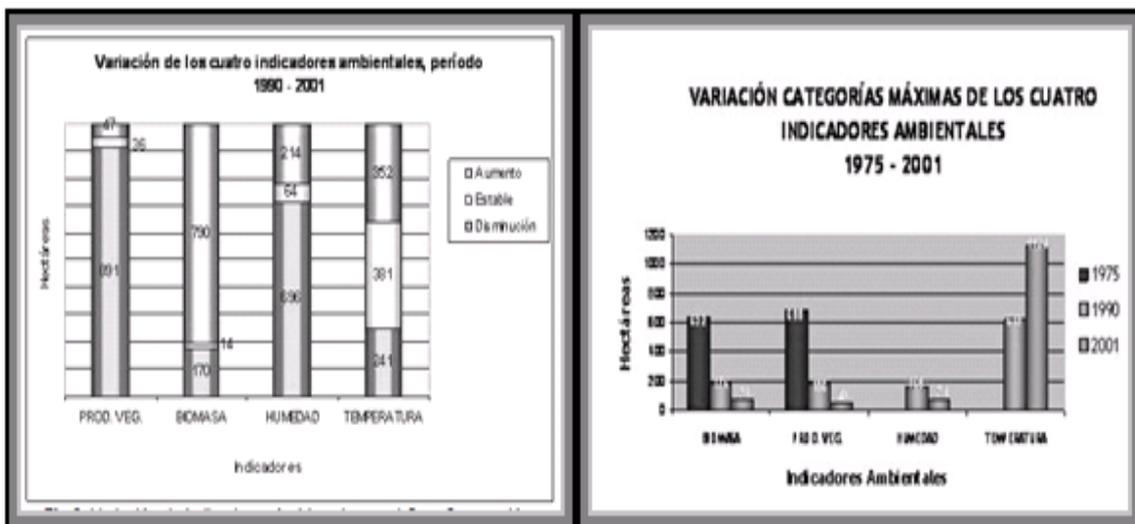
Tabla 2.- Desastres en Concepción- Talcahuano 1885-1990.

Tipo de Desastre	Incendios Forestales		Derrumbes		Anegamiento		Inundación	
	Concepción	Talcahuano	Concepción	Talcahuano	Concepción	Talcahuano	Concepción	Talcahuano
Comunas								
Período								
1885 - 1920	9	0	10	6	35	17	53	4
1960 - 1990	77	16	24	31	132	67	33	5

Fuente: Casos registrados por el Diario El Sur, citado en MARDONES y VIDAL, 2004

En el ámbito de la sustentabilidad, VÁSQUEZ et al. (2006) proponen, a través de imágenes satelitales, reconocer el deterioro ambiental que ha sufrido el Gran Concepción en las últimas décadas, debido a los efectos de la urbanización, dado que la zona cuenta con múltiples restricciones geográficas. Es así como analizan los años 1975-1990 y 2001 y concluyen que los indicadores, a saber, productividad vegetal, biomasa, humedad, y temperatura superficial, señalan los efectos adversos causados por el aumento de las áreas urbanizadas. Concluyen que las áreas sobre las cuales han crecido los núcleos urbanos entre 1975 y 2001, han sufrido un importante deterioro en sus condiciones ambientales. En la figura N°7 se observa que las variaciones en las categorías máximas de los indicadores ambientales considerados, muestran una significativa disminución de la superficie cubierta con una alta biomasa así como también una reducción de las áreas con una alta productividad vegetal, situación que aparece de manera más marcada en el período 1975-1990.

Figura 7.- Variación de Indicadores Ambientales en el Gran Concepción.



Fuente: VÁSQUEZ et al. 2006.

La categoría máxima de la humedad del suelo durante el período 1990-2001 ha disminuido su extensión a menos de la mitad, mientras que las zonas con una alta temperatura prácticamente se han duplicado en dicho período (VÁSQUEZ et al. 2006).

CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

3.1.- Formación y expansión de la ciudad

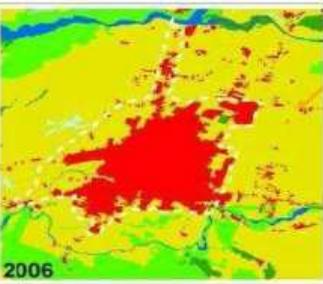
La ciudad constituye un espacio construido por un conjunto de factores que se estructuran dando origen a un sistema complejo y dinámico que reproduce una amplia gama de interacciones socioeconómicas, geopolíticas y procesos ambientales que se estructuran a nivel local, nacional, regional y global (SANCHEZ y BONILLA, 2007). Constituye el hábitat del ser humano por excelencia, el cual modifica las condiciones del entorno y adecúa el medio en pos de sus necesidades (WITHFORD et al., 2001) reconfigurando el territorio de manera constante.

La conformación actual de las ciudades obedece principalmente al sistema económico imperante, en el que el mercado juega un rol protagónico en la conformación de los espacios urbanos (AZÓCAR et al., 2005 en MOLINA, 2007) ajustándose a los intereses de la promoción inmobiliaria, en la que prima la agilidad y flexibilidad administrativa sobre cualquier otro tipo de objetivo: la urgencia por urbanizar dentro del ciclo económico corto, garantiza las ventas y, por tanto, las ganancias vinculadas a esta actividad económica (MINISTERIO DE MEDIOAMBIENTE, ESPAÑA, 2007).

La expansión espacial de las ciudades es un proceso que no tiene límites físicos claros e incluso se puede definir como ilimitada (ROMERO et al., 2005; en MOSCOSO, 2007). Adopta formas que son, en ocasiones, reiterativas en el espacio, correspondiendo a distintos patrones de ocupación (ROMERO *et al.*, 2001, en SMITH, 2007). Las tipologías de crecimiento más comunes (ROMERO, 2001 en Almendras, 2009) se observan en la figura N⁸.

Esta expansión de la ciudad, se genera en función del crecimiento natural de la población (SIBONA 1962 en ALMENDRAS 2009, MC AUSLAN 1985), la migración campo ciudad y el crecimiento económico de los países. El crecimiento de la población urbana a escala mundial se observa en la figura N⁹. THORAYA (2007), estima que para el año 2030, el 60% de la población mundial residirá en áreas urbanas, lo que equivale a 5 mil millones de habitantes.

Figura 8.- Patrones de expansión urbana⁴

Tipo de Crecimiento	Descripción	Imagen
Crecimiento Radial o Acreción (Mancha de Aceite)	Adherencia de nuevas áreas sobre los bordes y límites urbanos. La ciudad se amplía, como lo plantea DUCCI, (1998). Aumentan las superficies urbanizadas por la acreción de terrenos borderos (Romero, 2009), aprovechando las economías de aglomeración y extendiendo espacios sociales de igual nivel (SANDOVAL, 2009)	 <p data-bbox="1155 741 1257 768">Santiago⁵</p>
Suburbanización Salto de Rana (Leap-Frog)	Desarrollo de las ciudades urbanas fuera de los límites establecidos; pueden ser de distinto tamaño en cuanto a superficie construida. Corresponde a un desarrollo urbano discontinuo, donde los enclaves urbanos ocupados por distintos segmentos sociales se emplazan en medio de las inmediaciones rurales, es decir, un crecimiento periurbano fragmentado (AZOCAR, 2007)	 <p data-bbox="1043 1111 1098 1137">2006</p> <p data-bbox="1161 1137 1246 1164">Chillán⁶</p>
Crecimiento Tentacular o de estrella	Se desarrolla a través de los principales ejes de transporte, ya sean carreteras, línea ferroviaria, etc. Aprovecha la accesibilidad y conectividad y está fuertemente influido por los medios de transporte (MOLINA, 2007)	 <p data-bbox="1139 1496 1262 1523">Talcahuano⁷</p>

Fuente: Elaboración Propia en base a ALMENDRAS, 2009.

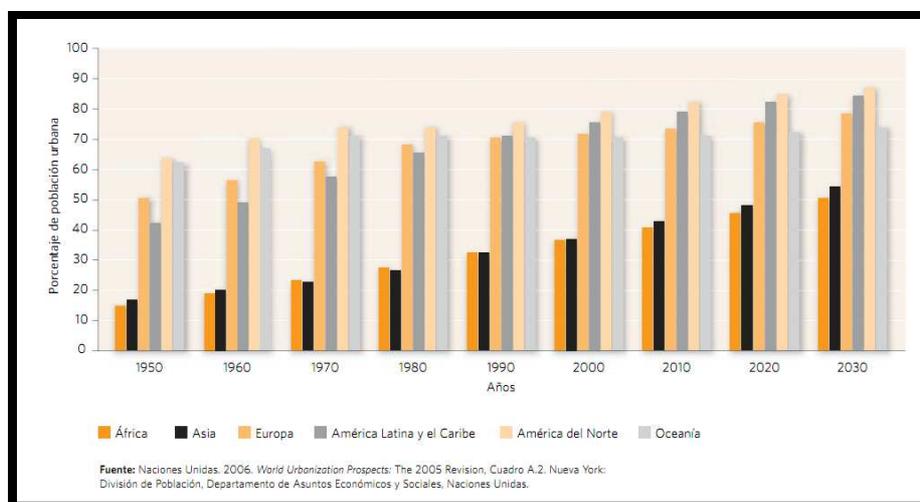
⁴ Además de las tipologías mencionadas, se encontró en la literatura un tipo de crecimiento que al parecer no está presente en ninguna ciudad latinoamericana: Crecimiento tipo 'panqueque'. Esta tipología fue hallada en un estudio realizado en Beijing, ciudad que posee seis anillos de circunvalación y que se ha expandido en función de los mismos (Li et al., 2004).

⁵ plataformaurbana.cl/copp/albums/userpics/10020/ctma2-1_2005-repoblamiento_santiago_centro.pdf

⁶ politicaspUBLICAS.uc.cl/media/publicaciones/pdf/20100623212522.pdf

⁷ chw.net/foro/actualidad-f87/241005-contaminacion-en-talcahuano.html

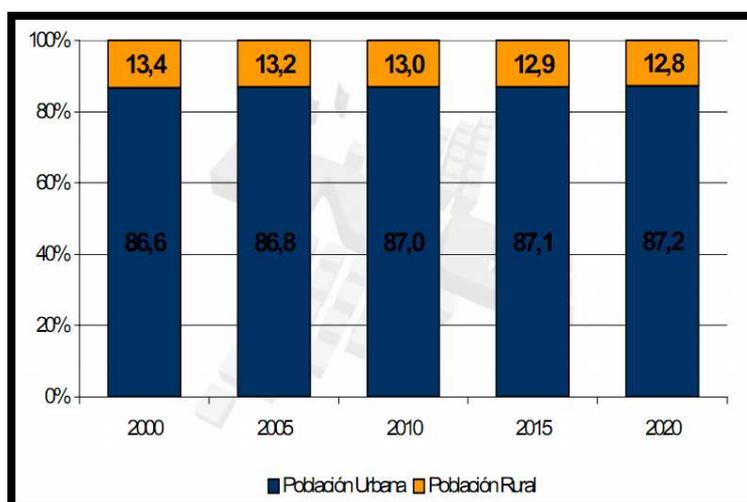
Figura 9.- Porcentaje de población residentes en áreas urbanas 1950-2030.



Fuente: Estado de la población mundial, THORAYA (2007).

En Chile, el 87% de la población vive en entidades urbanas (ROMERO et al., 2005) y las proyecciones según el INE (2005) evidencian un constante incremento (figura N°10).

Figura 10.- Evolución de la distribución porcentual de la población urbana y rural 2000-2020.



Fuente: INE (2005)

Sin embargo, pese a que el crecimiento demográfico ha estado históricamente asociado al crecimiento espacial de las ciudades, en las últimas décadas se ha observado que la reducción de las tasas de crecimiento de la población, no ha implicado reducir su tamaño o tasas de expansión, debido a un aumento de las preferencias por ocupar áreas con más bajas densidades. (AZÓCAR et al., 2005 en MOLINA, 2007).

Es así, como la urbanización es un proceso interminable que va transmutando de acuerdo a la presión que ejercen diversos actores, como lo son; el mercado con respecto al consumo de suelo, los instrumentos de planificación como planes reguladores de diverso alcance (sectorial, comunal o metropolitano), y el crecimiento económico que se extrapola en las preferencias de la población en cuanto a habitar la ciudad.

La urbanización se ha convertido en un cambio ambiental importante en muchas partes del mundo con efectos significativos sobre el desarrollo regional.

3.2.- Expansión urbana, cambio de uso y cobertura de suelo y consecuencias ambientales.

ROMERO & VÁSQUEZ (2005) definen el uso de suelo como “el destino asignado por el hombre a cada unidad de territorio”. Por su parte, la cobertura es definida como la superficie natural existente, la cual puede corresponder principalmente a las unidades vegetacionales que cubren la superficie, o también a aquellas zonas desprovistas de vegetación de manera natural (MOLINA, 2007).

La literatura señala a la expansión física de las ciudades como uno de los mayores causantes de los cambios en los usos y coberturas del suelo. Existe una amplia gama de estudios con respecto al tema, dado que el hecho despierta gran interés debido a que constituye la expresión espacial más evidente de las actividades humanas sobre los sistemas de soporte (TURNER y MEYER, 1991; ROMERO *et al*, 2007; ALDANA y BOSQUE SENDRA, 2008; en SANDOVAL, 2009), y además, son considerados como una de las causas de la degradación ambiental y pérdida de funciones y servicios ambientales en los territorios donde ocurren estos procesos (MENDOZA *et al*, 2002; PAULEIT *et al*, 2005; ROMERO y VÁSQUEZ, 2005a; HENRÍQUEZ *et al*, 2006b; LÓPEZ y BOCCO, 2006; ROMERO *et al*, 2007; en SANDOVAL, 2009).

Los servicios ambientales, definidos como los beneficios utilizados directa o indirectamente por la población, derivado de las funciones ecosistémicas del paisaje natural (BOLUND & HUNHAMMAR en ANDRADE, 2013), se ven alterados al incurrir en el cambio de uso y cobertura del suelo, pues aumenta la fragmentación y pérdida de conectividad, provocando un mal funcionamiento del paisaje y la reestructuración del entorno geográfico debido al cambio de los balances de energía y en los ciclos naturales, principalmente del agua (ANDRADE, 2013).

Consecuentemente, el cambio de cobertura natural por superficies asfaltadas, la alteración de los cauces fluviales y la generación de desechos de diversa índole, influyen directamente en la degradación de los servicios ambientales otorgados por el paisaje, provocando condiciones climáticas diferenciadas con respecto a su entorno inmediato. En otras palabras, se incurre en la generación del clima urbano, que representa una singularidad dentro de los climas locales (CAPELLI et al., 2005), el cual constituye el reflejo de la totalidad de los cambios microclimáticos surgidos por las intervenciones humanas sobre la superficie terrestre.

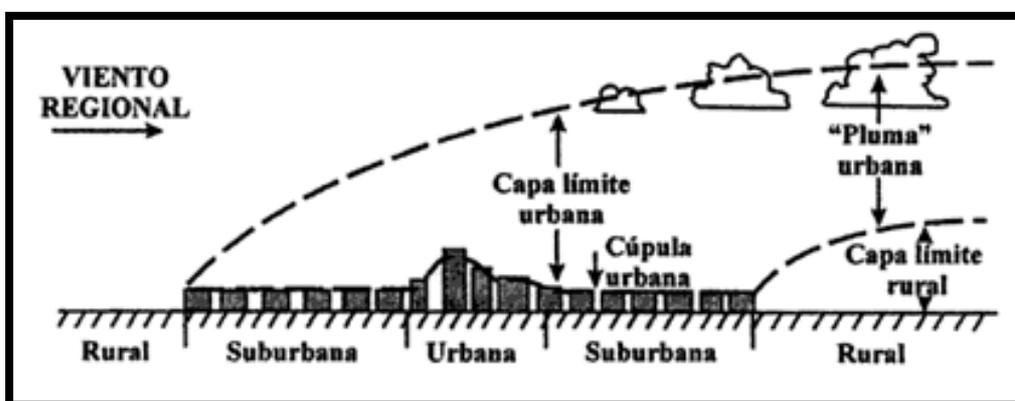
3.3.- Clima urbano

OKE (1988), establece que las actividades que el hombre desarrolla en la ciudad, tienen una repercusión de dos maneras; la primera de ellas, son los efectos que genera la implementación de una actividad antrópica de manera consciente en el espacio, la cual se manifiesta en la morfología urbana; la segunda, son los efectos que derivan de este mismo espacio construido y que pueden pasar inadvertidos, como la generación del clima urbano.

Es decir, el clima urbano es la consecuencia de las transformaciones de las condiciones micro climáticas generadas por la intervención del hombre en el espacio urbano, como los cambios en las coberturas del suelo natural y la estructuración de la morfología urbana, en conjunto con las actividades que desarrolla dentro del mismo (como la actividad industrial y el uso del automóvil). Todo ello, altera significativamente las condiciones al interior de la urbe, lo que provoca que la ciudad sea más contaminada, nubosa, lluviosa y cálida que el entorno rural y posea menos radiación solar, viento y humedad relativa (LANDBERG, 1981 en SARRICOLEA, 2012).

Concerniente a lo anterior surge la climatología urbana, disciplina cuyo propósito es explicar las modificaciones del clima surgidas del proceso de urbanización, a la vez que proponer espacios climáticamente favorables para futuros asentamientos. Para ello, se analiza el comportamiento de los parámetros meteorológicos dentro de una porción de la atmósfera que constituye la 'capa límite urbana' (figura N°11), la que puede alcanzar un kilómetro o más de espesor durante el día y encogerse a cientos de metros durante la noche (VOOGT, 2004). Esta capa está asentada a partir de los tejados de la ciudad. Constituye un fenómeno a escala local y sus características están gobernadas por la naturaleza de la superficie urbana.

Figura 11.- Niveles de influencia en la capa baja de la atmósfera.



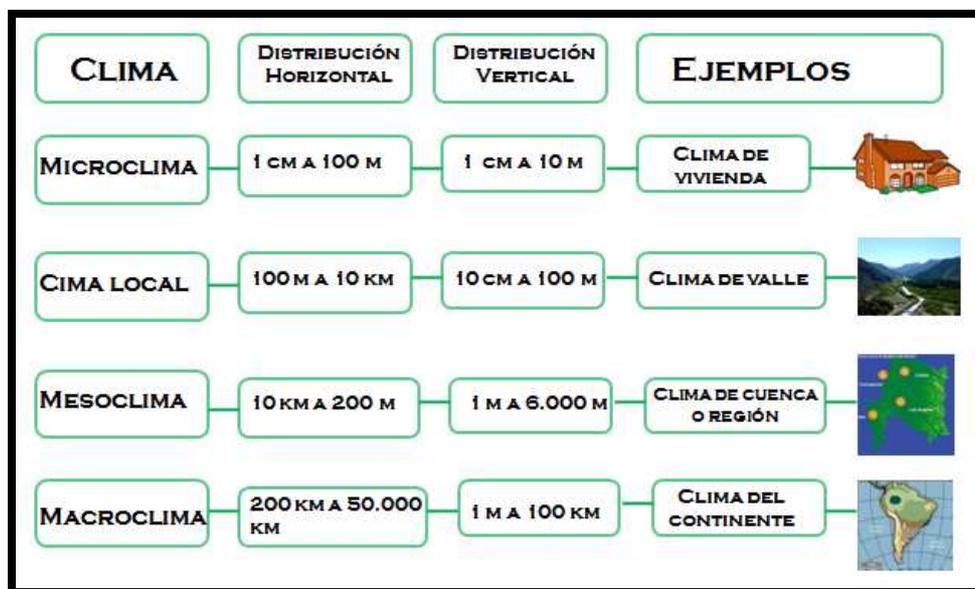
Fuente: OKE, 1979 en CAPELLI et al., 2005.

Por debajo de este nivel se localiza la cúpula urbana (o capa de dosel) que es la que se encuentra más cerca de la superficie. Se extiende desde la superficie hasta aproximadamente la altura media de las edificaciones. Está determinada por procesos de micro escala generados en las calles de la ciudad y en los pasajes entre los edificios. Esta capa forma una cúpula de aire más caliente que se extiende en dirección del viento más allá de los límites de la ciudad. El viento a menudo cambia la forma de la cúpula por una forma de pluma (VOOGT, 2004).

El estudio del clima urbano se aborda a escala local en el que predominan las condiciones del sitio, según estipulan varios autores (PEDELABORDE, 1970; YOSHINO, 1975; OKE, 1992; SCHNEIDER, 1996; en CAPELLI et al., 2005), los que consideran la dimensión

horizontal y vertical, cuyas extensiones son de 100 metros a 10 kilómetro en el plano y de 10 centímetros a 100 metros en altura (YOSHINO, 1975) como lo muestra la figura N°12.

Figura 12.- Escalas de estudio en climatología según YOSHINO, 1975.



Fuente: Elaboración propia en base a CAPELLI et al., 2005.

Dentro de los factores que influyen en la generación del clima urbano, se reconocen las variables geográficas que componen el clima regional, como la latitud, humedad, temperatura, viento y topografía (ESCORROU, 1991 en CAPELLI et al., 2005; BERAGUYONNET, 1997; CUADRAT et al., 2003 y 2005; JO et al., 2001 en SARRICOLEA, 2008). Este tipo de variables quedan fuera del alcance de la gestión humana (MEMON et al., 2008 en SARROCOLEA, 2012).

Sin embargo, existen aquellas variables que sí se pueden intervenir a escala local e indiscutiblemente apuntan al diseño urbano (ALCOFORADO, 1992; ANDRADE, 2003; ALCOFORADO & ANDRADE, 2006 en SMITH 2012), incluyendo los materiales de construcción, el albedo, la densidad de población, la altura de los edificios, el ancho de las calles y de la estructura vial y el arbolado urbano (GRIMMOND y OKE, 1998; PAULEIT y DUHME, 2000; CORREA et al., 2003; LINDBERG et al., 2003; STEWART y OKE, 2007; TABLADA et al., 2009; KARENIA, 2011; ROMERO y MOLINA, 2008, SHASHUA BAR, 2009).

OKE (2004) establece que es elemental comprender cómo la morfología urbana modifica las dinámicas atmosféricas, para lo cual es fundamental la descripción del paisaje urbano. Éste se puede categorizar en estructura urbana (tipografía de construcción) cobertura urbana (impermeabilización y vegetación) fabricación urbana (materiales de edificación) y metabolismo urbano (emisión antropogénica). La conjugación de estos factores determinará las condiciones meteorológicas del paisaje urbano, complementado con las dinámicas naturales (factores geográficos).

Dentro del clima urbano, el aumento de las temperaturas al interior de la urbe es uno de los indicadores más estudiados por los investigadores para evaluar la calidad ambiental de las ciudades (OKE, 1988; CUADRAT, 1993; PAULEIT y DUHME, 2000; WIHTFORD et al., 2001; PÉREZ GONZALES et al., 2003, VOOGT 2005; LAMPTEY et al., 2005; ROMERO y MOLINA 2008; SARRICOLEA, 2012). Específicamente, las indagaciones se enfocan al estudio de la conformación y evolución de islas de calor urbano (ICU), las que se definen como la modificación climática no intencional que provoca la urbanización, incrementando las temperaturas en comparación con sus entornos inmediatos no urbanizados (VOOGT, 2004). Son consideradas como un claro signo de degradación ambiental que sobrepasa los límites urbanos (TORNERO et al., 2006).

Las islas de calor se dividen en atmosféricas y superficiales. Las primeras se refieren a la mayor temperatura que registra la capa del aire que cubre la ciudad, como consecuencia de la liberación nocturna de calor hacia la atmósfera, que ha sido almacenado durante el día por estructuras y cuerpos que componen la urbe, tales como edificaciones, industrias, sitios eriazos, estacionamiento, etc. Esta transmisión de calor es compensada por flujos de aire desde las superficies más frías a las más cálidas, regulando la temperatura del aire de la ciudad (SARRICOLEA, 2008).

La isla de calor superficial (ICUs) está relacionada directamente con la radiación térmica emitida por una superficie u objeto, debido a una diferencia de temperatura con su entorno, lo cual va a depender concretamente del material del cual está compuesta dicha superficie. Esta emisión es imperceptible al ojo humano, sin embargo, es captada por sensores infrarrojos a bordo de satélites de observación terrestre. La ICUs no está sometida directamente a las compensaciones térmicas que realizan los flujos del aire, por

lo que se evidencian rangos térmicos más marcados y específicos para cada uso y cobertura de suelos.

Las correlaciones espaciales entre las islas de calor atmosféricas y superficiales son altas en general (ARNFIELD, 2003 y PRASHAD, 2004), por lo que se puede asumir que los patrones de distribución espacial de ambas son semejantes en un alto grado, aunque no en lo que respecta a la cantidad de calor registrado, justamente debido al funcionamiento de mecanismos de equilibrio en el caso de la atmósfera.

Al relacionar los usos y coberturas de suelo con las temperaturas urbanas, CHEN et al., (2001) establecen que los usos de suelo industrial concentran mayor temperatura, lo cual resulta muy similar en las indagaciones de SARRICOLEA y ROMERO (2006) y MOLINA y ROMERO (2008), para el caso del Santiago.

Por otro lado, se ha comprobado que las áreas verdes actúan como regulador térmico al interior de las áreas urbanas, ya que las superficies con un menor almacenamiento energético son las que se encuentran con mayor cobertura vegetal en distintos pisos (GRIMMOND y OKE, 1998; WIHTFORD, et al., 2001; KARDINAL JUSUF, 2007; SHASHUA BAR, 2009), por lo que se establece que la presencia y el estado de la vegetación resulta fundamental para optimizar las condiciones ambientales de la ciudad.

La identificación de la gestación y evolución de las islas de calor ya sea a través de sensores remotos o con mediciones de campo, así como indagar sobre los factores explicativos que favorecen su conformación, resulta fundamental para incorporar medidas de mitigación oportunas, y establece la necesidad de incorporar nuevos criterios de planificación para una mayor sustentabilidad ambiental dentro de la urbe, con el fin de mejorar la calidad de vida de las personas que residen en la ciudad y replantear la forma de construir el espacio habitado.

3.4.- Clima urbano y planificación urbana

En Chile, la planificación urbana se desarrolla mediante la aplicación de normas legales, como la Ley General de Urbanismo y Construcción (LGUC 1976) y la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC 1992), las que se plasman en el territorio urbano a través de Instrumentos de Planificación Territorial (IPT), dentro de los cuales están los

Planes Reguladores Comunales (PRC) en sus versiones intercomunales o metropolitanas, o bien a nivel comunal (BAERISWYL, 2006), el cual, es de carácter normativo y cuyo objetivo es responder a las enormes expectativas que se ciernen sobre la ciudad (PÉREZ y ESPINOZA, 2006).

En la ciudad de Concepción, los instrumentos de planificación han tenido un rol protagónico, gestándose en 1940 el primero en su género a nivel nacional, elaborado para afrontar el desastre del terremoto de 1939 y posterior reconstrucción de la ciudad, siendo abordada su evolución en PÉREZ y ESPINOZA (2006), investigación en la que queda de manifiesto el enfoque de orden físico-espacial que se le otorgaba en un inicio a los instrumentos de planificación territorial.

Desde 1994, los instrumentos de planificación, están subordinados al Sistema de Evaluación Ambiental, bajo la orden la de la Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medioambiente, lo que significa un gran desafío para los organismos responsables de la generación de estos documentos, pues se debe crear y adaptar metodologías afines para afrontar esta contingencia.

A partir de entonces, se aprecia una marcada tendencia hacia la planificación urbana ambiental, en la que predominan criterios ecológicos, es decir, se privilegia el medio ambiente como una forma de entregar calidad de vida urbana a los habitantes (MORALES, 2001).

Para GROSS (1998), los planes reguladores deben ser instrumentos que permitan un crecimiento económico mediante tomas de decisiones de acuerdo a la integridad y potencialidad del territorio y que incorporen sistemas eficientes y equitativos de manejo de los recursos. Asimismo, señala en el año 2005, que “es preciso un enfoque global y de largo plazo, siendo necesaria una perspectiva más amplia, puesto que no es posible seguir solucionando los problemas desde el inmediatismo. Se debe proyectar a muchos años y, por lo mismo, estar dispuestos a iniciar obras que no se alcanzarán a ver terminadas”. El autor enfatiza en que con una nueva visión, importa atreverse a construir el presente y el futuro simultáneamente, sacrificando el éxito de una rentabilidad inmediata, por soluciones más acordes con la supervivencia del planeta y de las futuras generaciones (GROSS, 2005 en SMITH, 2012).

Dentro de este contexto, ROMERO et al. (2001) señala la importancia de asegurar la sustentabilidad ambiental en las ciudades intermedias, particularmente cuando se decide extender el área urbana, para lo cual es necesario incorporar en cualquier análisis, la ecología del paisaje, concepto que permite reconocer las interacciones socio-ambientales, proporcionando argumentos racionales para la planificación urbana y regional.

Privilegiar lo ambiental dentro de los instrumentos de planificación, significa armonizar o compatibilizar, tanto desde el punto de vista locacional como funcional, las actividades generadas por el hombre en pos del desarrollo, con el medioambiente natural (MORALES, 2001). La dimensión ambiental en la planificación urbana, significa proponer una zonificación compatible, no tan solo con el medio físico, sino que entre sí, separando las actividades conflictivas y/o creando espacios físicos de separación entre ellas, como corredores verdes y zonas de amortiguación de impactos.

Dentro de los aspectos ambientales incorporados en los instrumentos de planificación territorial actual, se consideran (MINVU-CONAMA,2003):

- 1.- Las condiciones climáticas y topoclimáticas, régimen de vientos y exposición de laderas.
- 2.- Áreas de recursos naturales; suelos de aptitud agrícola, áreas de valor natural y áreas de valor paisajístico.
- 3.- Áreas de riesgos naturales; inundación, remoción en masa, fallas geológicas entre otros.
- 4.- Infraestructura vial, sanitarias de aguas lluvias y energética.
- 5.- Áreas de riesgo antrópico; incendios forestales, infraestructura y actividades productivas peligrosas.
- 6.- Áreas cuya población mantiene sistemas de vida y costumbres únicas o representativas.
- 7.- Áreas de valor turístico

8.- Áreas que poseen sitios con valor arqueológico, histórico o perteneciente al patrimonio cultural.

Si bien, se menciona la variable climática dentro de estos componentes, se asume que está considerada dentro del aspecto regional y no a una escala propiamente urbana.

El clima urbano como tal, aún está en etapa de desarrollo desde la academia en nuestro país, donde se han elaborado numerosos estudios a nivel nacional, basándose en otros realizados en diferentes países, principalmente europeos o asiáticos, en los que se demuestran las modificaciones climáticas que ejercen las ciudades.

Numerosos autores (OKE, 1983; PRESSMAN, 1996; ELIASSON, 2000), concuerdan en que a pesar del conocimiento acumulado sobre el clima de las ciudades y los ejemplos aplicados al diseño urbano-climático, la consideración de la climatología en el proceso de planificación urbana, es muy baja.

ALCOFORADO et al. (2009 en SMITH, 2012), plantean que entre las razones por la cual no se considera el aspecto climático en los instrumentos de planificación urbana se debe principalmente, a que los datos meteorológicos 'clásicos' son, por definición, inadecuados para el estudio del clima a escala urbana (meso y micro escala, según los autores); el 90% de los planes estudiados contienen sólo los valores medios (precipitación anual y temperatura media), y en los casos que se incluyeron mapas, sus escalas eran inadecuadas. Razón aparte, cabe destacar la falta de conocimiento de los autores de dichos trabajos respecto de las características del clima urbano y de la forma en que estos afectan a favor o en contra, la calidad de vida de los habitantes de las ciudades.

ELIASSON enfatiza dos argumentos claves para revertir esta situación. En primer lugar, plantea que es necesaria una mayor integración entre consideraciones climáticas y planificación territorial. En segundo término, se requiere una adecuada y efectiva transferencia de los resultados de investigaciones científicas, en herramientas aplicables para la planificación urbana, lo cual constituye un gran desafío para los climatólogos urbanos (SARRICOLEA, 2012).

Sin embargo, existen ejemplos a nivel internacional donde se han implementado lineamientos para la planificación urbana, investigaciones y reportes climáticos, como es

el caso de Suiza y Alemania (SHERER et al., 1999; FEHRENBACH et al., 2001; THOMMES et al., 2001; BAUMÜLLER et al., 2005 en ALCOFORADO et al., 2009).

Estudios aplicados en la ciudad de Lisboa (ALCOFORADO, 1992; ANDRADE, 2003; ALCOFORADO y ANDRADE, 2006 en SMITH 2012) develan los beneficios de considerar los aportes en términos de investigación de clima urbano, en la determinación de los lineamientos que deberían ser incluidos en los instrumentos de planificación urbana.

Aspecto importante a destacar, es que estas directrices climáticas son de utilidad en los planes cuando se refieren a áreas cuyos límites son precisos y se encuentran identificados. Por lo anterior, se ha construido para Lisboa, zonas de respuesta climática homogénea, surgiendo éstas de acuerdo a “factores climáticos” o rasgos urbanos que influyen sobre el clima, tales como la rugosidad y la geometría de las construcciones. Se definen clases de ventilación climática que se cruzan con una matriz con los usos y coberturas de suelo.

La investigación revisada por SMITH, 2012 plantea medidas para reducir al mínimo los problemas climáticos referidos a la Isla de Calor Urbana y a la mala ventilación, que deben ser aplicables a escala de ciudad y suficientemente claras para ser leídas y comprendida por los no especialistas.

CAPÍTULO 4: MARCO TEÓRICO METODOLÓGICO

Para llevar a cabo los objetivos y conseguir el material necesario para la realización de esta investigación, fue necesario llevar a cabo varias etapas, las cuáles son descritas a continuación.

4.1.- Revisión Bibliográfica: para iniciar una investigación de cualquier índole, es imperioso revisar bibliografía pertinente al estudio, a fin de establecer los parámetros que serán utilizados. En este caso, se revisaron estudios acordes a la temática de expansión urbana, consecuencias ambientales de la misma, clima urbano, obtención y procesamiento de imágenes satelitales, temperatura de emisión superficial, etc.

4.2.- Obtención de imágenes satelitales: acto seguido, se procedió descargar imágenes del satélite Landsat 5 TM del área de estudio en la página <http://edcsns17.cr.usgs.gov/NewEarthExplorer/> del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS en inglés), cuya resolución espacial es de 30 metros en todas las bandas, a excepción de la banda térmica, en la cual alcanza a 120 metros. Las imágenes fueron seleccionadas de acuerdo al criterio de 10% de nubosidad, captadas en época estival, puesto que la mayoría de los autores (KLYSIK y FORTUNIAK, 1999; MORRIS et al, 2001; PRASHAD, 2004; YUAN Y BAUER, 2007), señalan que las diferencias de temperaturas superficiales entre la ciudad y su entorno rural se observan más nítidamente en la estación de verano. Las imágenes corresponden al 4 de febrero de 1986, 22 de diciembre de 1998 y 2 de enero de 2009. Todas las imágenes fueron georreferenciadas en el sistema de coordenadas WGS 1984.

4.3.- Obtención de Fotografías Aéreas: paralelamente, se obtuvo un mosaico de fotografías aéreas, con una resolución espacial de 0.30 metros, del año 2009, proporcionado por la Secretaría de Transporte y Planificación, SECTRA, a través de la Ley de Transparencia N° 20.285, que permite a cualquier persona tener acceso a la información que se encuentra en entidades estatales chilenas. El mosaico dio como resultado una imagen del Gran Concepción Metropolitano, georreferenciada en Huso 18, en el sistema WGS 1984.

En conjunto con la imagen, fueron otorgadas las coberturas vectoriales de: curvas de nivel, ejes viales e hidrología, también georreferenciadas en función de la imagen, lo cual

facilitó en gran parte la interpretación y los procesamientos en el Software ArcGis 9.3, de los componentes del paisaje principalmente urbano.

Finalmente, fue posible obtener 18 fotografías aéreas del año 1980, otorgadas por el Servicio Aéreo Fotogramétrico (SAF) escala 1:30.000 y una fotografía concedida por la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) del año 1998, de escala 1:115.000, Ambos recursos fueron obtenidos gracias al proyecto FONDECYT N°1090248

4.4. - Corrección de Imágenes Satelitales: para poder utilizar una imagen satelital, existen protocolos de pre- procesamiento que hacen posible la decodificación de la información. Las correcciones que se deben realizar sobre las imágenes tienden a eliminar los ruidos causados a la señal que llega al satélite luego de haber atravesado la atmósfera (BRIZUELA et al, 2007). El efecto de la distorsión de la señal produce errores tanto en la localización como en los niveles digitales de los píxeles. Pueden presentar alteraciones radiométricas y geométricas de forma que no coincida con el tono, posición y tamaños de los objetos. Para el presente estudio, las imágenes satelitales obtenidas de la página del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) presentaban correcciones geométricas incorporadas, por lo que no fue necesario recurrir a dichas técnicas. Sin embargo, fue necesario realizar correcciones atmosféricas y topográficas a las imágenes.

La atmósfera puede afectar la naturaleza de las imágenes de sensores remotos de diferentes formas. Los efectos atmosféricos pueden ser sustanciales, por lo que existen varios enfoques de corrección atmosférica. En el programa Idrisi Kilimanjaro el módulo más elaborado es al ATMOSC (EASTMAN, 2004). En la nueva versión del programa (Idrisi Taiga e Idrisi Selva) este mismo módulo está incorporado y requiere que se ingresen la fecha y hora de adquisición de la imagen, el ángulo solar y del satélite, la radiación más baja (L_{min}) y la radiación más alta (L_{max}) y la longitud de onda media de la banda a corregir. La información acerca de los parámetros de calibración de los sensores (L_{min} y L_{max}) es ofrecida con los datos (header) o en el trabajo mencionado de Chander y Markham (2003).

Por otro lado, la topografía puede provocar distorsiones en la radiancia medida por el sensor, dado que ésta suele estar sujeta a la iluminación diferenciada del relieve que

resulta de la interacción de la topografía y la posición solar (EASTMAN, 2006 en PEÑA, 2007). Es por eso que se aplicó una corrección topográfica sobre cada banda de las imágenes satelitales utilizando un modelo de elevación digital (DEM) derivado de las curvas de nivel cada 50 metros, realizado en el programa ArcGis 9.3 e Idrisi Taiga, lo cual permitió minimizar el efecto de sombras y otorgar cálculos fidedignos para los parámetros que se analizaron posteriormente.

4.5. - Fotointerpretación: luego de obtener los recursos necesarios, se procedió a la fotointerpretación a escala 1:10.000. Se definieron criterios de clasificación del uso de suelo, en función de investigaciones relacionadas con el tema. Fue así, como la tipología utilizada por MOLINA, 2007, fue de gran utilidad, en conjunto con los parámetros establecidos por CORINE, 1990 (Programa de Coordinación de Información del Ambiente de la Comisión Europea), realizando sólo algunas adaptaciones menores (Anexo 1).

Considerando que la imagen otorgada por SECTRA es la de mejor resolución, se procedió a fotointerpretarla primeramente en el programa ArcGis 9.3, para posteriormente realizar un análisis retrospectivo de las demás fotografías. Esto fue una acción conjunta entre fotografía aérea e imagen satelital. La combinación de bandas color verdadero (3, 2,1) y falso color (4, 3,2) fue fundamental.

4.6.- Procesamiento de la banda termal: Las imágenes satelitales codifican la radiación emitida por la superficie terrestre en la dimensión del infrarrojo térmico del espectro electromagnético. La banda 6 de las imágenes Landsat 5, cubren el espectro infrarrojo termal, que va desde los 10,40 a los 12,50 micrones. Esta banda es útil en el análisis del stress de la vegetación, en la determinación de la humedad del suelo y en el mapeo termal.

La banda térmica permite obtener datos de la temperatura de emisión superficial del suelo, a fin de identificar las islas de calor y frío, para su posterior interpretación o análisis desde el punto de vista ambiental. Dicho proceso se realiza utilizando el módulo THERMAL del programa Idrisi Taiga en la ruta:

Image Processing/Transformation/THERMAL, y se debe fijar como Data Source la opción Landsat 5, que es otra forma de llamar al sensor TM.

4.7. - Obtención del Índice de Diferencia de Vegetación Normalizada (NDVI): Fue diseñado por ROUSE et al. (1974) a partir del comportamiento espectral de la vegetación en las regiones del rojo e infrarrojo, a través del concepto de reflectividad vegetal (CHUVIECO, 2002 en SARRICOLEA, 2008), el cual se define como la fracción del espectro electromagnético donde la vegetación posee un comportamiento diferenciado de las demás cubiertas existentes y con la menor cantidad de factores perturbadores. Este índice tiene una alta correlación con la productividad vegetal y actividad clorofílica, y permite identificar bastante bien los espacios con vegetación. El utilizar este índice tiene su fundamento en el particular comportamiento radiométrico de la vegetación. Una cubierta vegetal en buen estado de salud, posee una firma espectral que se caracteriza por el contraste entre la banda del rojo (entre 0,6 y 0,7 $\mu\text{m}.$), la cual es absorbida en gran parte por las hojas, y el infrarrojo cercano (entre 0,7 y 1,1 $\mu\text{m}.$), que es reflectada en su mayoría. Esta cualidad de la vegetación permite la realización de su valoración cuantitativa (DPA).

El NDVI se calcula a partir de los valores digitales de los píxeles codificados entre 0 y 255 en una imagen de 8 bit (CHUVIECO, 2002 en SARRICOLEA, 2008) a través de la siguiente ecuación:

$$\text{NDVI} = (\text{IRC} - \text{R}) / (\text{IRC} + \text{R})$$

Donde IRC es la reflectividad en el infrarrojo cercano y R es la reflectividad en el rojo.

El rango de valores de las reflexiones espectrales se encuentra entre el 0 y el 1; ya que, tanto la reflectividad del infrarrojo cercano como la del rojo, son cocientes de la radiación reflejada sobre la radiación entrante en cada banda espectral. Por consecuencia de estos rangos de valores, el NDVI varía su valor entre -1 y 1. Por ejemplo, si un árbol vigoroso refleja un 50% en el IRC y un 8% en el R, el NDVI es de 0,72. En general, se estipula que un NDVI < 0 se corresponde con cubiertas artificiales o zonas de agua, un NDVI entre 0 y 0,3, se corresponde con suelo sin cubierta y un NDVI sobre 0,3 corresponde a zonas con vegetación (ICC)

Dicho proceso se realiza en Idrisi utilizando el comando VEGINDEX siguiendo la ruta *Image Processing/Transformation/VEGINDEX/NDVI*. En el caso de las imágenes empleadas en este trabajo (Landsat 5 TM), se debe ingresar la banda 3 (b3) como banda

roja y la banda 4 (b4) como banda infrarroja. El resultado de la operación mostrará una imagen en donde los valores de los píxeles estarán dentro del rango -1 a +1.

4.8. - Reclasificación de las imágenes: luego del procesamiento de imágenes, el resultado es una imagen con diversos valores arrojados por defecto (default), por lo que es conveniente recurrir a una reclasificación a fin de optimizar y facilitar la interpretación de resultados. Para ello, es necesario importar las imágenes en formato raster procesadas en el programa Idrisi Taiga a la pizarra de trabajo de ArcGis 9.3. Luego, se utiliza la ruta *Arc Toolbox> Spatial Analyst Tools> Reclass> Reclassify>Classify> Stand Deviation*.

El método de Desviación Estándar fue extraído de la metodología de MOLINA, 2007, cuyas ventajas radican en la óptima distribución de los datos para una acuciosa interpretación de la información.

En el caso de las Temperaturas de Emisión Superficial, se procedió a separar los resultados en 4 categorías, utilizando los primeros dos rangos de cada año como 'Zonas Templadas', el tercer y cuarto rango de cada año, para 'Zonas Templadas Cálidas', el quinto y sexto rango como 'Zonas Cálidas' y el último rango se categoriza como 'Zonas de Calor Extremo'. Se calculó la variación de las temperaturas a nivel de superficie (hectáreas) en función de estos nuevos rangos.

Para el caso del Índice de Diferencia de Vegetación Normalizada, se procedió de la misma forma. Los resultados fueron categorizados en cinco niveles; Muy bajo, Bajo, Medio Bajo, Medio y Alto.

4.9. - Elaboración de Base de Datos: Para el análisis de los datos, tanto de temperatura de emisión superficial como del índice de vegetación normalizada, es necesario realizar una serie de procesos que permitan evaluar la consistencia de los resultados obtenidos en los procesamientos de las imágenes satelitales.

Una de las dificultades metodológicas para relacionar los usos y cobertura de suelo con las temperaturas de emisión superficial y el NDVI, es que la primera variable es cualitativa, mientras que las otras dos son cuantitativas, por lo que es necesario

homologar los formatos de las coberturas para poder aplicar procedimientos que permitan obtener un análisis estadístico de los datos.

En este caso, se realizó una conversión del formato vectorial de la capa uso/cobertura de suelo para todos los años analizados, transformándola a ráster, proceso realizado en el programa ArcGis 9.3.

Esto permitió que las tres variables a analizar estuvieran en el mismo formato. Posterior a ello, se elaboró una grilla cuadrada de 30x30 metros, que corresponde a la resolución de las imágenes satelitales Landsat TM, utilizando el módulo Haws Tools, la cual se posiciona de tal forma que cubra toda el área de estudio y que calce con los píxeles resultantes del procesamiento de las tres variables

Luego, se crea una capa vectorial de puntos, localizados en el centroide de cada grilla. La idea de este procedimiento, es 'capturar' la información de todas las capas superpuestas que se pretendan analizar. Entonces, un punto es capaz de capturar la información del tipo de uso/cobertura de suelo, la temperatura de emisión superficial y el NDVI para un año determinado y así sucesivamente. Este proceso se realiza en el programa ArcGis 9.3.

De esta forma, el resultado es una extensa base de datos que contiene puntos de toda el área de estudio de interés, con la información de las tres variables a analizar.

4.10. - Análisis estadísticos de las variables: Luego del proceso anterior, se llevaron a cabo procedimientos estadísticos de gran utilidad para relacionar las variables entre sí.

Como se dijo anteriormente, una de las dificultades a la hora de relacionar las tres variables en cuestión, es su naturaleza diferente. Mientras que los usos/coberturas de suelo corresponden a variables cualitativas nominales, es decir, que los valores que se asignan a cada categoría no indican un orden jerárquico, si no que solo corresponden a nombres que permiten diferenciar un uso de otro, la temperatura de emisión superficial y el NDVI corresponden a variables cuantitativas continuas, cuyos valores incluyen valores reales dentro de un rango numérico.

Se realizó el test ANOVA, que se aplica cuando se tiene una variable dependiente cuantitativa y se quiere ver su relación con variables independientes cualitativas denominada factores.

Para poder aplicar el test ANOVA, se requiere la distribución normal de las variables. Esto quiere decir que el comportamiento de los datos debe aproximarse al modelo matemático teórico de la campana de Gauss. Para ello, se utilizó el programa PASW Statistics 18 (SPSS 18), aplicando el test de Kolmogorov-Smirnov para las variables ambientales, con un grado de confianza de 99,5 (Tabla 3).

Tabla 3.- Prueba de Normalidad.

Prueba de Normalidad Temperatura Superficial			Prueba de Normalidad NDVI		
AÑO	Kolmogorov-Smirnov		AÑO	Kolmogorov-Smirnov	
	Estadístico	Sig.		Estadístico	Sig.
1986	0,087	0,000	1986	0,108	0,000
1998	0,106	0,000	1998	0,128	0,000
2009	0,082	0,000	2009	0,118	0,000

La condición de distribución normal de los datos de temperatura de emisión superficial y NDVI, permitió la utilización del test ANOVA. Los resultados del test, dan cuenta de la existencia de diferencias significativas entre los distintos usos/coberturas de suelo respecto a las variables ambientales consideradas para este estudio, con un nivel de significancia de 0,05 (tablas 4 y 5).

Tabla 4.- ANOVA Temperatura de emisión superficial.-

ANOVA de un factor (Temperatura de emisión superficial)				
AÑO	Media cuadrática		F	Sig.
1986	Inter-grupos	7007,854	1449,497	0,000
	Intra-grupos	4,835		
1998	Inter-grupos	3375,633	720,501	0,000
	Intra-grupos	4,685		
2009	Inter-grupos	4068,555	943,03	0,000
	Intra-grupos	4,314		

Tabla 5.- ANOVA de Índice de Diferencia de Vegetación Normalizada.-

ANOVA de un factor (NDVI)				
AÑO	Media cuadrática		F	Sig.
1986	Inter-grupos	45,739	2237,735	0,000
	Intra-grupos	0,02		
1998	Inter-grupos	51,875	2686,307	0,000
	Intra-grupos	0,019		
2009	Inter-grupos	22,358	942,635	0,000
	Intra-grupos	0,024		

Según los resultados del ANOVA, sólo se puede determinar que al menos un sub-grupo del factor considerado (uso/cobertura de suelo) es distinto a los demás, sin especificar exactamente a qué sub-grupo se refiere.

Para resolver esta duda, se aplicó un Post Test, ante el cual se debe considerar el cumplimiento del supuesto que existe homogeneidad de varianzas. A través del test de Levene se realizó una comparación de las medias poblacionales, estimando dicha homogeneidad. El resultado otorga una significación estadística o valor 'p', siendo éste significativo cuando es menor a 0,05. Entonces se debe dudar de la homogeneidad de las varianzas (SMITH, 2012)

Tabla 6.- Test de LEVENE.-

Resultados Test de Levene para Temperatura Superficial			Resultados Test de Levene para NDVI		
AÑO	Estadístico	Sig.	AÑO	Estadístico	Sig.
1986	329,605	0,000	1986	391,422	0,000
1998	350,563	0,000	1998	560,452	0,000
2009	487,113	0,000	2009	404,443	0,000

Los tres grupos evaluados en cada variable ambiental (T.E.S y NDVI) correspondientes a los tres años analizados poseen un valor de significancia de 0,05; lo que no permite asegurar una varianza homogénea, como se aprecia en la tabla 6.

Fue necesario aplicar un último test, que a partir de muestras aleatorias, permitió comparar la probabilidad de diferencia o similitud en la varianza de los distintos usos y coberturas de suelo analizados, llevado a cabo por pares. Como en este caso se asumió la no homogeneidad de varianzas, se aplicó la prueba de Games-Howell. Para esta prueba, uno de los resultados obtenidos, es el intervalo. Si entre el límite inferior y superior existe el valor 0, no se puede asumir que exista diferencia entre los grupos, en este caso, usos y coberturas de suelo. Por el contrario, en los casos que no se cruce dicho valor, se establece que existen diferencias significativas respecto al promedio y varianza de las muestras poblacionales, de las variables ambientales. Los resultados obtenidos se observan en los anexos 2 y 3.

CAPÍTULO 5: RESULTADOS

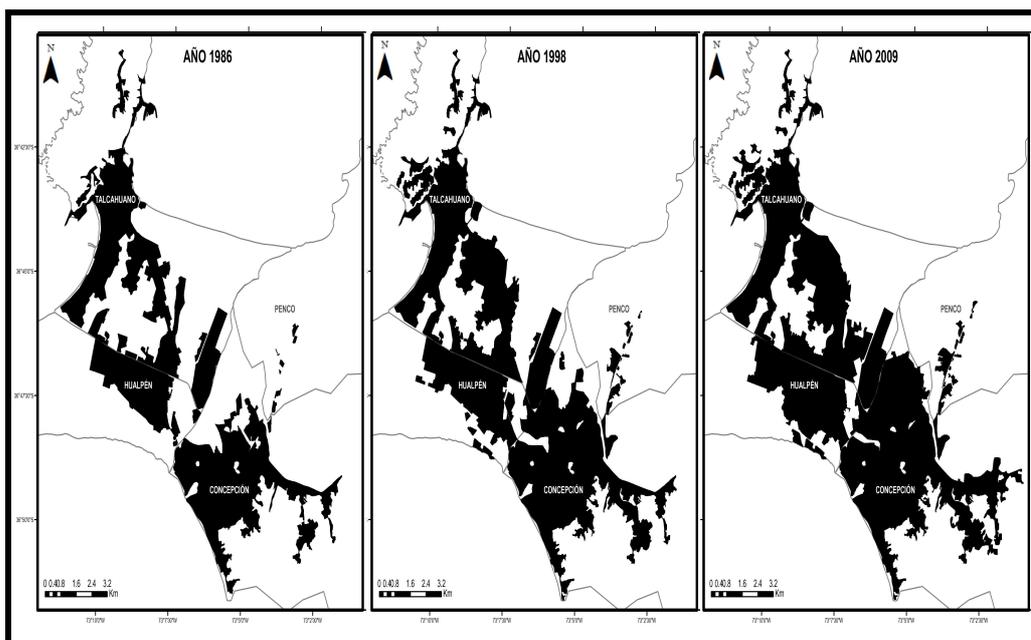
5.1. - Crecimiento y evolución del uso y cobertura del suelo entre los años 1986 y 2009

5.1.1.- Crecimiento de la mancha urbana entre los años 1986-1998-2009

La conurbación Concepción-Talcahuano (que históricamente tiene su génesis como dos ciudades separadas) se ha desarrollado en un área compleja debido a las condiciones geográficas que presenta el territorio, marcado por un sinuoso borde costero, ríos, canales, numerosas lagunas, cordones montañosos y una gran cantidad de humedales, los cuales han condicionado el uso de suelo y determinado su forma de ocupación (BAERISWYL, 2009)

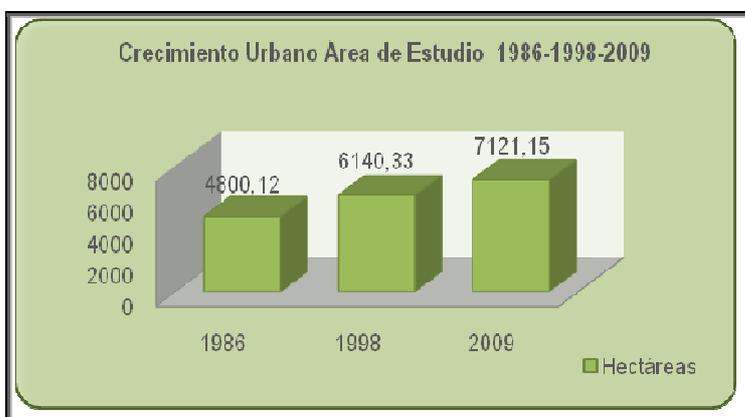
Durante el período 1986-2009, las superficies urbanas del área de estudio se han expandido en conjunto, de manera considerable, y han incrementado el área total urbanizada de 4.800 Hás., en el año 1986 a 7.121 Hás., en el año 2009, lo que corresponde al 16,7% del área total, como lo expresan las figuras N° 13 y 14.

Figura 13.- Crecimiento de la Mancha Urbana 1986-1998-2009.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 14.- Crecimiento de la Mancha Urbana por hectáreas.



Fuente: Elaboración Propia

Como se aprecia en la figura N°13, la mancha urbana ha tenido un crecimiento distendido. Se extiende tanto hacia los polos (norte-sur) como en sentido oriente-poniente. Sin embargo, se observa que cada comuna ha tenido un comportamiento particular que posiblemente obedece a las dinámicas socioeconómicas que se han manifestado en los últimos 23 años, considerando la liberación del mercado de uso de suelo, y la diversificación de la funcionalidad del área urbana.

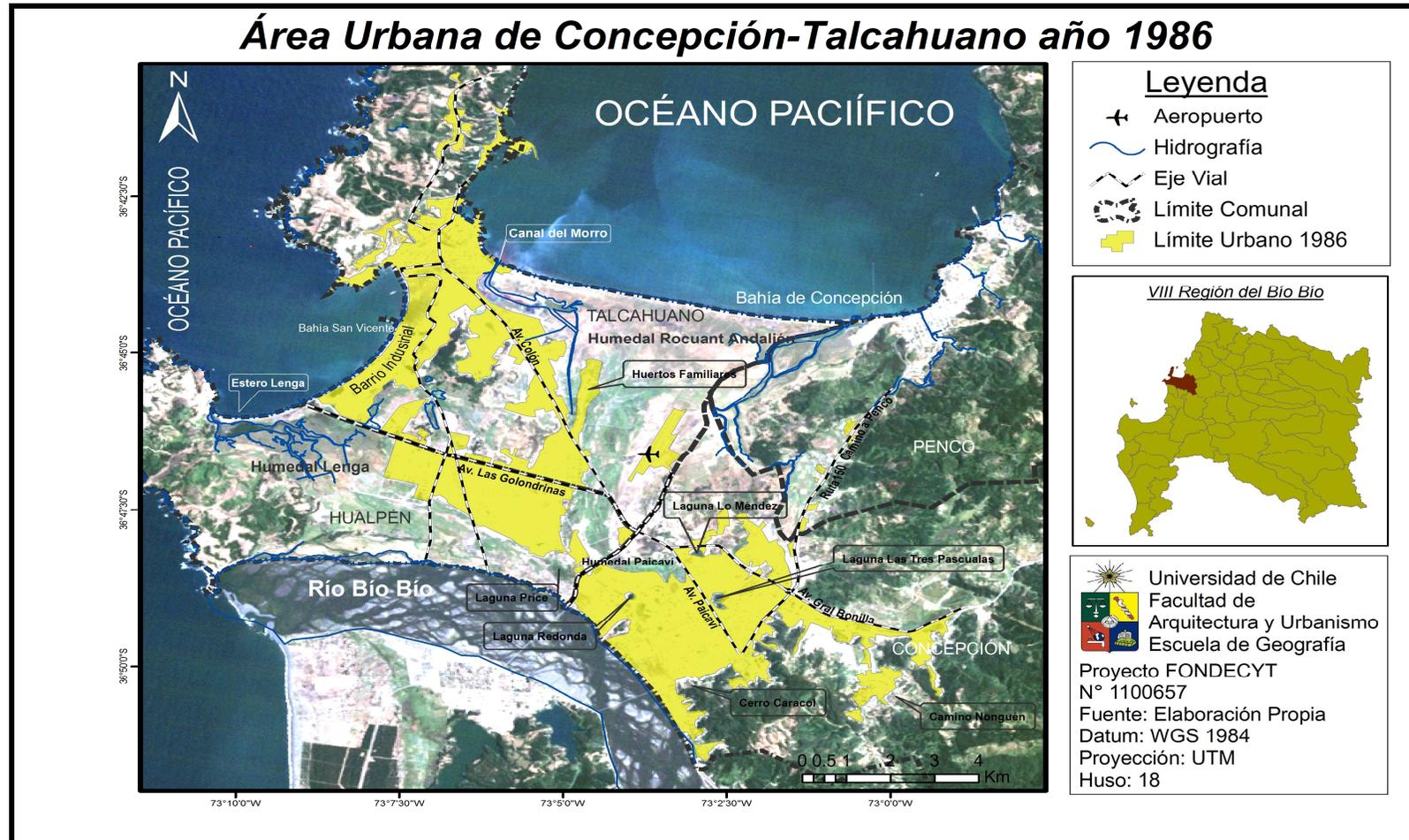
5.1.1.1.- Descripción de la situación año 1986

Para el año 1986, el área de estudio poseía una superficie urbanizada de 4.800,12 Hás., lo que correspondía al 11,2% de la superficie total de las cuatro comunas, que atañe a 42.953 Hás.

La distribución espacial de la mancha aún mantenía tendencias polarizadas, la que se acentuaba tanto en el sector norponiente en la comuna de Talcahuano, como hacia el sur de Concepción (figura N°15).

Talcahuano contaba con 2.174 Hás. urbanizadas, cuya conformación se manifestaba en la zona norte, en dirección a la península y en torno a la Av. Colón, con un incipiente impulso de expansión urbana en el sector de Huertos Familiares, que para ese entonces, poseía una fuerte vocación agrícola (ALMENDRAS, 2009) y cuyo límite natural era el humedal Rocuant-Andalién.

Figura 15.- Mapa del área urbana año 1986.



Fuente: Elaboración Propia

La Bahía de San Vicente era un sector industrial consolidado e imposibilitado de expandirse hacia el sector poniente a causa del relieve prominente (al oriente de la explanada) que condiciona la conformación del sector portuario y que actúa como límite natural de expansión⁸.

Concepción poseía 1.866 Hás. urbanizadas para ese año. Las lagunas Redonda, Lo Méndez y Tres Pascualas ya estaban completamente incorporadas dentro del área urbana, dando cuenta de que el crecimiento de la ciudad no está sujeto a límites naturales, sino que evoluciona adaptándose al territorio, muchas veces en desmedro de las superficies con relevancia ambiental.

El río Bio Bío también actuaba como límite natural de expansión, al igual que el sistema del cerro Caracol, que rompe la continuidad de la ciudad, erguida como barrera natural que determina la conformación del límite urbano hacia el sur de la comuna.

El sector camino a Penco para ese año contaba con 29,7 Hás. urbanizadas, en función de la ruta CH-150. Este sector estaba limitado por múltiples cerros, humedales y cuerpos de agua que restringían el crecimiento hacia los costados de la ruta. Sin embargo, como se verá más adelante, surgirán pequeños conglomerados urbanos que dinamizarán la zona.

Para ese año, Hualpén era un conglomerado urbano compacto conocido como sector Hualpencillo perteneciente a la comuna de Talcahuano, Se desarrollaba en función de las redes viales, al sur de la Av. Las Golondrinas, con 730 Hás. de superficie urbanizada.

5.1.1.2.- Evolución desde 1986 a 1998

Para el año 1998, la mancha urbana se incrementó en 1.300 Hás., alcanzando las 6.140 Hás. de superficie urbanizada, como se observa en la figura N°16.

La conurbación tenía una forma definida, acentuada tanto por el crecimiento de Talcahuano hacia el sur como de Concepción hacia el norte, por lo que disminuyeron las distancias de proximidad entre ambas comunas. Esta consolidación se explica

⁸ El sector corresponde a las unidades morfológicas catalogadas como Zonas de Protección de Cerro (ZPCe) en el PRC de Talcahuano, consideradas como zonas no edificables con el objeto de asegurar el ecosistema de la zona, consolidando su rol separado entre usos incompatibles (Industrial/Habitacional)

principalmente por la implementación de redes viales que conectaron ambas plantas urbanas.

A nivel comunal, Talcahuano presentaba un incremento de un 6% de la superficie urbanizada del área comunal total, y alcanzaba las 2.668,99 Hás. Se había expandido hacia el sector norponiente de la península, donde se observaban manchas discontinuas de urbanización, que obedecían a las condiciones del terreno, puesto que el sector es altamente escarpado, lo que dificulta la continuidad de la impermeabilización.

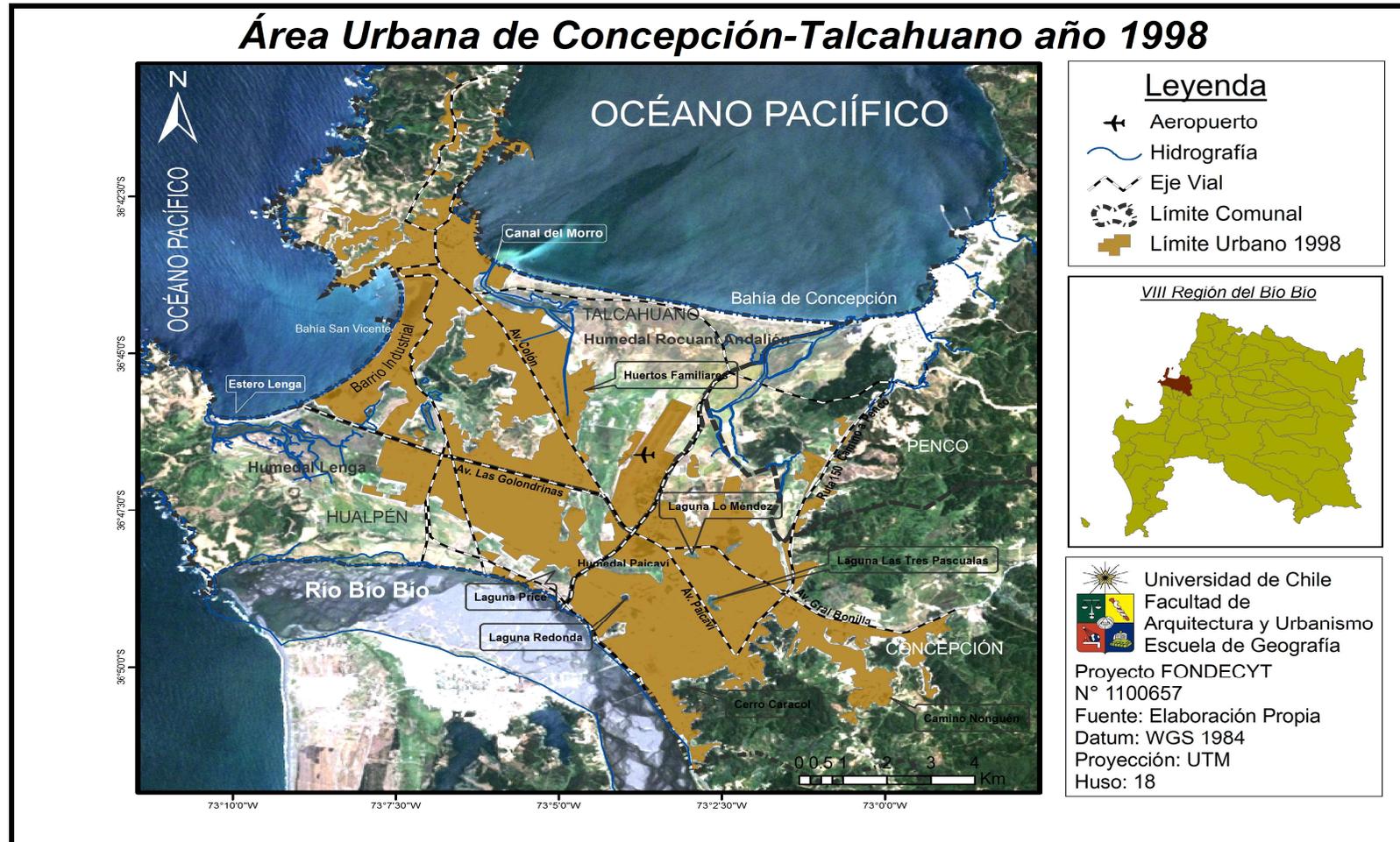
El eje vial principal de la comuna (Av. Colón) tuvo también un gran dinamismo expansivo de tipo tentacular. El sector Huertos Familiares fue absorbido irrefutablemente por la mancha urbana. Hacia el sur, la urbe se acrecentaba en menor medida. Sin embargo se observaba el surgimiento de paños urbanos continuos, colindantes con el área urbana de Hualpén.

Por su parte, Concepción tuvo un incremento del 3% de su superficie urbanizada del área comunal total. Conseguía entonces 530 Hás. adicionales, y alcanzaba las 2.416 Hás. urbanizadas. Este crecimiento se espacializa tanto al norte como al suroriente de la comuna, y obedecía esencialmente a la tipología de acreción, aunque también se conjugaba con el crecimiento tipo 'salto de rana', principalmente hacia el norte de la comuna, en dirección a las inmediaciones del Aeropuerto Carriel Sur. Hacia el suroriente de la comuna, se veía acrecentado el sector camino a Nonguén, específicamente hacia el sur de la Av. Gral. Bonilla. Se observaba también un incremento importante en torno al humedal Paicaví, el cual quedó 'encasillado' por la superficie urbanizada, de lo cual se infiere, habría mermado su calidad como regulador ambiental⁹.

El sector camino a Penco, aumentó a 97,08 Hás. la superficie urbanizada, es decir, más de 67 Hás. adicionales a ambos lados de la ruta CH-150, lo cual indica que las dificultades del terreno no fueron impedimento para la adaptación de la población que decidió asentarse en ese lugar.

⁹ Esta 'inferencia' se basa en las numerosas publicaciones online de organizaciones ambientales que adjudican a diversos actores privados, intervenciones ilegales en el sector, lo cual afecta indiscutiblemente la flora y fauna presente en el humedal y merma su calidad ambiental.

Figura 16.- Mapa del área urbana año 1998.



Fuente: Elaboración Propia

Hualpén aumentó en 227 Hás. su superficie urbanizada, y alcanzó las 957,4 Hás. en total. La expansión se manifestó tanto hacia el oriente, como al poniente de la ciudad, conforme a la tipología por acreción. Sin embargo, hacia el oriente se apreciaban indicios de expansión tipo 'salto de rana', como también se observaba hacia el sur de la comuna. Se infiere que el surgimiento de nueva estructura vial pudo haber influido en el crecimiento hacia el sector meridional. Existió un incremento importante de la urbe al norte de la laguna Price, conectando Hualpén con Concepción en torno a la carretera Juan Pablo II.

5.1.1.3.- Evolución desde 1998 a 2009

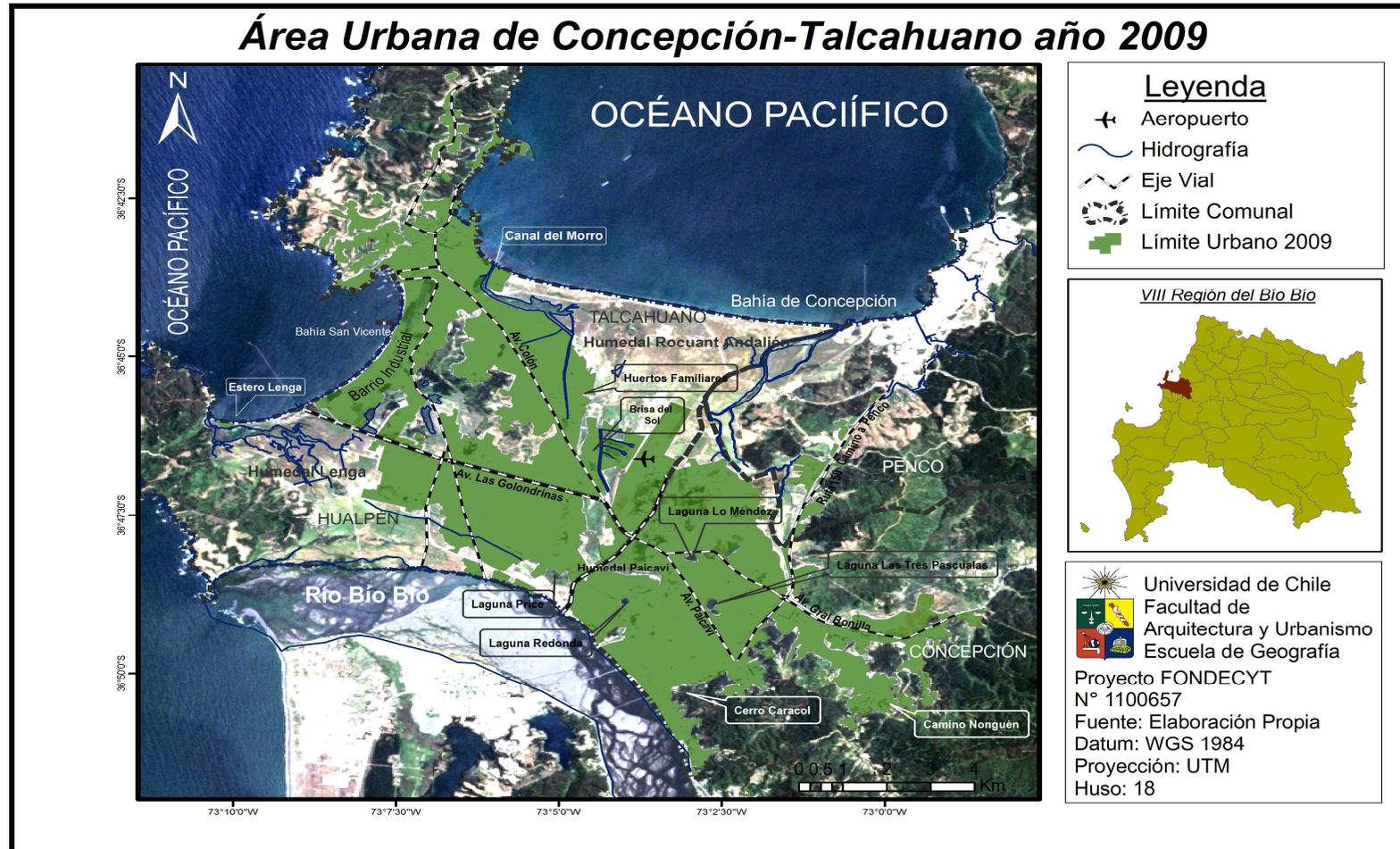
Hacia 2009, las superficies urbanas crecieron alrededor de 981 Hás. Disminuyeron la tasa de crecimiento respecto al período anterior, y alcanzaron las 7.121,15 Hás. de superficies urbanizadas, como se observa en la figura N° 17.

Hualpén presentó un incremento de 203,66 Hás., y obtuvo 1.161 Hás. urbanizadas. Este crecimiento tuvo lugar en gran medida al este del Estero y Humedal Lenga, (sector industrial) y de manera importante hacia el sur de la comuna, extendiendo la mancha urbana al norte de la ribera del Bio Bío. Se absorbieron las estructuras que se generaron en el período anterior, correspondiente a la tipología salto de rana. Se aprecia también una consolidación al este de la comuna.

Talcahuano para ese año, aumentó la superficie urbanizada a 2.955 Hás., y disminuyó su tasa de crecimiento respecto al período anterior. Se consolidó la expansión hacia el sector oriente de la Av. Colón, tanto en dirección hacia el Humedal Rocuant Andalién, como hacia el Aeropuerto Carriel Sur. De hecho, surgieron nuevas redes de drenaje que abastecen a este incipiente sector residencial, llamado Brisa del Sol.

Concepción incrementó la superficie urbanizada a 2.883 Hás., que denotaron su expansión principalmente hacia el sector norte de la comuna, lo que obedece a la tipología de crecimiento por acreción. Además, el desarrollo de la urbe se extiende en dirección suroriente, al norte de la Av. General Bonilla, expansión que tiene como límite el borde sur del río Andalién.

Figura 17.- Mapa de área urbana año 2009.



Fuente: Elaboración Propia

El sector camino a Penco incrementó a 121,7 Hás. la superficie urbanizada, lo que correspondía a 92 Hás. más que al inicio del período de estudio. La extensión de la urbe, se focalizó tanto al oriente como al poniente de la Ruta CH-150, y otorgó espacio a conglomerados urbanos de diversa compacidad.

Un aspecto importante del comportamiento y forma de la evolución del crecimiento urbano en el área de estudio, es la adaptación a la compleja geografía que presenta el sector. La presencia de numerosos humedales, cerros y cursos de agua, no ha sido impedimento para que la superficie urbana continúe su proceso de expansión, en desmedro de los servicios ambientales que presentan los componentes naturales del paisaje.

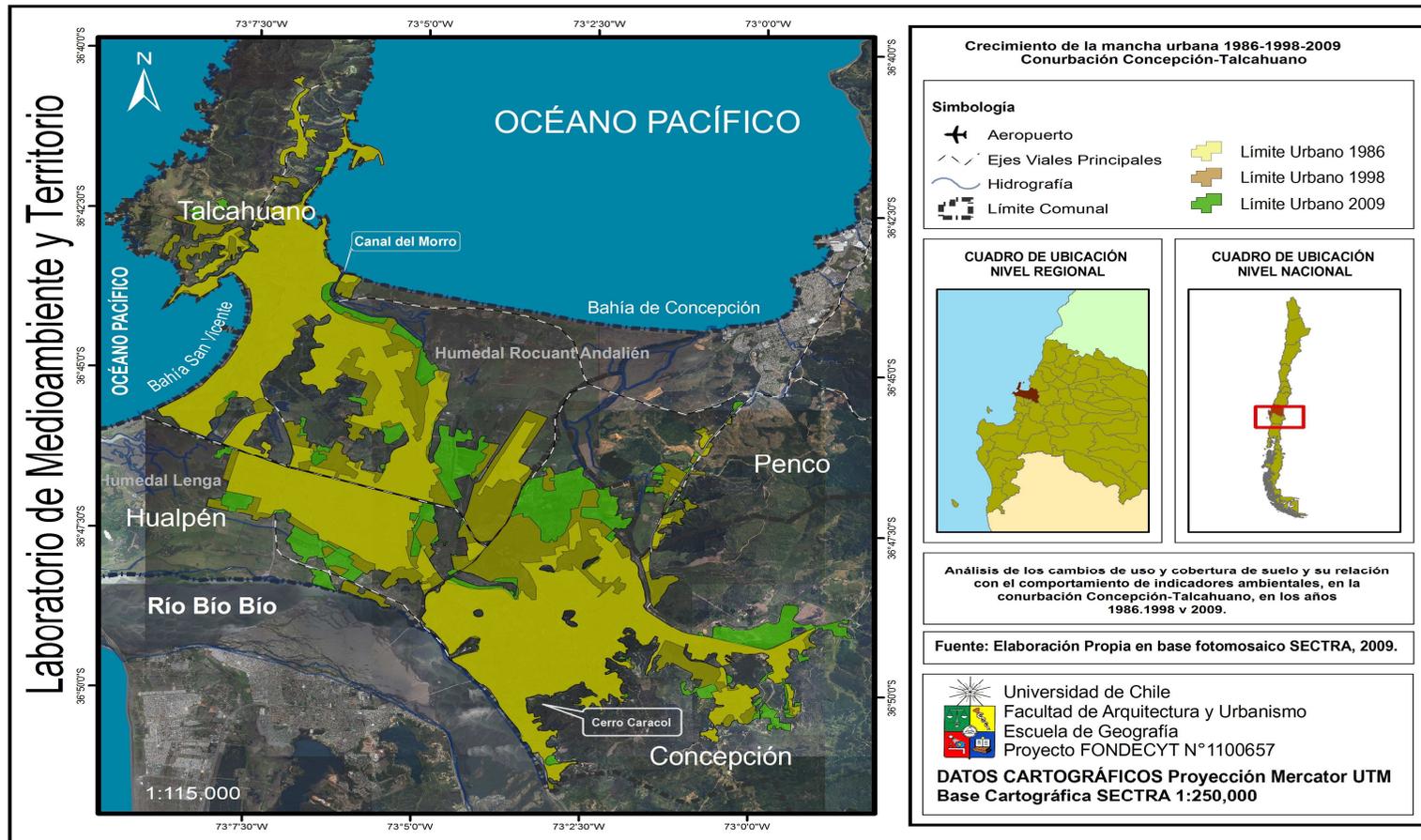
OTAVA (1997) en ALMENDRAS 2009, señala que la concentración de la población no es la responsable del deterioro del medioambiente, sino la forma en que ésta es llevada a cabo ““El medioambiente refleja una forma específica de apropiación del medio natural por un grupo social y está determinada, por lo mismo, por variables culturales, económicas e históricas. Por ello las condiciones ambientales varían significativamente entre un lugar y otro”.

La conurbación ha resultado ser conveniente para la población, en el sentido de facilitar el acceso a los bienes y servicios requeridos por ésta, dado que en la ciudad de Concepción se realizan todas las operaciones públicas y privadas que interesan al conjunto urbano y a la región, ejerciendo el rol principal de servicios (GAETE, 2003).

Sin embargo, numerosas investigaciones han demostrado que este proceso ha tenido consecuencias negativas e irreversibles en el ámbito medioambiental (VÁSQUEZ et al., 2006; SMITH, 2007; ROMERO et al., 2009).

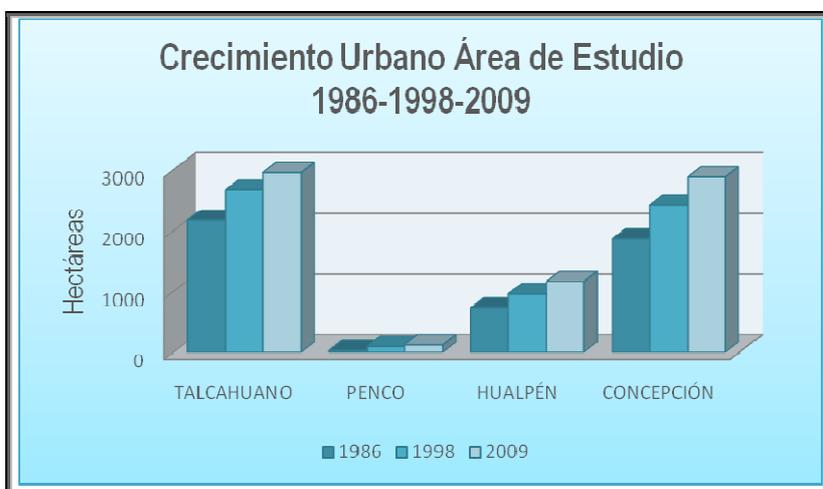
En la figura N°18, es posible observar la secuencia evolutiva de la expansión urbana, que acopla todas las áreas urbanas analizadas. Expone la dinámica de este crecimiento por etapas. Asimismo, la figura N°19 da cuenta del incremento del área urbana por comunas en los períodos analizados.

Figura 18.- Mapa de la evolución de la mancha urbana, 1986 a 2009.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 19.- Crecimiento urbano del área de estudio 1986-2009.



Fuente: Elaboración Propia.

Para el año 1986, las superficies construidas representaban un 31,05% del total del área disponible para efectos de urbanización según el Plan Regulador Metropolitano del año 2006, con 4.800 Hás. urbanizadas. Doce años después, en 1998, este porcentaje aumentó a 39,53% con 6.140 Hás. urbanizadas. Existió un incremento considerable que se manifestó en función de las tres tipologías de crecimiento mencionadas según la literatura, a saber; acreción, salto de rana y tentacular. Para el año 2009, el crecimiento fue de aproximadamente siete mil Hás., y ocupaba el 46,07% de la superficie.

Para este último período, destacó el desarrollo del sector “El Trébol”, zona equidistante entre las tres comunas que ha generado un alto impacto en la urbe, puesto que la implementación de un centro comercial tipo “mall”, ha derivado en la especialización de los usos de suelo, lo que ha cambiado las dinámicas espaciales del sector, como el aumento del tráfico vehicular, la multiplicidad en la funcionalidad del equipamiento, entre otros.

El desarrollo de nuevos modelos de crecimiento, ha generado nuevas formas de ocupación del espacio (ROJAS et al., 2009), lo que significa desde este punto de vista, que las formas de apropiación del territorio han variado de acuerdo a las perspectivas de desarrollo urbano y a las necesidades habitacionales que se tenían en un comienzo. Esto puede haber resultado favorable para la población al ver satisfechas, en cierta manera, su

necesidad habitacional. Sin embargo, se han constatado consecuencias inexorables en este proceso, como la “desaparición, reducción y deterioro de cubiertas vegetales, incluyendo terrenos de cultivo y áreas naturales” (ROMERO et al., 2006; ROMERO y LÓPEZ, 2007 en ROMERO et al., 2009).

Los impactos ambientales del proceso de urbanización sobre el área Metropolitana no dependen sólo de las superficies ocupadas por la ciudad, sino también de los tipos y coberturas de los usos del suelo, tanto de los actuales como de los que han sido remplazados. Para eso, es necesario conocer las dinámicas espaciales que han tenido lugar dentro de la configuración del sistema urbano y natural dentro del área de estudio.

5.1.2- Evolución de los usos de suelos urbanos y no urbanos del área de estudio entre 1986 y 2009

5.1.2.1.- Evolución de los usos de suelo urbano

De lo anteriormente expuesto, se establece que la superficie urbanizada del área de estudio, se ha incrementado en 2.321 Hás. en un periodo de 23 años, y ocupa el 46,07% de la superficie total urbanizable según el PRMC del 2006.

Así, todos los tipos de uso de suelo urbano han aumentado su superficie (figura N°20), incluyendo el suelo desnudo, que para estos efectos, se infiere que tendrán el propósito de nuevas áreas residenciales futuras, específicamente en la comuna de Concepción, como se verá más adelante.

Figura 20.- Evolución del usos de suelo área de estudio.



Fuente: Elaboración Propia.

Como se aprecia en las figuras N°21, 22 y 23, el uso de suelo residencial ha tenido un considerable crecimiento explosivo desde 1986 a 1998, pasando de 2.743 Hás. a 3.497 Hás. urbanizadas, es decir, cerca de 754 Hás. en 12 años. Durante ese período, esta tipología ocupa el 49,1% del área total urbanizada. Luego, en el segundo período de análisis, existe un incremento leve, de 373 Hás., y alcanza las 3.870 Hás., por lo que se ocupa el 54,3% de la superficie total urbanizada.

Este tipo de uso se observa en las tres comunas. Sin embargo, tiene una mayor expresión en Concepción, presentándose como una estructura compacta a ambos lados de la Av. Paicaví. No obstante, existe una fragmentación al noreste de la ribera del Bio Bío y hacia el sector camino a Nonguén. En Hualpén, se presenta con un grado mayor de segmentación que se acentúa con el transcurso del tiempo, pero continúa con un patrón compacto. En Talcahuano en cambio, esta tipología se expresa en el espacio en torno a la Av. Colón y al norte de la Av. Las Golondrinas, diversificándose con el tiempo.

Las zonas comerciales, industriales y de servicios han sido agrupadas y ocupaban el 13,2% de la superficie total para el año 1986, con 941 Hás. en total. Hacia el año 1998 aumenta la superficie ocupada a 1.342 Hás., lo que corresponde al 18,8% del área total urbanizada, y hacia el 2009, la superficie referida a esta tipología, concierne al 21,8% del área total, con 1.552 Hás. Es decir, hubo un incremento de 611 Hás. en 23 años. Dentro

de estas tipologías, el uso de suelo industrial se concentra principalmente en la comuna de Talcahuano en el área contigua al borde costero (Bahía de San Vicente) y en la comuna de Hualpén, al este inmediato del Estero y Humedal Lenga. Presenta una expresión menor en el área de camino a Penco, al oeste de la Ruta CH-150.

En cuanto al uso de suelo asociado al Comercio y Servicio, ocupan superficies dispersas, localizadas principalmente en la comuna de Concepción.

En la figura N°22 se observa que, en forma contraria al explosivo incremento de los usos residenciales e industriales, los espacios verdes han tenido una expansión notoriamente menor. Para el año 1986, este tipo representaba el 3.9% del área total urbanizada, con 277 Hás., y presentaba un discreto incremento para el año 1998 con 396 Hás., ocupando el 5.6% del área total urbanizada. Para el año 2009, este porcentaje aumentó a 7.2% con 513 Hás. de este tipo. Es decir, en 23 años, los espacios verdes se han visto incrementados sólo en 236 Hás.

El uso de suelo desnudo, tiene un comportamiento más bien “estable” dentro del primer período, (477 Hás. para 1986 y 502 Hás. para 1998). Ocupa entre un 6.7% y un 7.1% respectivamente dentro del área total urbanizada. Para el año 2009, existe un importante incremento a un 11%, de superficie ocupada por esta tipología, lo que corresponde a 792,8 Hás. Este aumento se observa notoriamente al norte de la comuna de Concepción y hacia el sector oriente, al norte de la Av. Gral Bonilla. Se infiere que el aumento de esta tipología responde a la demanda residencial o de equipamiento en la comuna, ya que gran parte de este aumento se localiza en las inmediaciones de un barrio residencial.

Por otro lado, se observa que el aumento del suelo desnudo, responde a la degradación del mismo en áreas aledañas al sector industrial, principalmente en las comunas de Talcahuano y Hualpén.

Figura 21.- Mapa de uso de suelo en la conurbación año 1986.

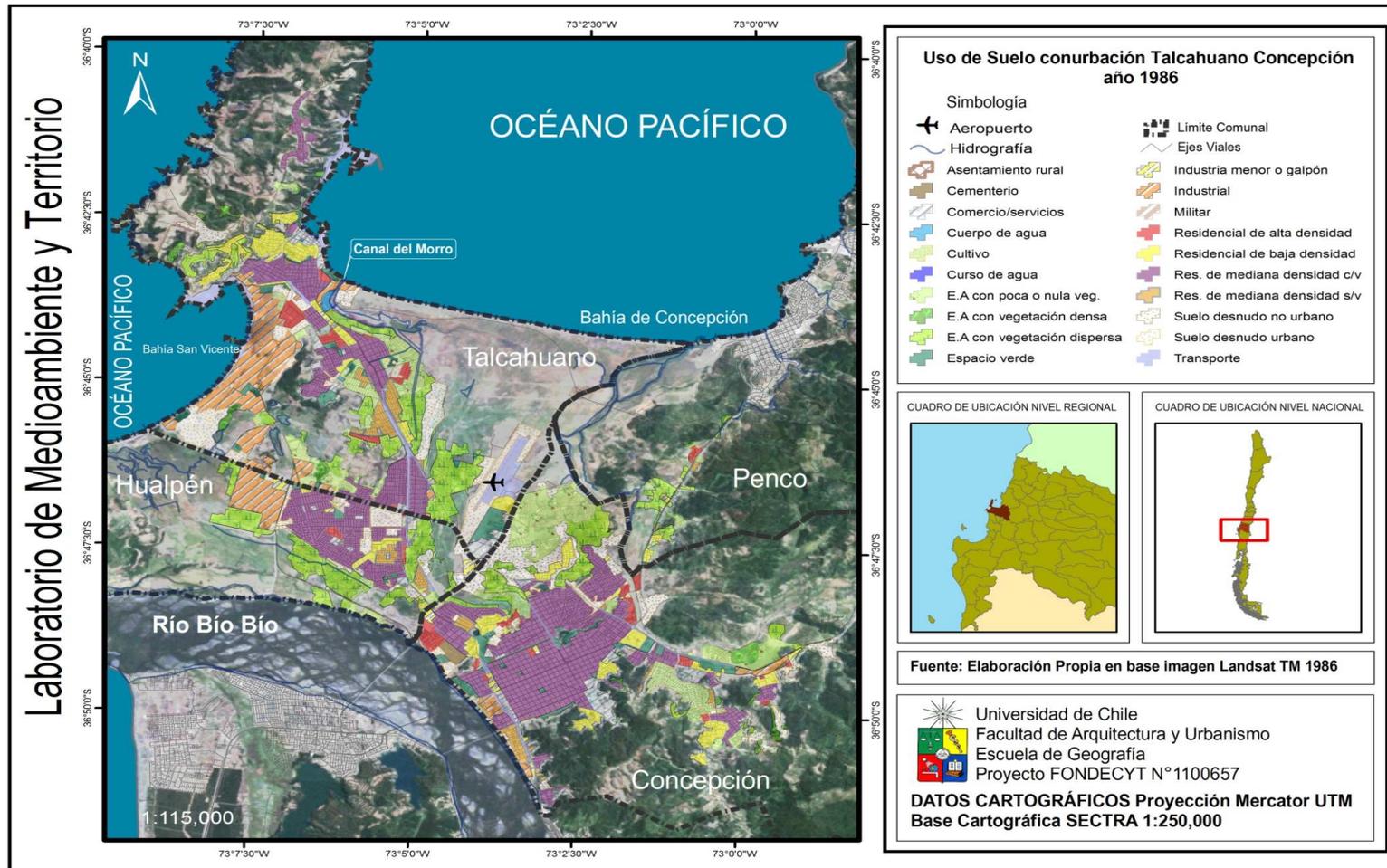


Figura 22.- Mapa de uso de suelo en la conurbación año 1998.

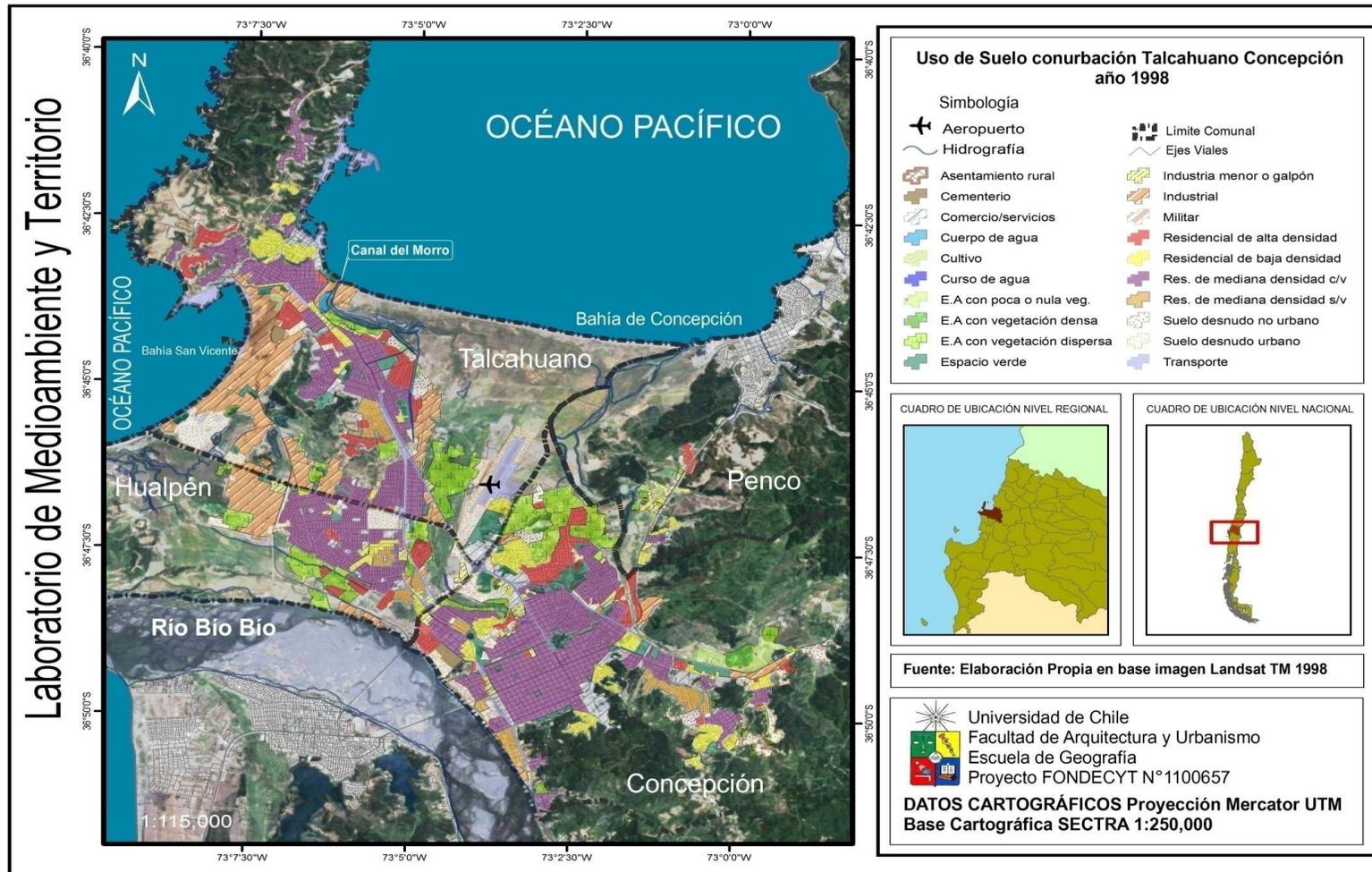
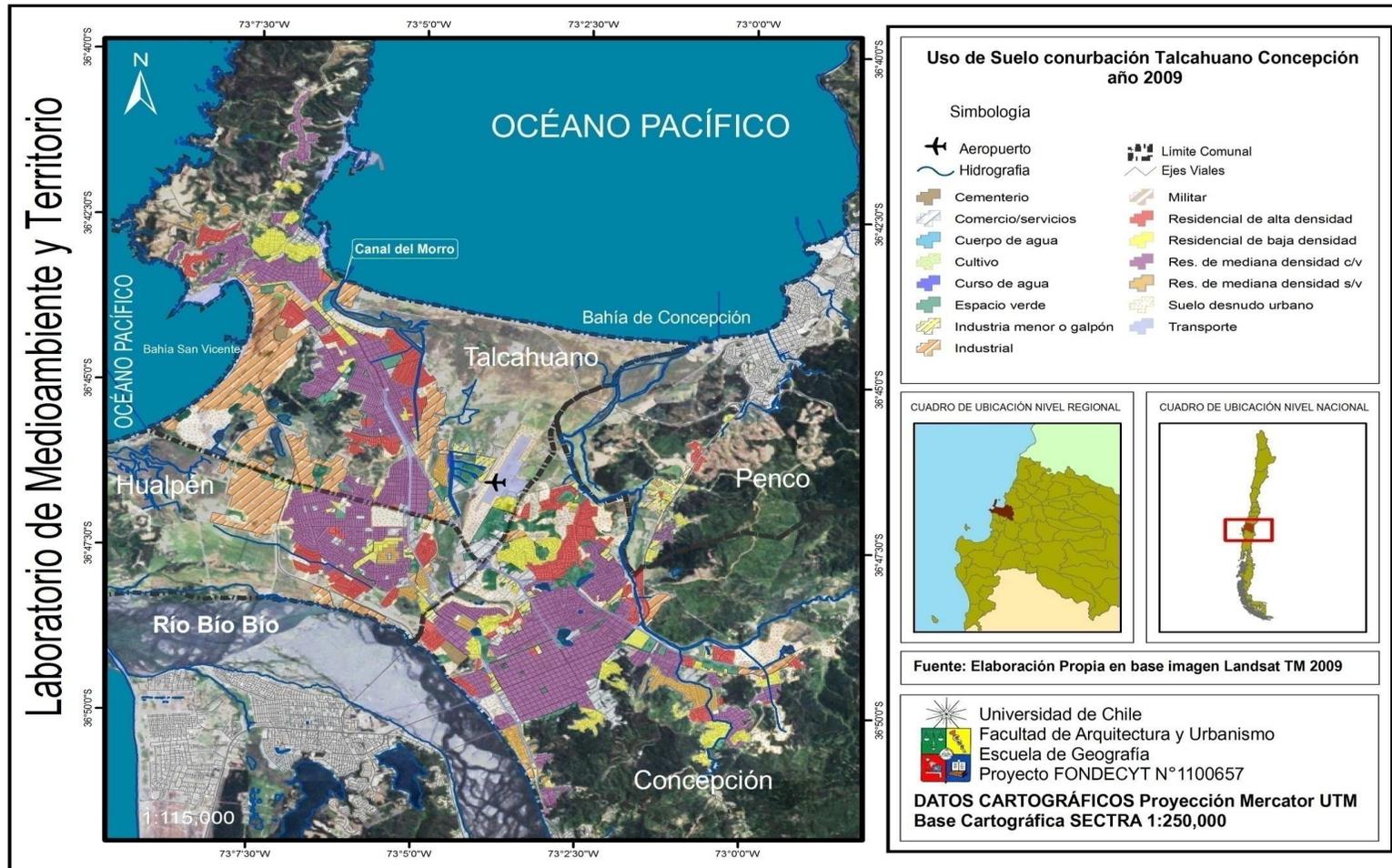


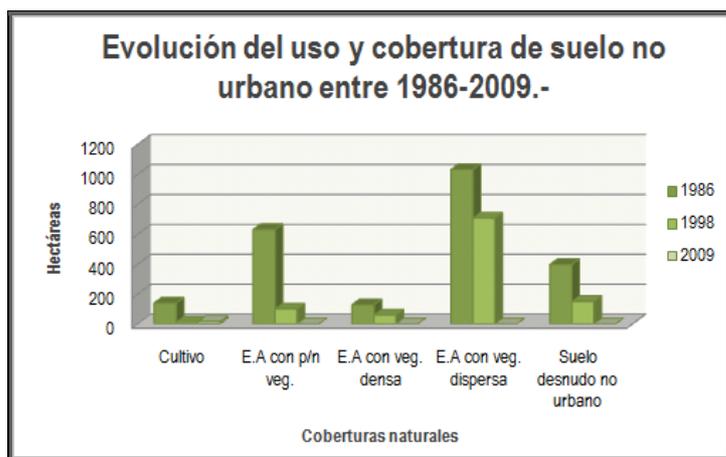
Figura 23.- Mapa de uso de suelo en la conurbación año 2009.



5.1.2.2.- Evolución de los usos de suelo no urbano

Considerando el límite urbano del año 2009, las coberturas naturales se han visto notablemente mermadas en función del crecimiento de la planta urbana de la conurbación Concepción-Talcahuano, como lo demuestra la figura N°24.

Figura 24.- Evolución del uso y cobertura de suelo no urbano entre 1986 y 2009.



Fuente: Elaboración Porpia.

Las áreas de cultivo, presentes principalmente en la comuna de Concepción, han disminuido considerablemente desde 1986, pasando de 139,7 Hás. a 13,1 Hás. en 1998 para finalmente ascender de manera leve a 15,8 Hás. en 2009, lo que representa el 0,2% del área urbanizada hacia ese año.

Los espacios abiertos en general disminuyen drásticamente en el primer período, donde los suelos con poca o nula vegetación pasan de ocupar 630,9 Hás. en 1986 a 100,7 Hás. en 1998, lo que equivale desde un 8,8% a un 1,4% respectivamente.

Los espacios abiertos con vegetación densa tienen siempre una expresión menor dentro del área considerada y ocupan 128 Hás. en 1986 y 60,3 Hás. en 1998, vale decir, pasan de 1,8% a 0,8% de representatividad.

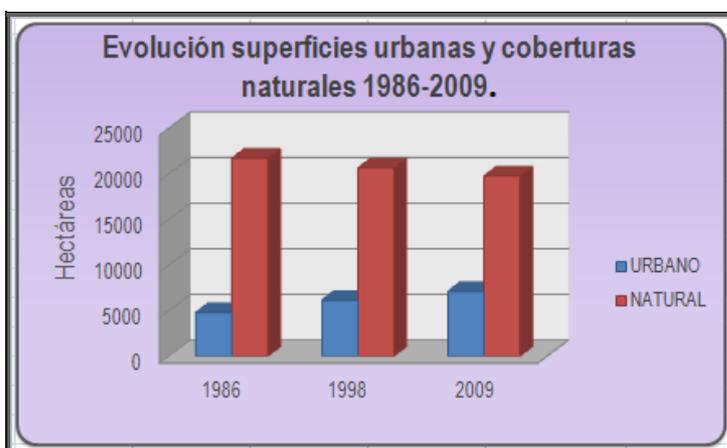
Los espacios abiertos con vegetación dispersa ocupaban una mayor superficie, correspondiente a 1.031,6 Hás. en 1986, lo que equivale al 14,4%. Posteriormente en 1998, esta cifra disminuyó a 707,6 Hás., lo que corresponde a 9,9%.

Es importante mencionar que en el presente estudio se procede a evaluar el comportamiento del suelo exclusivamente del área urbanizada hacia el 2009, límite desde el cual se procede a realizar el análisis retrospectivo de los usos y coberturas. Por lo tanto, lo que aquí se demuestra es una visión parcial de las coberturas naturales, las cuales están presentes en abundancia alrededor de la planta urbana, y en expresiones interiores menores pero no menos importantes, como por ejemplo, en Talcahuano, los cerros Cerro San Miguel y la U.

La exclusión de las coberturas naturales en el presente estudio obedece básicamente a la dificultad de realizar una fotointerpretación minuciosa y fidedigna de estos amplios espacios, lo que en términos prácticos, desvirtúa los datos reales y por ende, la rigurosidad de los resultados.

Finalmente el suelo desnudo fuera del área urbana en 1986 ocupaba 396,9 Hás., lo que corresponde al 5,5%, para posteriormente disminuir a menos de la mitad, con 150,9 Hás. para el '98. Si bien, el área de estudio aún tiene predominio de coberturas naturales, la expansión urbana ha significado una disminución de 1.953 Hás. en 23 años como se aprecia en la figura N°25.

Figura 25.- Evolución de superficies urbanas y coberturas naturales 1986-2009.



Fuente: Elaboración Propia.

Esta situación, seguirá replicándose ineludiblemente. Debido a esto, es necesario repensar en las nuevas formas de expansión que no signifiquen un desmedro irreversible a las áreas naturales, otorgándole la importancia de ellas como reguladores ambientales.

5.2. – Evolución de los indicadores ambientales en la conurbación Concepción-Talcahuano entre 1986-2009

La presente caracterización cuenta con dos etapas. En primer lugar, se analiza la totalidad del área de estudio, la cual comprende tanto áreas urbanas como naturales, con la finalidad de destacar cuál es el comportamiento de las temperaturas superficiales del área urbana con respecto a las superficies naturales que la rodean y destacar la distribución, principalmente, de las altas temperaturas. Asimismo, se presentan los resultados del índice diferenciado de vegetación normalizada (NDVI).

Posteriormente, el análisis se centra netamente en las áreas urbanizadas de las tres comunas y el sector camino a Penco, ya que es el propósito medular de la presente investigación saber cuál es el comportamiento espacial y temporal de las temperaturas de emisión superficial y la presencia y estado de la vegetación al interior de la conurbación, y cómo estos indicadores han evolucionado en función de los cambios de uso y cobertura del uso de suelo.

5.2.1. - Evolución de las Temperaturas de Emisión Superficial del área de estudio

5.2.1.1.- Panorama general temperaturas de emisión superficial entre 1986 y 2009

Se puede observar en la figura N°26, que las mayores temperaturas se concentran principalmente dentro del límite urbano, con una diferencia promedio de 28,5°C entre las temperaturas más altas y las más bajas registradas en los tres años analizados, donde la mayor diferencia térmica la presenta el año 1998 con 31,2°C. El año 2009, posee 29°C de diferencia y el año 1986 denota 25,3°C.

A pesar de que las temperaturas altas se localizan al interior del límite urbano, se observa que el sector donde se emplaza el Humedal Rocuant-Andalién está caracterizado por temperaturas medias y altas, a pesar de ser una cobertura no urbana. Esto puede ser explicado en parte, porque el área es una superficie de 1.500 Hás. compuesta de agua y

pañños desprovistos de vegetación, lo que influiría en el comportamiento termal a esa hora del día, dada la capacidad de inercia térmica del agua, descrita como la cantidad de calor que puede conservar un cuerpo, y que para la hora de la captura de la imagen, puede explicar los altos rangos de temperaturas reflejados.

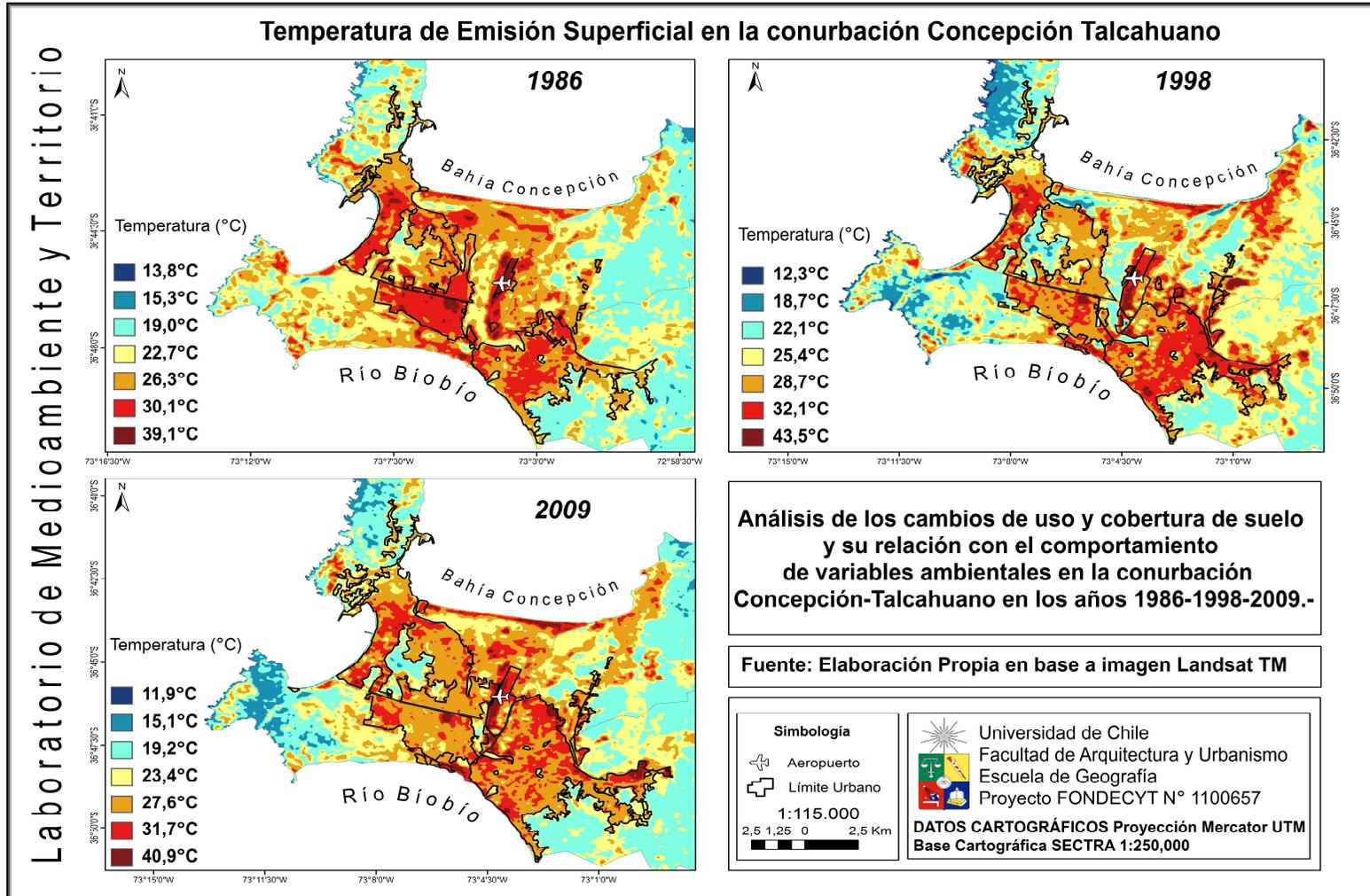
La situación aquí presente, se diferencia de estudios realizados en otras ciudades del país como Santiago (MOLINA, 2007), donde a la hora que el satélite registra las temperaturas superficiales (entre las 10:30 y las 11:30 hrs.), la ciudad denota un comportamiento inverso a los que se aprecia en el presente estudio, siendo las temperaturas inferiores las que predominan en la ciudad a la hora del registro. Tal diferencia puede tener asidero en varios aspectos diferenciadores del paisaje entre ambas ciudades.

En primer lugar, la localización geográfica es radicalmente distinta, puesto que Santiago se encuentra entre los meridianos 71°43'W y 69°48'W y los paralelos 32°55'S y 34°17'S a aproximadamente 550 m.s.n.m, inmersa dentro de un cordón cordillerano que la rodea completamente y posee una estructura de ciudad compacta, donde los sectores rurales la circundan, los cuales poseen principalmente estructuras vegetacionales tipo agrarias, o espacios abiertos extensos “capaces de absorber mucho más rápido la energía solar, mientras que las áreas construidas absorben el calor de manera más lenta y su emisión de temperatura va aumentando mientras pasan las horas del día” (MOLINA, 2007).

A diferencia de Santiago, la conurbación Concepción-Talcahuano es parte del borde costero de la Región del Bío Bío. Recibe influencia directa del Océano Pacífico y del segundo río más grande de Chile localizado al sur de la ciudad. Además, la estructura vegetal que compone el paisaje que rodea la urbe es sustancialmente diferente. Existen grandes extensiones de bosques tanto naturales como artificiales destinados a la explotación comercial. Por otro lado, posee, como se mencionó anteriormente, numerosos cuerpos y cursos de agua y ‘cerros isla’ que complejizan el paisaje, situación que le otorga mayor heterogeneidad en cuanto al comportamiento superficial de las temperaturas.

En la figura N°26, se observa que para el año 1986, la temperatura mínima corresponde a los 13,8°C y la máxima es de 39,1°C, es decir, 25,3 °C de diferencia entre la mínima y la máxima. La situación es similar para el año 1998. Sin embargo, existe una diferencia

Figura 26.- Mapas de Temperatura de emisión superficial del área total de la conurbación Concepción Talcahuano.



mayor entre la mínima (12,3°) y la máxima (43,5°C), con 31,2°C de diferencia. Para el año 2009, las temperaturas altas se distribuyen en mayor medida dentro del límite urbano. La situación es muy similar al año 1998, aunque con una mayor oscilación térmica (32,1°C) entre las temperaturas más frías (11,8°C) y las más cálidas (43,9°C). Los focos de mayor calor se localizan principalmente al oriente de la Bahía San Vicente y el sector Aeropuerto Carriel Sur.

5.2.1.2.- Análisis de las diferencias de temperaturas de emisión superficial en áreas urbanas entre 1986 y 2009

Al realizar los procesos de reclasificación considerando sólo el límite urbano del año 2009 para las tres imágenes satelitales, se observa un mayor nivel de detalle en las diferencias de temperaturas de emisión superficial en la trama urbana de la conurbación (figura N°27).

Para el año 1986, la temperatura mínima dentro de la trama urbana era de 22,6°C, las que se apreciaban principalmente fuera de la trama urbana para esa hora del día, donde la mayor superficie para este rango se localiza al suroriente de Concepción. La temperatura máxima para este año es de 39,1°C para la hora de la captura de la imagen, y se observaba esencialmente en las inmediaciones del Aeropuerto Carriel Sur, en Talcahuano y en el Hipódromo en Hualpén. La diferencia entre la mínima y la máxima fue de 16,5°C.

Para el año 1998, se estableció un patrón similar de distribución espacial de temperatura de emisión superficial, pero con una diferencia térmica mayor, que alcanza los 19°C. La temperatura mínima para ese año era de 24,5° (+1,9° C de diferencia con respecto a la mínima del año 1986) y se localizaba principalmente fuera de la trama urbana, aunque con algunos intersticios en la comuna de Talcahuano, contiguos a la Av. Colón. Además, se observa que en los alrededores del Humedal Paicaví, en Concepción, predominaban bajas temperaturas.

Las temperaturas máximas para el año 1998 alcanzaban los 43,5°C (4,4°C más que el año 1986) y se localizaban, al igual que el año anteriormente analizado, en el Aeropuerto e Hipódromo. Sin embargo, es posible observar focos de altas temperaturas en la zona contigua a la Bahía de San Vicente, en el sector industrial de Talcahuano y en un área de

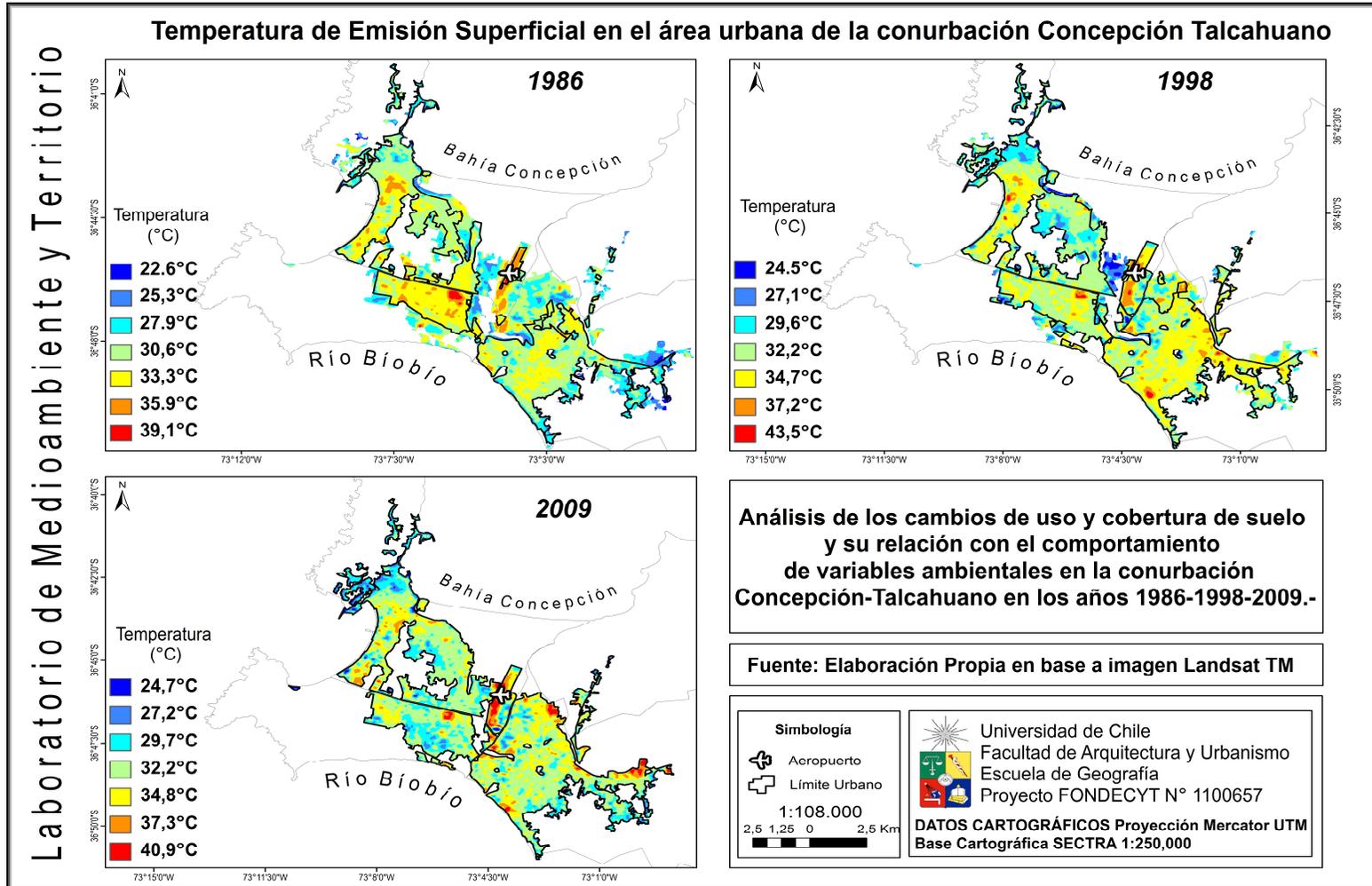
suelo desnudo al sur de Concepción. Es interesante observar el sector suroriente de Concepción, hacia donde creció la trama urbana reemplazando otrora áreas de cultivo, y donde coincidentemente existió un aumento en las temperaturas de emisión superficial para la hora de la captura de la imagen.

Para el año 2009, la diferencia de temperatura superficial en el área urbana disminuyó con respecto al año 1998, y alcanzó los 16,2°C. La mínima fue de 24,7°C (similar al año anterior) y se localizó principalmente al norponiente de Talcahuano, hacia el sector de la península del mismo nombre, lugar donde se encontraban áreas residenciales, así como también era posible observar este rango al sur de la comuna de Hualpén, en el sector límite entre Talcahuano y Concepción, donde se localiza el Mall Plaza Trébol, y hacia el norte de éste, lugar abastecido por vigorosa vegetación. También hacia el suroriente de Concepción era posible observar bajas temperaturas.

Las temperaturas más elevadas para ese año, alcanzaron los 40,9°C (2,6°C menos que en el año 1998) y se localizaron principalmente en el Aeropuerto Carriel Sur en Talcahuano, en el Hipódromo de Hualpén y en sectores aislados en Concepción, los que correspondían a suelos desnudos, canchas de fútbol y/o estacionamientos.

En síntesis, el promedio de temperatura de los tres años analizados bordeaba los 17,2°C, donde las mínimas alcanzaron aproximadamente los 24°C y las máximas fueron de 41,2° en promedio al interior de la trama urbana a la hora de la captura de la imagen.

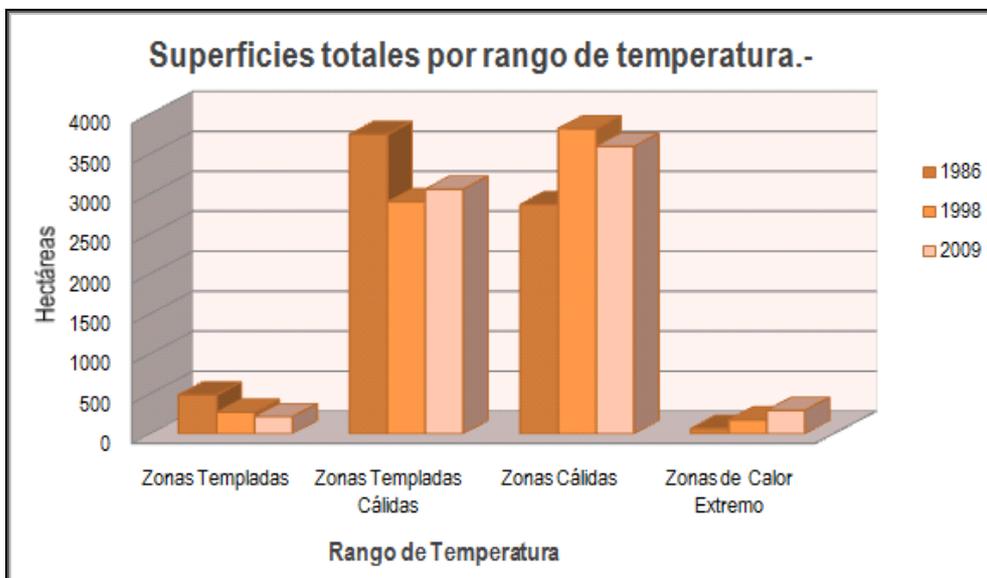
Figura 27.- Mapas de Temperatura de Emisión Superficial, áreas urbanas de la conurbación Concepción-Talcahuano.



5.2.1.3.- Evolución espacial de las temperaturas de emisión superficial en áreas urbanas entre 1986 y 2009

Como se mencionó en la metodología, los resultados fueron reclasificados para una mejor comprensión de los mismos. De acuerdo a la figura N°28, se observa que las Zonas Templadas y Templadas Cálidas disminuyeron su superficie ocupada a lo largo del tiempo, dando paso a temperaturas más elevadas, lo que se relaciona con el crecimiento de la urbe en este período. En 1986, muchas de las superficies de la periferia de la conurbación que hoy son urbanas, eran terrenos ocupados con coberturas naturales, como se aprecia al norte de Talcahuano, en dirección al Humedal Rocuant Andalién, o hacia el Aeropuerto Carriel Sur. Algo similar ha ocurrido en el sector oriente de Concepción, al norte de la Av. Gral. Bonilla, donde terrenos ocupados por vegetación dispersa en 1986 pasaron a ser ocupados por áreas residenciales o desprovistas de vegetación en función del crecimiento de la urbe. Sectores que eran ocupados como terrenos agrícolas al sureste de Concepción, también fueron reemplazados por áreas urbanizadas, lo que influye directamente en la variación de las temperaturas superficiales, pues pasan de Templado a Templado Cálido.

Figura 28.- Superficies totales por rango de temperatura.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 29.- Porcentaje ocupados por rangos de temperatura de emisión superficial.



Fuente: Elaboración Propia.

Como refleja la figura N°29 para el año 1986, el rango de temperatura Templado, ocupaba 485 Hás., lo que correspondía al 7% del total del área urbanizadas, En 1998 esta categoría disminuyó a cerca de la mitad, y pasó a ocupar 268 Hás. equivalentes al 4%, para finalmente en el 2009, quedar en 213 Hás. con el 3% en la superficie urbana.

Las zonas Templadas Cálidas proporcionalmente mayor en 1986 (3.743 Hás. equivalentes al 52% del total) disminuyeron cerca de un 10% para el año '98, para luego aumentar levemente hacia el 2009, y ocupar 3.058 Hás. dentro del límite urbano, lo que correspondía al 43%. Para el año 1986, el rango Templado Cálido se distribuyó espacialmente al norte de la comuna de Talcahuano y en ambos costados de la Av. Colón. También tuvo una cobertura importante al norte de la comuna de Concepción, área que para ese año era ocupada por coberturas naturales, correspondientes a vegetación dispersa o poca/nula. Éstas han sido remplazadas por rangos de temperaturas Cálidas, debido a la expansión de la urbe en dichas zonas.

Las áreas Cálidas ocupaban el 40% del área urbana en 1986, y se distribuyeron principalmente en la comuna de Talcahuano al oriente de la Bahía San Vicente (sector destinado a la industria), en casi todo el límite urbano de la comuna de Hualpén y en gran parte de la comuna de Concepción. En total abarcaron 2.866 Hás. Luego, para el año 1998, este rango de temperatura aumentó de superficie a 3814 y ocupó el 53% de la

superficie urbanizada. Incrementó su expansión principalmente en la comuna de Concepción tanto hacia el norte como al oriente. Luego, para el año 2009, esta categoría disminuyó levemente a 3.593 Hás., lo que equivale al 50% del total urbanizado, concentrándose tanto en la comuna de Hualpén como en Concepción y en el sector industrial de Talcahuano.

Las Zonas de Calor Extremo ocupaban 66 Hás. para el año 1986, lo que equivalía al 1% del total del área urbana, que incluye las tres comunas y el sector camino a Penco. Este rango se distribuyó espacialmente en las comunas de Talcahuano, en el sector del Aeropuerto, como en Hualpén, en el sector Hipódromo y en el sector industrial hacia el poniente de la comuna. En Concepción para este año no se apreciaban focos de Calor Extremo dentro del límite urbano.

Ya para el año 1998, esta situación había cambiado considerablemente, duplicando las hectáreas ocupadas por este rango, y alcanzaba las 175 Hás., lo que equivalía al 2%. Este año, la figura N°30 refleja numerosos focos de Calor Extremo, acentuándose los que ya estaban en el año 1986, como los del Aeropuerto Carriel Sur y en el Hipódromo de Hualpén y ha sumado otros nuevos, principalmente en la comuna de Concepción, dispersos aisladamente en varios sectores al interior de la urbe. El mayor foco de calor extremo observado al suroriente de la comuna corresponde al cambio de uso de suelo industrial a suelo desnudo, lo cual elevó las temperaturas con respecto a su entorno. Las demás áreas con calor extremo correspondían a estadios o canchas de fútbol que estaban desprovistas de vegetación, lo cual implicó el incremento de las temperaturas superficiales.

Para el año 2009, este rango aumentó más del 300% respecto al año 1986, ocupando una superficie de 292 Hás., lo que equivale al 4% del área urbana total. Se aprecia la consolidación de zonas cálidas en Talcahuano (sector aeropuerto) y Hualpén (Hipódromo). En Concepción, este rango se difuminó al interior de la urbe, sin embargo, existían nuevas áreas con temperaturas de Calor Extremo en los bordes de la ciudad, hacia donde se expandió la urbe, principalmente en áreas ocupadas por suelos desnudos, las que posiblemente serán destinadas a nuevos proyectos habitacionales, de equipamiento o industriales.

5.2.2. - Evolución del Índice de Diferencia de Vegetación Normalizada del área de estudio

5.2.2.1.- Panorama general del Índice de Vegetación Normalizada entre 1986 y 2009

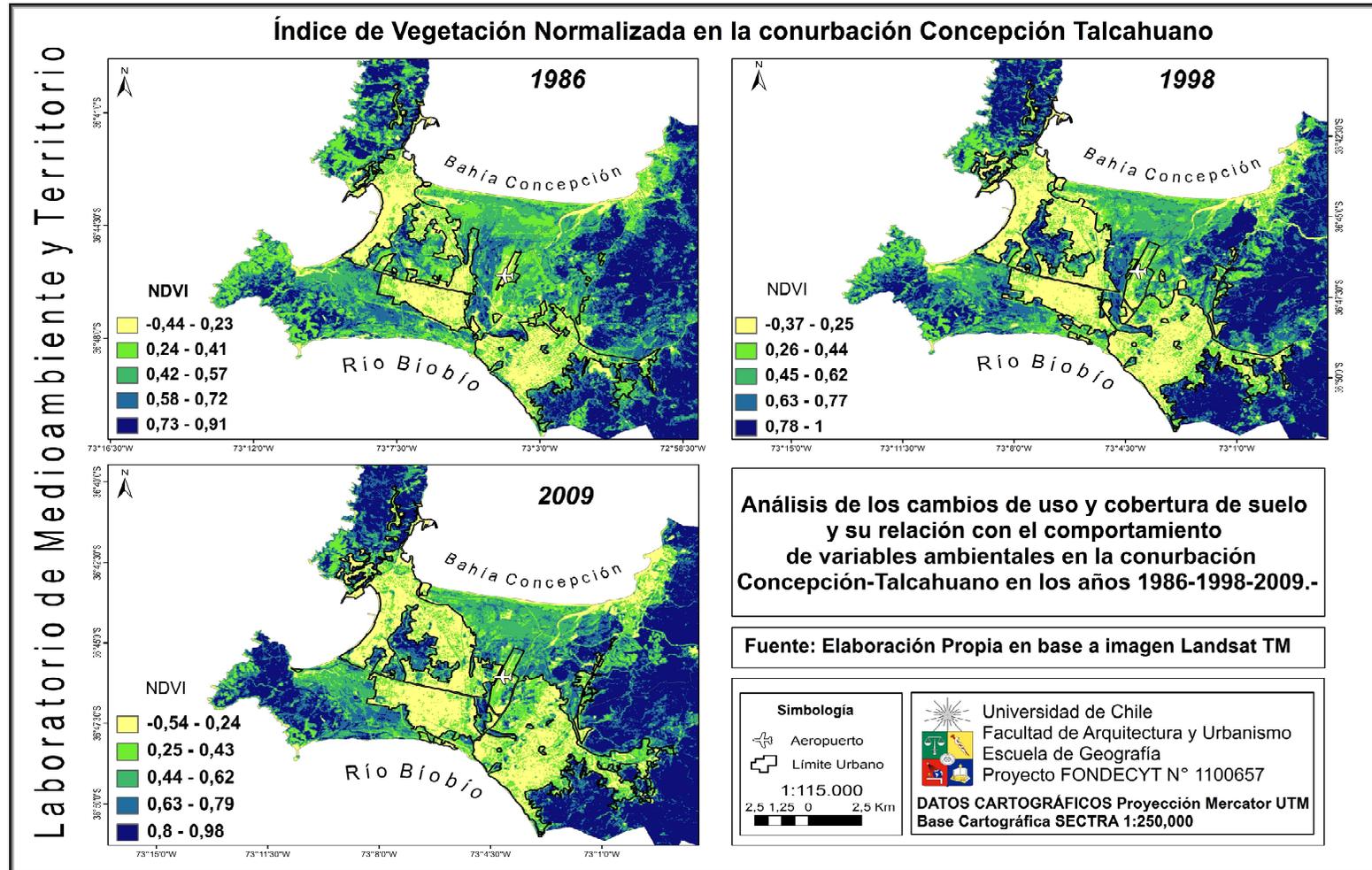
Al igual que en el comportamiento de las temperaturas de emisión superficial, el índice de vegetación normalizada tiene un patrón de distribución similar, cuya expresión refleja marcadamente el comportamiento diferenciado de valores entre las áreas urbanas y las no urbanas, lo que se aprecia en la figura N°30.

Se observa que las áreas de menor productividad vegetal, coincidían con los límites urbanos para cada año. Por el contrario, la presencia de vegetación se observa marcadamente fuera del área urbana, acentuándose a medida que aumenta la altitud, tanto en la península de Talcahuano, como en la de Hualpén y hacia el oriente de Concepción.

Se observa cómo a medida que se expandió la urbe, la situación de las áreas de borde varió, disminuyendo los valores del índice, lo que refleja que el remplazo de las coberturas naturales por superficies urbanizadas, influyendo indiscutiblemente en el estado de la vegetación, puesto que en la mayoría de los casos, estas coberturas fueron radicalmente sustituidas por un uso sustancialmente distinto.

Si bien, la distribución espacial del Índice Diferenciado de Vegetación Normalizada obedeció a patrones similares en el área total (urbana y no urbana) en los tres años de análisis, se observan diferencias entre rangos mínimos y máximos, acentuándose la diferencia para el año 2009 entre el rango mínimo, cuya oscilación es mayor. No obstante, se identifican dentro del área urbana rangos medios, principalmente, en torno al eje vial Av. Colón en Talcahuano, o al norte de la comuna de Concepción.

Figura 30.- Mapa de NDVI del área total de la conurbación Concepción-Talcahuano.



5.2.2.2.- Análisis de las diferencias del Índice de Diferencia de Vegetación Normalizada en áreas urbanas entre 1986 y 2009

Al igual que para el análisis de temperatura de emisión superficial, se consideró el límite urbano del año 2009 para analizar el comportamiento espacial y temporal del NDVI.

En la figura N°31, se observa cómo a medida que se extendió el límite urbano, los valores altos del indicador decrecieron en superficie. Sin embargo, a pesar de ello, estos mismos valores fueron más altos hacia el año 2009, y alcanzan un límite de 0,9.

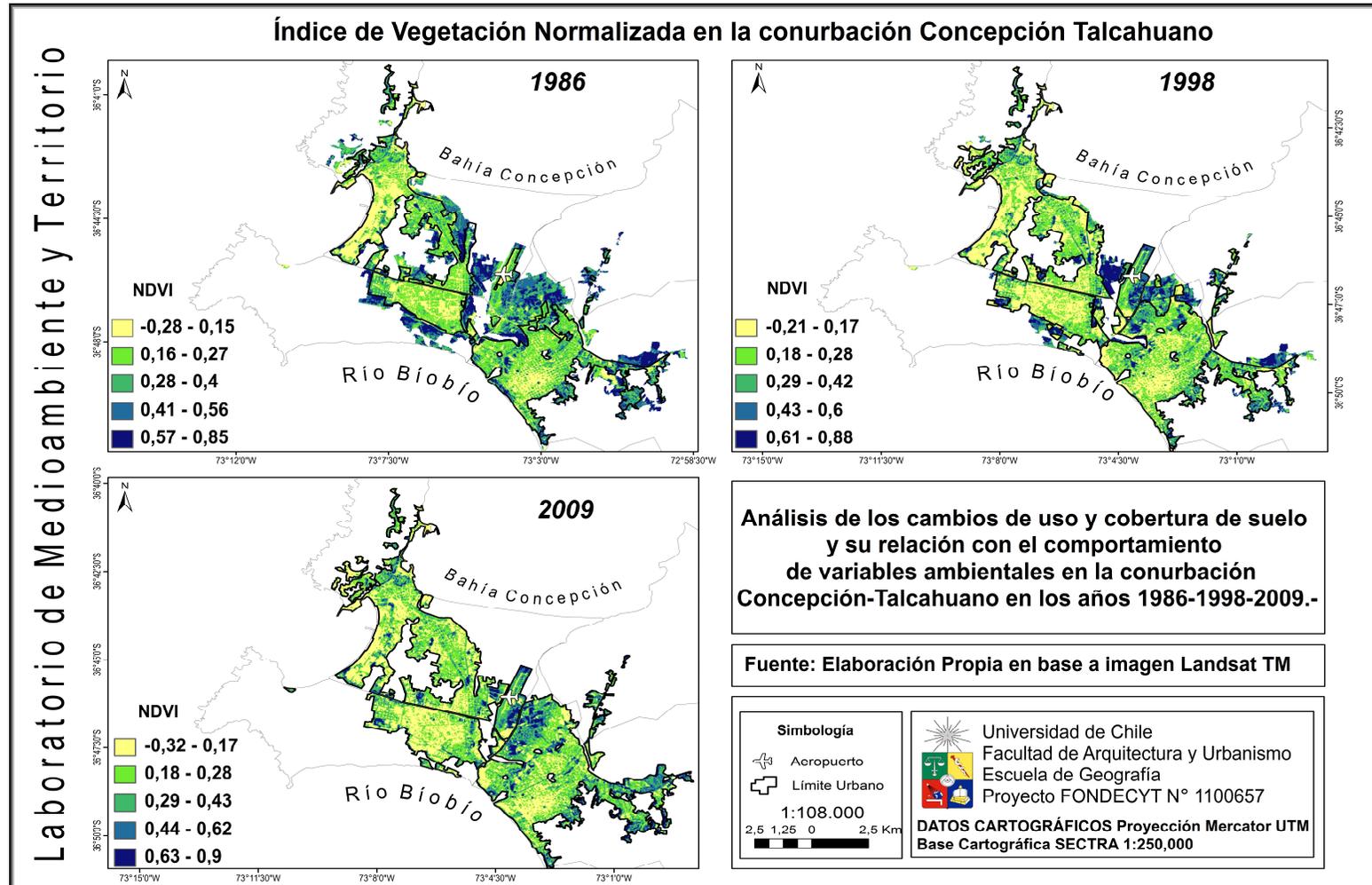
Para el año 1986, se observó que las áreas fuera del límite urbano, específicamente al suroriente de Talcahuano, al sur de Hualpén, al norte y oeste de Concepción, zonas que aún permanecían con cobertura naturales, poseían rangos desde 0,41 a 0,85. Los valores que se situaban en el rango 0,16 y 0,4 tuvieron su expresión espacial en casi toda la mancha urbana, con excepción del área contigua a la Bahía de San Vicente, algunos intersticios al interior de Hualpén y al sur de Concepción, que poseían los valores menores que para este año fluctuaban entre los -0,28 y 0,15.

Para el año 1998, el comportamiento del índice era similar en las áreas no urbanas. No obstante los valores mayores se incrementaron a 0,61 y 0,88. Las zonas con valores entre -0,21 y 0,28 se distribuyeron al interior de la mancha urbana, donde las diferencias con respecto 1986 se observaban hacia el sector Huertos Familiares en Talcahuano, al norte de Concepción y hacia el suroriente en la misma comuna.

Hacia el 2009 los valores menores incrementaron el tamaño en superficie. En Talcahuano y Hualpén los valores que predominaban eran desde los -0,32 a 0,43. Los rangos de mayor valor sólo se podían apreciar en superficies menores al norte y suroriente de Concepción.

Si bien, desde 1986 a 2009 ha habido una pérdida del 6,8% de superficies con índices de vegetación 'Altos' en el área urbana.

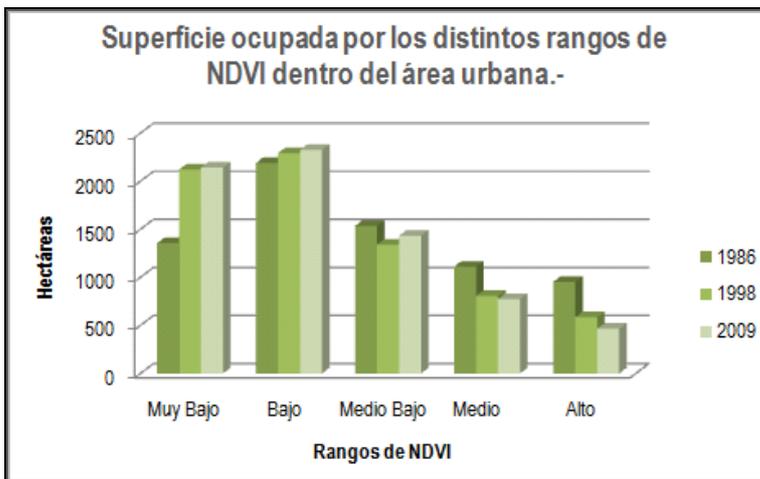
Figura 31.- Mapa de NDVI en el área urbana de la conurbación Concepción- Talcahuano.



5.2.2.3.- Evolución en la distribución del Índice de Diferencia de Vegetación Normalizada en áreas urbanas entre 1986 y 2009

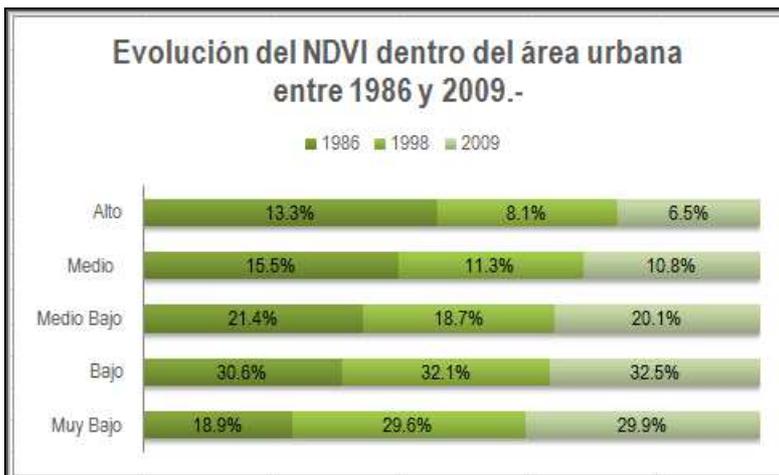
Las figuras N°32 y 33 expresan cómo han variado las categorías durante los años analizado. Han aumentado considerablemente la superficie que expresa valores 'Muy Bajo' y 'Bajo' desde 1986 hacia 2009.

Figura 32.- Evolución de la superficie ocupada por rango de NDVI.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 33.- Evolución del NDVI dentro del área urbana entre 1986 y 2009.



Fuente: Elaboración Propia

La clase con índice 'Muy Bajo' aumentó la superficie ocupada de 1.354,2 Hás., para el año 1986, a 2.120 Hás., para 1998. Posteriormente alcanzó las 2141,7 Hás., para el año 2009. Es decir, pasó de ocupar el 18,9% de la superficie total urbanizada en 1986 a 29,9% para el 2009.

La categoría con índice 'Bajo' incrementó su superficie desde 102,5 Hás. en 1986 (30% de la superficie urbana) a 32,5% en 2009.

La clase con índice denominado 'Medio Bajo', pasó de 1.534,8 Hás. en el año 1986 a 1.340,1 Hás. en el año 1998. Es decir, hubo una reducción de 194,8 Hás. Sin embargo, para el año 2009, existió un leve incremento a 1.433 Hás., (93,7 Hás. adicionales para el último año analizado), lo que equivalió al 20,1% de la superficie.

Las áreas de índice 'Medio', bajaron de 1110,6 Hás. en 1986 (15,5%) a 807,5 Hás. para el año 1998 (11,3%), es decir, 303 Hás. menos de superficie para este rango, que mantuvo un comportamiento constante a la baja para el 2009, ocupando 774 Hás., equivalente sólo al 10,8% de la superficie dentro de la urbe.

La clase con índice 'Alto' también tiene una tendencia negativa. En 1986, este rango ocupaba 952,4 Hás., equivalente al 13,3%. En el año 1998, esta categoría disminuyó la superficie a 584,2 Hás, y ocupó sólo el 8,1% de la superficie. Hacia el 2009, esta baja se mantuvo, pues alcanzó las 465,7 Hás. es decir, 118,5 Hás. menos que en el año 1998, equivalente al 6,5% de la superficie urbanizada.

5.3.- Análisis de la modificación de los indicadores ambientales asociados al uso de suelo de la conurbación Concepción-Talcahuano

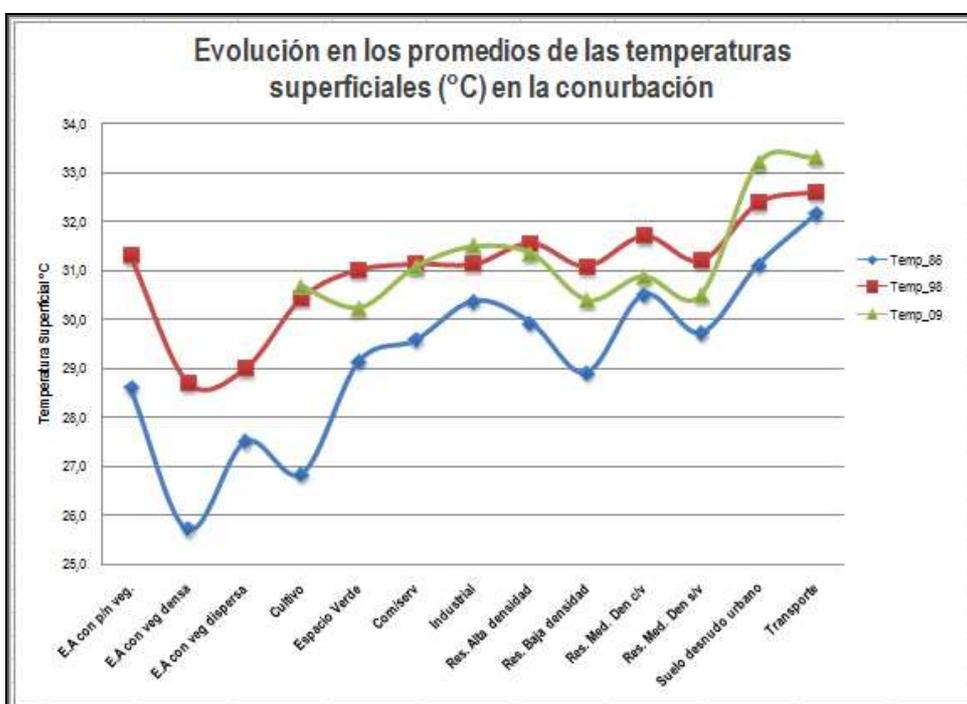
Los cambios de uso y cobertura de suelo entre 1986 y 2009, han repercutido en la variación de los indicadores ambientales utilizados para evaluar el grado de sustentabilidad con que se está llevando a cabo el crecimiento de la urbanización en la conurbación. La intensidad de los valores promedios de los indicadores asociados a cada uso de suelo, se ha visto mermada para NDVI e incrementada para la temperatura de emisión superficial, en función del remplazo de coberturas naturales por superficies impermeables a través de los años.

5.3.1.- Análisis de los promedios de las temperaturas de emisión superficial de los usos de suelo identificados en la conurbación.

La diversidad de usos y coberturas de suelo identificados en la conurbación, ha modificado su respuesta térmica con el paso del tiempo.

La figura N°34 muestra la evolución de los promedios de temperatura de emisión superficial de acuerdo a los usos y coberturas de suelo identificados en la conurbación durante los años 1986-1998-2009.

Figura 34.- Evolución de los promedios de Temperatura por usos de suelo.



Fuente: Elaboración Propia.

Las temperaturas de emisión superficial eran menores en el año 1986 para todos los usos y coberturas de suelo, principalmente para los espacios abiertos con vegetación densa y dispersa y el uso de suelo destinado a cultivo. Los valores promedios ascienden a medida que se intensifica el uso de suelo urbano, donde para este año, el uso de suelo industrial, mediana densidad con vegetación, suelo desnudo y transporte eran los que alcanzan los valores más altos.

Llama la atención la diferencia de temperatura promedio que se generó en áreas residenciales de mediana densidad con vegetación y sin vegetación, donde las primeras poseían valores más altos que la segunda tipología. Esto puede tener su explicación en la hora de la captura de la imagen, dado que, dependiendo del estado, tipo y estrato de la vegetación, pudo haber tenido un calentamiento más rápido que las coberturas asfaltadas a esta hora del día. Sin embargo, se requiere, una comparación horaria del comportamiento termal de las diferentes tipologías para establecer el rol que genera la vegetación al interior de las viviendas en cuanto a la regulación térmica que ésta pueda aportar, como lo establecen diferentes estudios.

En el año 1998, los promedios de temperatura de emisión superficial fueron más altos que el año 1986 para todos los usos, incluso para las áreas naturales, que representan un alza en por lo menos 3 °C para los espacios con poca o nula vegetación y con vegetación densa. El uso de suelo destinado a cultivo ha tenido un alza considerable de más de 3,5°C comparado con el año anteriormente evaluado.

Los usos de suelo urbano poseen valores promedio por sobre los 31°C, destacando el uso de suelo desnudo y el transporte, que corresponde al aeropuerto, con más de 32°C.

Para el año 2009, los espacios verdes, los sectores residenciales de baja densidad y los de mediana densidad sin vegetación, presentan las temperaturas promedios más bajas, con una diferencia aproximada de 2,9°C con las temperatura más altas registradas para transporte, que registró valores sobre los 33°C en promedio. El uso de suelo desnudo también sobrepasa los 33°C.

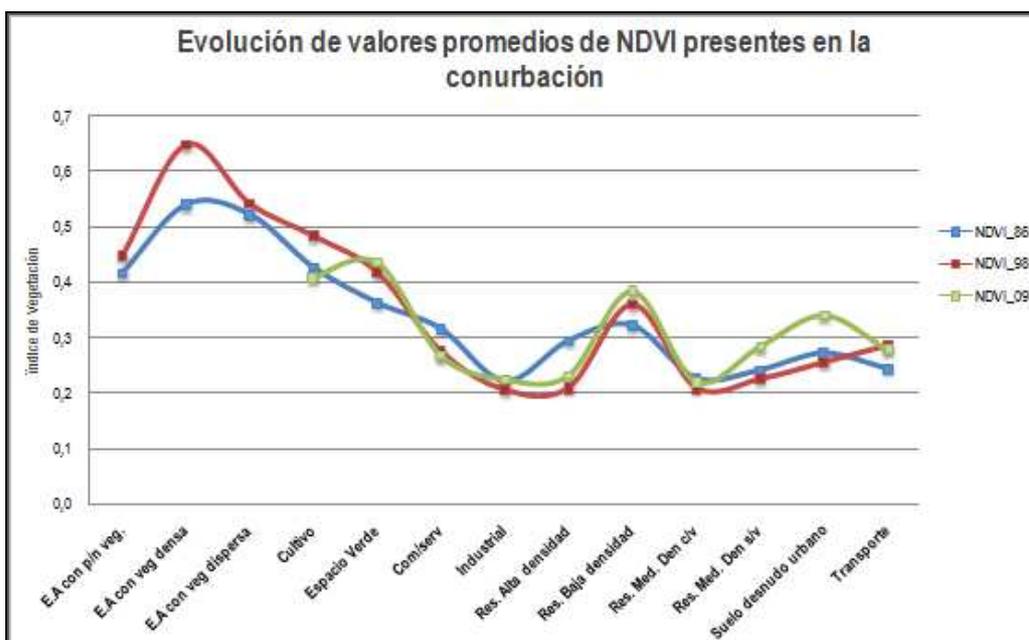
En general, las temperaturas superficiales promedio se han mantenido relativamente constantes desde 1998 a 2009. Sin embargo, para este último año, las áreas residenciales presentan valores levemente menores (0,5°C de diferencia aproximadamente). Los usos de suelo que han intensificado sus temperaturas superficiales promedio, son el suelo desnudo y en transporte (aeropuerto), los que han tenido un alza de 2°C y 1°C respectivamente desde 1986 a 2009.

5.3.2.- Análisis de los promedios del Índice Diferenciado Vegetación Normalizada de los usos de suelo identificados de la conurbación

La presencia y el estado de la vegetación también se ha visto modificada a través de los años, según indica el NDVI, cuyos valores promedios tiene un comportamiento inverso al de las temperaturas de emisión superficial.

La figura N°35, muestra que las coberturas naturales poseían, para todos los años, valores mayores de NDVI. Sin embargo, existió un incremento de los valores del índice desde 1986 a 1998 para las coberturas naturales, con una diferencia marcada en los espacios abiertos con vegetación densa. Esto podría ser explicado por una posible actividad fotosintética mayor de los distintos estratos de la vegetación, favorecida por las precipitaciones del año anterior, pues el NDVI está determinado fundamentalmente por las condiciones climáticas que imperan en la zona.

Figura 35.- Evolución del NDVI en la conurbación.



El uso de suelo destinado a espacios verdes, incrementaron sus valores promedios de NDVI para los últimos dos años analizados, mientras que el uso en cultivos, disminuyó desde 1998 a 2009.

El uso de suelo industrial junto al uso residencial de alta densidad son los que poseen menores valores de NDVI. Éste último, disminuyó de 0,3 a 0,2 desde 1986 a 1998, para mantenerse en 0,2 en el año 2009.

El uso residencial de baja densidad mantiene un comportamiento constante con un elevado NDVI para los tres años analizados, con un leve aumento desde 1986, alcanzando los 0,4 en 2009.

El comportamiento de los valores promedio de NDVI para suelo desnudo, se presenta bajo para los primeros dos años. Presentó una leve alza para 2009 sobrepasando el valor 0,3.

El uso de suelo destinado a transporte ha mantenido valores bajos en NDVI, sin alcanzar los 0,3 en promedio.

En general, se observa que los valores por sobre los 0,3 considerado por la literatura como vegetación propiamente tal, se expresan en los usos y coberturas naturales y semi naturales como los espacios verdes. Las áreas urbanizadas reflejan valores por debajo del 0,3, a excepción de las áreas residenciales con baja densidad, lo que evidencia que la presencia de vegetación de estas zonas se ha mantenido a través de los años.

5.3.3.- Relación entre los promedios de Temperatura de Emisión Superficial e Índice de Diferencia de Vegetación Normalizada para cada uso y cobertura de suelo

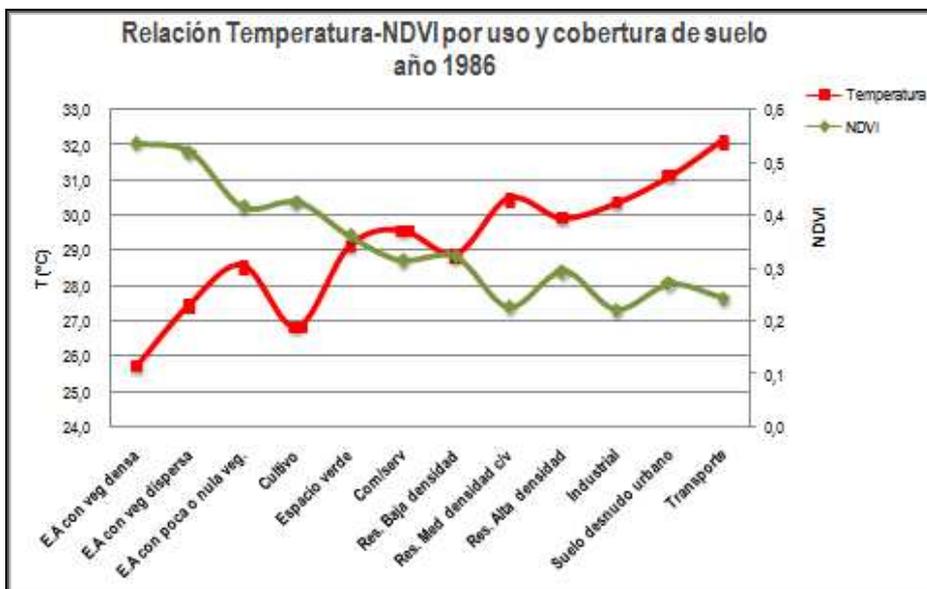
El comportamiento de los indicadores ambientales con respecto a cada uso y cobertura del suelo identificado en el área de estudio, refleja que las áreas con mayores valores de NDVI, poseen menores valores en las temperaturas y viceversa.

Las figuras N° 36, 37 y 38 dan cuenta de la relación inversa que existe entre el índice de diferencia de vegetación normalizada y la temperatura de emisión superficial para cada año analizado, para cada uso y cobertura de suelo.

Se observa que para el año 1986, las cubiertas naturales y seminaturales poseen valores por sobre 0,3 para NDVI, con temperaturas inferiores a los 29°C. La mayor diferencia

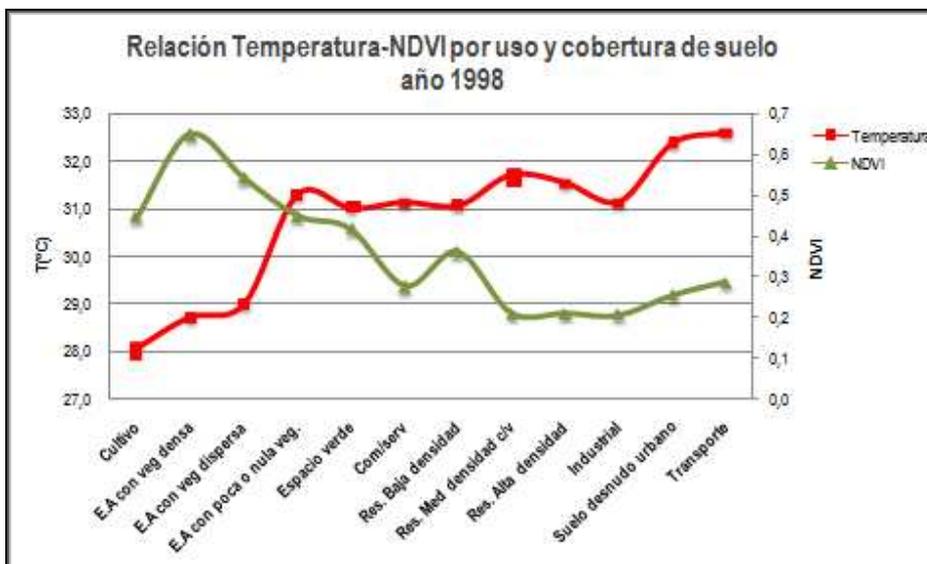
radica en la cobertura espacio abierto con vegetación densa, con 0,5 de NDVI y aproximadamente 26°C de temperatura de emisión superficial.

Figura 36.- Relación entre Temperatura-NDVI por cada uso de suelo año 1986.



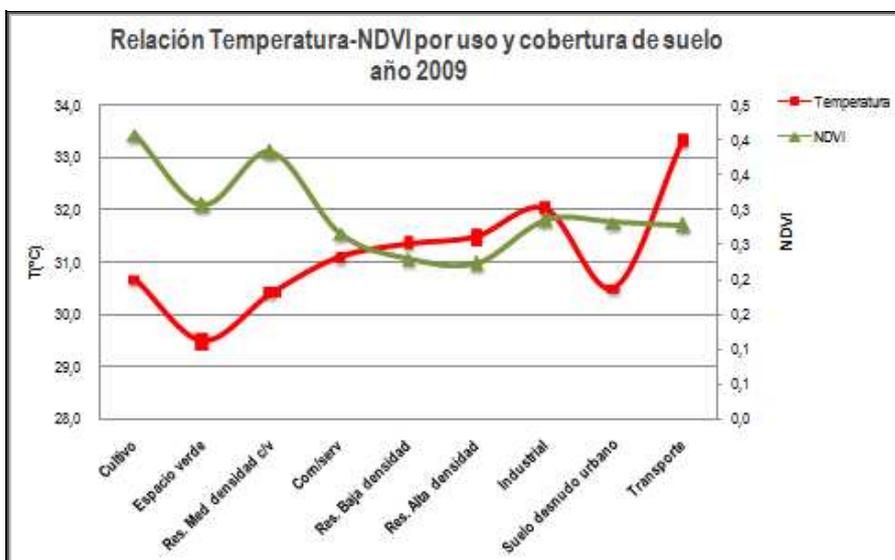
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 37.- Relación entre Temperatura-NDVI por cada uso de suelo año 1998.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 38.- Relación entre Temperatura-NDVI por cada uso de suelo año 2009.



Fuente: Elaboración Propia.

Posteriormente, se observa que a medida que disminuyen los valores de NDVI, aumentan las temperaturas superficiales para las áreas urbanas, alcanzando sus puntos máximos en el uso de suelo desnudo urbano y transporte con más de 31°C y con valores por debajo de 0,3 para NDVI.

Hacia el año 1998, la relación NDVI y temperatura superficial es similar. No obstante, los espacios verdes con poca o nula vegetación a pesar de mantener un NDVI por sobre 0,4, posee una temperatura de emisión superficial que sobrepasa los 31°C.

Las áreas destinadas a cultivo aumentan de 0,4 a 0,5 su NDVI para 1998, y la temperatura de emisión superficial aumenta un grado, alcanzando los 28°C en 1998.

Las áreas urbanas y residenciales poseen valores inferiores a 0,4 para todos los usos y coberturas, y las temperaturas de emisión superficial sobrepasan los 32° para los usos de suelo desnudo y transporte.

Para el año 2009, destacan los cultivos, espacios verdes y las áreas residenciales de mediana densidad con vegetación como los de NDVI por sobre los 0,3 y temperaturas inferiores a los 31°C. La tipología de uso de suelo de baja y alta densidad e industrial,

poseen valores de 0,3 de NDVI y sobrepasan los 31°C. El transporte destaca con temperaturas altas (sobre 33°C) y un NDVI de 0,3.

En términos generales, las coberturas naturales y seminaturales poseen valores de NDVI superiores a 0,3 para los tres años analizados, alcanzando incluso los 0,6 para el 2009, mientras que las temperaturas de emisión superficial bordean los 29°C y 30°C aproximadamente para estos mismos usos y coberturas.

A medida que se intensifica el uso de suelo urbano, las temperaturas de emisión superficial ascienden paulatinamente. Los usos de suelo industrial, desnudo y transporte son los que presentan siempre las temperaturas más elevadas, mientras que sus NDVI son bajos para todos los años.

Los usos de suelo residencial con alta densidad presentan un comportamiento constante a través de los años, en los que el NDVI bordea el valor de 0,3 y las temperaturas superficiales son de 31°C aproximadamente.

El uso residencial de mediana densidad con vegetación, aumenta el valor de NDVI alcanzando 0,4 para 2009, con 30,4°C de temperatura .

Los indicadores ambientales utilizados en el presente estudio, denotan un comportamiento inverso entre sí, estableciendo que a medida que las diversas tipologías de uso y cobertura de suelo disminuyen los valores de NDVI, aumentan los valores de las temperaturas superficiales, destacando las coberturas naturales y seminaturales con condiciones favorables (alto NDVI y bajas temperaturas), mientras que los usos más afectados por bajos índices de vegetación y altas temperaturas son el uso de suelo desnudo y transporte, que para este caso corresponde principalmente al aeropuerto carriel sur, en Talcahuano.

CAPÍTULO 6: DISCUSIÓN DE RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1.- DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el proceso de expansión de la conurbación Concepción – Talcahuano, se han incorporado 2.321 hectáreas de superficies con coberturas de suelo, naturales y seminaturales a la mancha urbana, entre los años 1986 y 2009. Se observa que este proceso se ha dado fundamentalmente por las dinámicas de crecimiento por acreción, salto de rana y tentacular, modalidades descritas por ROMERO, 2009; AZÓCAR, 2007 y MOLINA, 2007, respectivamente. Entre ellas, destaca aquella de tipo tentacular, principalmente por su rol protagónico en la estructuración de las diferentes áreas al interior de la ciudad.

Respecto a los usos de suelo, se constata tal como afirma CAPEL, 2002 en HIDALGO, 2004, que "...aunque las ciudades crecen asociadas a las distintas funciones urbanas, comerciales, industriales, de servicio, entre otras, las áreas residenciales son las que generan un mayor consumo de suelo e informan de las estrategias que despliegan los diferentes agentes inmobiliarios involucrados en el negocio de la vivienda". En el año 2009, el 54,3% de la superficie de la planta urbana, era destinado a uso residencial, porcentaje que representa 3.870 hectáreas del total de la conurbación. A ello se debe agregar, que hay una cantidad importante de suelos desnudos (792,8 has equivalentes a un 11% en el mismo año), tanto al interior como en el límite urbano, lo cual se atribuye a la degradación de los suelos en sectores colindantes a áreas industriales en Hualpén y Talcahuano, así como a la constante dinámica de cambio en los usos del suelo en pos de proyectos de urbanización residencial, lo que fue constatado en el trabajo de campo durante los años 2011-2012, en la comuna de Concepción.

Esto da cuenta del gran dinamismo de ocupación en la zona, el cual se verá incrementado por la implementación del proyecto "Plataforma Logística", pues su localización en las inmediaciones de humedal Rocuant – Andalién en Talcahuano, supone el aumento de la plusvalía del suelo disponible, para nuevos usos asociados al proyecto, como son servicios y comercio. Al respecto, es preciso mencionar, que el humedal Rocuant –

Andalién, puede ser considerado un sitio de alto valor ecológico, rico en biodiversidad y un área de refugio para aves migratorias en peligro de extinción, como son el gaviotín elegante (*Sterna elegans*) y el pelícano, por lo que en materia de planificación, se debería poner especial cuidado a la urbanización futura en torno a estos ecosistemas frágiles, pues sustentan importantes servicios ambientales a la población y otras especies. La menor proporción de suelos con coberturas verdes (7,2%, equivalentes a 513 has) frente a los suelos desnudos, así como la vulnerabilidad de estos en medio de un ambiente drásticamente modificado, debiese ser un factor a tener en cuenta en la localización futura de infraestructura de desarrollo.

Respecto a la representación espacial de los indicadores de calidad ambiental, es posible señalar, que el uso de imágenes de satélite, fue de gran utilidad para identificar detalladamente, el diferencial comportamiento térmico y presencia y estado de la vegetación que hay al interior del área de estudio. Tal como afirma CHUVIECO, 2008, la observación de las variables en diversas bandas del espectro electromagnético, amplía la capacidad de reconocerlas descartando dudas, gracias a la utilización del píxel, como unidad base de diferenciación.

En términos generales se observa que la ciudad fue más caliente durante 1998 y más fría durante 1986, superando el valor máximo en el caso de los dos últimos años analizados, los 40°C. Las coberturas que coinciden con los límites urbanos en tanto, han ido incrementando sus registros con el tiempo y las áreas urbanas presentan temperaturas superficiales más elevadas que las inmediaciones de la ciudad, tan como indica OKE, 1987; CHEN et al 2001; PAULEIT et al., 2002; YUAN & BAUER, 2007; SARRICOLEA, 2008 y KARENIA, 2011.

La diferencia en los registros más y menos elevados, es alta, y sectores como el aeropuerto de Talcahuano y el club hípico de Hualpén, marcan la pauta a la hora de localizar las áreas significativamente calientes. A ellas, se suman en el último periodo, sectores de suelos desnudos, tanto al norte como al suroriente de la comuna de Concepción, cuestión que se asocia a la creciente demanda habitacional en la capital provincial, con el consecuente reemplazo de coberturas naturales por pavimento, e infraestructura urbana.

En cuanto a la presencia y estado de la vegetación al interior del límite urbano tuvo un comportamiento decisivo durante el período analizado. Los índices considerados como 'Muy Bajos', aumentaron de 1.354,2 Hás., para el año 1986, lo que equivalía al 18,9% del área urbana, a 2.141 Hás., para el año 2009, correspondiente al 29,9% de la superficie urbana. Por el contrario, los índices denominados como 'Altos', disminuyeron su ocupación espacial dentro del área urbana de 952,4 Hás., para el año 1986, equivalentes al 13,3%, a 465,7 Hás., para el año 2009, correspondiente al 6,5% de la superficie urbanizada. Se observa que las áreas que presentan menores valores en NDVI se localizan principalmente, en la comuna de Hualpén.

En lo referente a la metodología utilizada, se establece que una de las principales limitantes de las imágenes ocupadas, consiste en la imposibilidad de obtener información a través de un día completo, puesto que la órbita del satélite se limita a un horario determinado (11:00 hrs. aproximadamente). Resulta interesante conocer lo que sucede después de la puesta de sol, para validar las hipótesis de estudios que indican que el calor es liberado a esa hora del día, por lo que las ICUs pueden ser más intensas (SARRICOLEA, 2008). Si bien, existen recursos satelitales en horario nocturno, éstos responden a escalas menores y no son de disponibilidad gratuita, lo que dificulta su accesibilidad. No obstante, el trabajo de campo puede resultar efectivo para conseguir información adicional y complementar lo que las imágenes satelitales aportan en un inicio, sobre todo considerando que la literatura establece que existe una alta correlación entre la distribución espacial de temperaturas de emisión superficial y temperaturas atmosféricas (ARNFIELD, 2003; PRASHAD, 2004).

Las variables aquí analizadas pueden ser consideradas sólo como referencia, puesto que la literatura establece que existen otros factores determinantes en la distribución de las temperaturas que en este estudio no fueron consideradas, como la topografía, la densidad de población, el porcentaje de cobertura vegetal o la cercanía a fuentes húmedas (SARRICOLEA, 2008, 2012). Los resultados de la presente investigación deben ser complementados con otras metodologías para evaluar a un mayor nivel de detalle y con mayor precisión los resultados obtenidos, con el fin de validar las herramientas que posibilitan predecir los comportamientos en función de la situación observada y lograr ser incluidos en los instrumentos de planificación territorial, para así otorgar una visión

acotada de la situación descrita, y establecer medidas de mitigación y prevención cuyas directrices deben estar orientadas a optimizar la calidad de vida de los habitantes.

6.2.- CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

Dentro del área de estudio se consideran al menos 20 clases de usos y coberturas de suelo al interior del límite urbano del año 2009.

La mayoría de la superficie de la conurbación es ocupada por el uso residencial de mediana densidad con vegetación, que se distribuye al interior de la misma en las tres comunas principales. El sector camino a Penco, ha sido ocupado paulatinamente con áreas de industria menor o galpón y algunas residenciales. Cabe destacar que dicho sector está condicionado por la pendiente que emana de la Cordillera de la Costa, y tiene una directa relación con la Ruta CH-50, que es la que ha motivado el desarrollo urbanístico de la zona.

Talcahuano y Hualpén destacan por poseer amplias zonas destinadas al uso industrial, localizadas en el área poniente de la conurbación, lo que conlleva a otros usos como puertos y aeropuerto, además de un desarrollado complejo de estructura vial, que si bien debe lidiar con las constantes diferencias de relieve y condición inundable del suelo que posee la zona, ha logrado sacar adelante un avanzado proyecto que aborda la conectividad como eje fundamental de desarrollo regional.

Concepción se caracteriza por la prestación de servicios terciarios. Es el centro vinculante de las operaciones administrativas que posee la zona, donde existe una amplia presencia de instituciones tanto administrativas como educacionales, comercio menor, etc., lo que a su vez, deriva en una constante alza en la demanda del sector inmobiliario, tema que sin lugar a dudas es y debe ser tratado con suma precaución considerando las condiciones del terreno, lo que ha sido abordado ampliamente por la literatura descriptiva y de planificación del Área Metropolitana de Concepción.

Sin embargo, las presiones del mercado inmobiliario sobre los cambios de uso del suelo son inminentes. A través de la fotointerpretación de los distintos años, se detecta la presencia de suelos desnudos en áreas circundantes de la conurbación que pasan

posteriormente a ser ocupados por áreas residenciales. Así como también, áreas de cultivo en Concepción fueron remplazadas para el mismo propósito.

Las áreas verdes construidas consideradas en este estudio, localizadas al interior de la conurbación y que pudieron ser interpretadas a través de las fotografías aéreas, se consideran escasas.

En Hualpén, que si bien posee amplios espacios con un valor natural (Santuario de la Naturaleza), el conglomerado urbano no posee espacios verdes al interior que puedan ser fotointerpretables a escala 1:10.000. Se puede constatar, a través de la bibliografía que las políticas de planificación en la zona no han respondido a una acción conjunta, donde los proyectos inmobiliarios han sido otorgados a diversas empresas que no han tomado la responsabilidad de generar un espacio habitable cohesionado, donde, tanto los espacios públicos como las áreas verdes no han sido consideradas en su rol fundamental de elementos que componen la trama urbana.

Esta situación es compleja y debe ser cuidadosamente abordada dentro de los criterios de planificación comunal, sobre todo considerando la cercanía de las áreas residenciales de la comuna con usos de suelo industriales en la zona.

Los usos y coberturas de suelo presentan diferencias significativas en términos de variables ambientales, como los son la temperaturas de emisión superficial, la cual es posible medir a la hora del paso del satélite y el índice de diferencia de vegetación normalizada que, como se esbozó anteriormente, se constata una variación singular en los valores obtenidos del procesamiento de imágenes, a medida que, principalmente las áreas de borde, van siendo incorporadas a la planta urbana.

Se detectan dos islas de calor no urbano permanentes en la conurbación. Una corresponde al Aeropuerto Carriel sur en Talcahuano, en el que para los tres años analizados, siempre registró temperaturas elevadas por sobre los 39°C. La otra isla de calor se localiza en la comuna de Hualpén, y corresponde a la gran extensión de gramínea seca de más de 36 Hás. destinada al Club Hípico, el cual, según estimaciones de BAERISWYL (2009), “debería ceder a las presiones del mercado inmobiliario, obedeciendo a la gran centralidad que juega la comuna de Concepción en cuanto a la demanda de suelo para residencia”.

Es importante destacar con respecto a este punto, que el eventual cambio de destino de estos terrenos, genera una oportunidad para la comuna de Hualpén de enmendar la ausencia de políticas coherentes de uso de suelo. Esta enorme extensión superficial podría ser considerada como parte de la compensación que debiera ser exigida por los habitantes de la comuna, dada la falta de espacios verdes al interior de la misma, afectada en gran medida por reiterados episodios de contaminación atmosférica por sobre la norma, debido a la cercanía del complejo industrial petroquímico localizado al oeste de la comuna. El hecho de que el Club Hípico pueda estar 'destinado a desaparecer' en función de la demanda de crecimiento de la conurbación, puede ser conjugada con la localización de futuros espacios verdes al interior de la comuna en este sector, y no necesariamente continuar con la lógica de asentamientos residenciales compactos que no han dado cabida a las áreas de esparcimiento.

Las áreas residenciales por su parte, poseen valores medios de temperatura superficial principalmente en Talcahuano y Concepción, a pesar de ser superficies asfaltadas. Esto, debido a la compensación que otorga la vegetación presente en los intersticios de las viviendas, la que se ve favorecida por las condiciones climáticas del área de estudio, facilitando su presencia y mantenimiento, actuando como regulador térmico dentro de las áreas urbanas.

Se evidencia cómo el sector camino a Penco ha variado su temperatura de emisión superficial matutina en función de la incorporación de áreas de borde a la planta urbana. El manejo del crecimiento de este sector debe ser tratado con sumo cuidado como es mencionado por varios autores (PÉREZ y SALINAS, 2008) puesto que la localización, -inmersa en el sector poniente de la Cordillera de la Costa- puede acarrear diversos problemas ambientales que no fueron abordados en la presente investigación pero que vale la pena mencionar, como la remoción en masa de sedimentos o derrumbes de laderas de cerro.

En general, a través del análisis retrospectivo de esta investigación de carácter exploratorio, se logra establecer la relación que existe entre los diversos usos de suelo de la conurbación Concepción-Talcahuano y la variación de indicadores ambientales como la temperatura de emisión superficial y la presencia y estado de vegetación a través del índice de diferencia de vegetación normalizada. Se pudo corroborar que a medida que las

áreas de bordes han sido incorporadas a la planta urbana, éstas disminuyen los valores expresados por el NDVI, al mismo tiempo que aumentan las temperaturas de emisión superficial, situación que pudo ser demostrada gracias a la valiosa herramienta que representan las imágenes satelitales. Así y todo, se considera fundamental para futuras indagaciones sobre el comportamiento de las variables ambientales y su relación con los distintos usos y coberturas de suelo, un trabajo de campo minucioso y una complementación a la metodología de imágenes satelitales como la medición de las variables en terreno, puesto que el recurso utilizado en este estudio puede ser utilizado más como una referencia para indagar sobre puntos de interés específico.

La detección y evaluación temporal de la presencia y estado de la vegetación puede resultar una información valiosa para evaluar el nivel de degradación que se genera a medida que las cubiertas naturales y seminaturales son remplazadas por usos radicalmente distintos. Es importante, en primer lugar, localizar las áreas que han tenido una pérdida considerable en la calidad de la vegetación y evaluar la posibilidad mitigar dicha degradación o de recuperar eventualmente la calidad ambiental de dichos espacios. Estas decisiones deben ser abordadas con el conocimiento previo de la situación presente de las áreas que serán intervenidas, para así gestionar un plan de acción anticipado y no tener que lamentar pérdidas irreversibles, dado que la literatura establece que la restauración de las condiciones ambientales está directamente asociada a la presencia de áreas verdes y de fuentes de humedad en general, por lo que ecosistemas formados por parques, humedales, ríos, lagos, áreas extensas en césped, etc., son consideradas determinantes para generar un medio ambiente urbano sustentable.

La situación de la vegetación en el caso de la conurbación Concepción-Talcahuano, es considerada una ventaja comparativa con respecto a la realidad presente en otras ciudades del país, puesto que no se requieren mayores esfuerzos para contar con espacios vegetados al interior de la ciudad, ya que la localización y el clima permite la aparición espontánea de diferentes estratos de la vegetación y el mantenimiento puede ser considerablemente menos costoso que en otros sectores del país.

No obstante, dentro de este escenario no se debe dejar al azar la localización de áreas verdes al interior de la ciudad. Siempre es necesario planificar estratégicamente el emplazamiento de dichos espacios, considerando la superficie destinada para ellos, la

diversidad de los estratos vegetales, la continuidad en el caso de los corredores verdes, con el fin de equilibrar y congeniar los distintos usos que se pueden generar al interior de la urbe, con la biodiversidad presente en la zona, y abogar por la comunión del proceso de crecimiento urbano y la sustentabilidad ambiental

Los instrumentos de planificación juegan un rol protagónico y fundamental en este sentido, ya que es el medio por el cual se puede hacer factible un proyecto de ciudad que sea equitativo y congruente con el desarrollo sostenible, donde se conjuguen tanto las potencialidades de crecimiento económico, con las óptimas condiciones de desarrollo social.

Es por ello que se debe fomentar la conciencia ciudadana sobre la importancia de estos instrumentos a la hora de conformar el espacio habitado, saber en qué consisten y el poder fáctico que éstos tienen, ya que a través de ellos se pueden poner en marcha las modificaciones necesarias para llevar a cabo un proyecto de ciudad cohesionada.

Los estudios realizados desde la academia deben ser más que simples documentos que serán archivados en las bibliotecas y salones universitarios. Las investigaciones de este tipo persiguen la finalidad de generar conocimiento y poner en discusión las prácticas que como sociedad estamos llevando a cabo y poner en tela de juicio los criterios que se han utilizado para construir el futuro.

En palabras de IRARRÁZABAL (2012) *“... La solución de las problemáticas ambientales (...) no se relaciona estrechamente con dificultades técnicas y quizás tampoco con inyecciones de recursos, sino más bien con la discusión de qué proyecto social, político y económico se quiere para materializar la construcción de la ciudad...”*

Así, la difusión de la información derivada de los estudios académicos a las distintas esferas de la sociedad, en un lenguaje claro y simplificado, puede cambiar radicalmente el punto de vista de los involucrados, haciéndolos partícipe de las lógicas de conformación de ciudad, donde se puede generar una interesante y fructífera retroalimentación de ideas de quienes constituyen en primer plano el espacio habitado.

7. – BIBLIOGRAFÍA

ALCOFORADO. M, ANDRADE. H, LOPES. A y VASCONCELOS. J. (2009). Application of climatic guidelines to urban planning: The example of Lisbon (Portugal). *Landscape and Urban Planning* 90. 56–65. 2009.

ALDANA DEZZEO, A. y 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 GeoFocus*, N° 8, pp. 139-168. ISSN: 1578-5157.

ALISTE E., CONTRERAS M., SANDOVAL V., (2012). Industrialización, desarrollo y ciudad: transformaciones socio-demográficas y espaciales en la geografía social del gran Concepción (1950-2010) *Revista INVI* N°75, volumen 27:21-71.

ALMENDRAS A. (2009). Expansión Urbana, Cambios de Uso de Suelo y Transformaciones Espaciales en la conurbación Concepción – Talcahuano. Análisis desde el año 1950 al 2006. Memoria para optar al Título de Geógrafo. Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Santiago de Chile, 2009.

ARNFIELD, J. (2003). Two Decades of Urban Climate Research: A Review of Turbulence, Exchanges of Energy and Water, and the Urban Heat Island. *International Journal of Climatology*. 23: 1 – 26.

AZÓCAR G., ROMERO H., SANHUEZA R., VEGA C., MUÑOZ M. AND AGUAYO M. (2005). Patterns of urbanization in mid-Chilean cities and their impact on the social restructuring of urban space: a case study in Los Angeles, Central Chile. *Land Use Policy*.

AZOCAR G., SANHUESA R., HENRIQUEZ C. (2003). Cambio en los patrones de crecimiento en una ciudad intermedia: el caso de Chillán en Chile Central. *Revista EURE* Santiago 2003, vol.29, n.87. [En línea]. Disponible en: <http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-71612003008700006&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0250-7161.

AZOCAR G., ROMERO H., SANHUEZA R., VEGA C., AGUAYO M., (2007). Urbanization patterns and their impacts on social restructuring of urban space in Chilean mid-cities: The case of Los Angeles, central Chile. *Land Use Policy* 24: 199-211.

BAERISWYL S., (2005). Plan Maestro Plataforma Logística Región del Bío Bío. [En línea]. Disponible en: <<http://www.plataformalogistica.cl/pdfs/BioBio-MasterPlan-SPA.pdf>> [Consulta: 13 de Enero 2013].

BAERISWYL S., (2008). Crecimiento urbano del Gran Concepción, patrones y tendencia de una Metropolización. Investigación basada en el artículo “Patrones de Crecimiento del gran Concepción a través del modelo de uso de suelo” de autor homónimo (2008). Revista CA (Ciudad/Arquitectura) N°137, p. 40-43)

BAERISWYL S., (2009). Crecimiento urbano y consumo de suelo del Gran Concepción. Libro Chile Metropolitano, p 241-255.

BERRAL-GUYONNET, I. (1997). Analyse spatiale des températures mensuelles dans l'agglomération lyonnaise. Revue de Géographie de Lyon 72: 263-266.

BIFANI P. (2009). Los servicios ambientales y la acelerada urbanización. El futuro de las ciudades. Revista Ciudad y Bienestar, Año 1, N°3, 2 009, Universidad de Guadalajara. [En línea]: Disponible en <<http://www.vinculacion.udg.mx/files/File/3c/3.pdf>> [Consulta: 13 de Julio 2011].

BRIZUELA A., AGUIRRE C., VELASCO I., (2007) Aplicación de Métodos de Corrección Atmosférica de datos Landsat para análisis multitemporal. En Teledetección- Hacia un mejor entrenamiento de la dinámica global y regional. Memorias del Congreso de la Asociación Española de Teledetección (XII: 2007; Mar del Plata) Editorial; Martín, Argentina, 2007. ISBN: 978-987-543-126-3. [En línea]: Disponible en <<http://www.aet.org.es/congresos/xii/arg27.pdf> > [Consulta: 08 de Noviembre 2012].

CAPELLI DE STEFFENS A., PICCOLO M.C & CAMPO DE FERRERAS A., (2005). El clima urbano de Bahía Blanca. Ensayo argentino ISBN 987-02-1263-X. Departamento de Geografía y Turismo de Universidad Nacional del Sur. [En línea]: Disponible en <<http://books.google.cl/books>> [Consulta: 01 de Julio 2011].

CARNAHAN W., & LARSON R., (1990). An analysis of an urban heat sink. Remote Sensing of Environment (33), 66-71.

CHAVONA J., GARCÍA J., RENDÓN H., (2009). Una reflexión sobre el modelo urbano: Ciudad-Dispersa Ciudad-Compacta. [En línea]: Disponible en: <http://upcommons.upc.edu/revistes/bitstream/2099/11342/1/01_PROCEEDINGS_M1_03_0006.pdf> [Consulta: 03 de enero de 2013].

CHEN, P., S. LIEW, L. KWON (2001) Dependence of urban temperature elevation on land cover types. 22nd Asian conference on remote sensing. Singapore. 5 pp.

CHEN, and N. WONG, (2006) Thermal benefits of city parks. Energy and Buildings. 38:105–120.

CHUVIECO, E. (2002). Teledetección ambiental, la observación de la tierra desde la tierra. Impreso en España por Ariel Ciencia.

CORINE (1990). Programa de Coordinación de información del Ambiente de la Comisión Europea. Nomenclatura para la clasificación de usos de suelo en la Land Cover part 2.1; Land cover part 2.2; Land cover 2.3; Land cover 2.4 y Land cover 2.5

CRUZ , E (2007). “El Santuario de la Naturaleza, península de Hualpén, entre el desarrollo sustentable y la Privatización”. [En línea]: Disponible en <http://www.archivochile.com/Chile_actual/07_ecogra/chact_ecol0001.pdf > [Consulta: 01 de octubre 2011].

CUADRAT, J.M, DE LA RIVA, J., LÓPEZ, F. Y MARTÍ. A. (1993). El medio ambiente urbano en Zaragoza. Observaciones sobre la «isla de calor». Anales de Geografía de la Universidad Complutense, Vol. 13. pp. 127-138.

CUADRAT, J., M. SAZ, S. VICENTE-SERRANO, (2003). Surface wind direction influence on spatial patterns of urban heat island in Zaragoza (Spain). Geophysical Research Abstracts, 5: 02592. European Geophysical Society.

CUADRAT J., VICENTE- SERRANO S., SAZ M., (2005). Los efectos de la urbanización en el clima de Zaragoza (España): La isla de calor y sus factores condicionantes. Boletín de la A.G.E Nº 40, pág. 311 – 327.

CORREA. E, FLORES LARSEN. S y LESINO. G. (2003) Isla de calor urbana: Efectos de los pavimentos. Informe de avance. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. [En línea]: Disponible en <<http://asades.org.ar/modulos/averma/trabajos/2003/2003-t011-a005.pdf> > [Consulta: 01 de octubre 2012].

CURRAN P., (1985). Principles of remote sensing. Longman Group Limited. London, England.

DAVENPORT. A, GRIMMOND. S, OKE. T y WIERINGA. J. (2000). Estimating the roughness of cities and sheltered country. Preparado para 12th American Meteorological Society Conference on applied climatology. Asheville, Carolina Del Norte

DMC (2011). DIRECCIÓN METEOROLÓGICA DE CHILE. [En línea]: Disponible en <http://www.meteochile.cl/climas/climas_octava_region.html#c> [Consulta: 01 de octubre 2011].

DE MATTOS, C. (1997). Dinámica económica globalizada y transformación metropolitana: hacia un planeta de archipiélagos urbanos. Ponencia presentada al 6º Encuentro de Geógrafos de América Latina, Dpto. de Geografía, Facultad de Filosofía, Universidad Nacional de Buenos Aires, Marzo de 1997.

DE MATTOS, C., (1999). Santiago de Chile, globalización y expansión metropolitana: lo que existía sigue existiendo. *Revista Eure*. 76:29-56.

DE MATTOS, C. (2001). Movimientos del capital y expansión metropolitana en las economías emergentes Latinoamericanas. *Revista De Estudios Regionales* N° 60. Universidad de Andalucía, Málaga, España. ISSN: 0213-7585. pp. 15-43.

DE MATTOS C, (2003). Globalización y transformación Metropolitana en el caso de Santiago. En ARENAS, F; HIDALGO, R. y COLL, J. Los nuevos modos de gestión de la Metropolitización. Santiago: Serie Geolibros, pág. 27-55.

DGA (2004). Dirección General de Aguas. Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Cuenca del Río Bío Bío. [En línea]: Disponible en <http://www.sinia.cl/1292/articles-31018_BioBio.pdf> [Consulta: 12 de diciembre de 2011].

DGA (2004). Dirección General de Aguas. Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Cuenca del Río Andalién. [En línea]: Disponible en <http://www.sinia.cl/1292/articles-31018_Andalien.pdf > [Consulta: 12 de diciembre de 2011].

DPA. Departamento Provincial de Aguas, Río Negro, República Argentina. [En línea]: Disponible en <<http://www.dpa.gov.ar/clima/informes/NDVI.pdf>> [Consultada el 14 de octubre de 2013]

DI CASTRI F. (1968). Esquisse écologique du Chili. En :*Biologie de l'Amérique Australe*. Tomo IV. CNRS. Paris. 7-60.

DIARIO EL SUR. Superintendencia del Medioambiente formula cargos contra ENAP Bío Bío. Martes 04 de junio de 2013. [En línea]: Disponible en <<http://www.elsur.cl/impresas/2013/06/04/full/9/>> [Consulta: 12 de diciembre de 2011].

DRAKAKIS-SMITH, D. (1995). Third World cities: sustainable urban development 1."Urban Studies" *Vol.* 32(4-5) pp.659-677.

DUCCI, M. (1998). Santiago, ¿una mancha de aceite sin fin? en *Revista EURE* (Santiago de Chile) Año XXIV, N° 72.

EASTMAN (2004), IDRISI Kilimanjaro, Guía para SIG y Procesamiento de Imágenes Clark Labs Clark University, Worcester, MA, USA Lillesand, T.M., and R.W. Kiefer. 1987. Remote sensing and image interpretation, New York.

EASTMAN, J. (2006). IDRISI ANDES. Guide to GIS and Image Processing. Worcester, MA: Clark Labs, Clark University.

ELIASSON I., (1999). The use of climate knowledge in urban planning. Elsevier, Landscape and urban planning N° 48.

ELIASSON I., (2000). The use of climate knowledge in urban planning. Landscape and Urban Planning (48), 31-44.

FERNÁNDEZ. R. (1994). Problemáticas ambientales y procesos sociales de producción del hábitat: territorio, sistemas de asentamientos y ciudades. En LEFF. E (Ed). Ciencias sociales y formación ambiental. Barcelona, Editorial Geodisa, (1994). Pp. 223 – 286

FRANÇOIS A. (2000). El urbanismo frente a la nueva revolución urbana. 104ª conferencia de la Universidad de todos los saberes realizada el 13 de abril de 2000. Qu'est-ce que le social, Éditions Odile Jacob, diciembre de 2000. Traducción al castellano por Andrea Arouxet y Matilde Fernández. [En línea] Disponible en: <<http://www.aspergo.com/>> [Consulta: 01 de Julio 2011].

FUENTES. C. (2008). Evaluación Socio- Ambiental de los Efectos de la Variación de la Escorrentía Superficial derivada del Proceso de Urbanización en la Cuenca de Macul, entre 1975 – 2007. Memoria para optar al Título Profesional de Geógrafo. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de Chile. 2008.

GAETE FÉRES H., (2003). Mercado del suelo urbano en Chile, El caso del Gran Concepción. Ediciones Universidad del Bío Bío. Ediciones UBB, Concepción, Chile. ISBN 956-7813-23-X

GALINDO L., ESCALANTE R. y ASUAD N. (2004). El proceso de urbanización y crecimiento económico en México. Estudios demográficos y urbanos, Vol. 19 N°2 (56) pp. 289-312. [En línea] Disponible en: <<http://redalyc.uaemex.mx/pdf/312/31205602.pdf>> [Consulta: 14 de Julio 2011].

GALLI, C. (1967). "Geología Urbana y suelo de fundación de Concepción y Talcahuano", Concepción: Universidad de Concepción.

GRIMMOND. C Y OKE. T. (1998). Heat Storage in Urban Areas: Local-Scale Observations and Evaluation of a Simple Mode. Journal of Applied Metereology. Vol. 38. Pp. 922–940

GROSS, P. (2005). Medio ambiente y desarrollo sustentable. En: Gestión ambiental a nivel local. Ediciones Surambiente, Corporación Ambiental del Sur. Patricio Gross, Jessica Ulloa y Rodrigo Arru (Editores). P. 15 – 40.

GONZALEZ M, (1994). La fragilidad del medio natural en la expansión urbana de las ciudades de rango medio. Algunos alcances para tres ciudades chilenas: Curicó, Talca y Linares. Revista Geográfica de Chile Terra Australis, N° 39.

HENRIQUEZ, C., AZÓCAR G. y ROMERO, H. (2006a). Monitoring and modelling the urban growth of two mid-sized Chilean cities. Habitat International N° 30. pp. 945–964.

HENRIQUEZ, C., AZÓCAR, G. y AGUAYO, M. (2006b). Cambio de uso del suelo y escorrentía superficial: aplicación de un modelo de simulación espacial en Los Ángeles, VIII Región del Biobío, Chile. Revista de Geografía Norte Grande, N° 36. pp. 61-74.

HERNÁNDEZ, H. (1983). El Gran Concepción: Desarrollo histórico y estructura urbana. Revista Informaciones Geográficas N°30 P. 47 – 70. Santiago, Chile.

HIDALGO, R., BORSODORF, A. y SANCHEZ, R. (2007). Hacia un nuevo tejido urbano. Los megaproyectos de ciudades valladas en la periferia de Santiago de Chile. Revista Ciudad Y Territorio Estudios Territoriales. Vol. XXXIX. Tercera época. N° 151. España. pp. 115-135.

HIDALGO R., DE MATTOS C., ARENAS F., (2009). Chile: del país urbano al país metropolitano. Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile, Instituto de geografía, Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales, Serie GEOlibros 12, 2009, 469 p.

ICC. INSTITUT CARTOGRÁFIC DE CATALUNYA. Qué es NDVI. [En línea]: Disponible en <http://www.icc.cat/esl/Home-ICC/Mapas-escolares-y-divulgacion/Preguntas-y-respuestas/Que-es-NDVI> [Consulta: 15 de octubre 2013].

ILABACA, P. (1995). Condiciones naturales y crecimiento urbano: Caso comuna de Talcahuano. Revista Geográfica de Chile Terra Australis, N° 40, P. 7 - 29. Santiago de Chile.

INE (2005). Las nuevas proyecciones de la población. . [En línea]: Disponible en <http://www.eclac.org/celade/noticias/paginas/7/22677/Maguilera.pdf> [Consulta: 08 de Julio 2011].

INFORME PAÍS (2002). Estado del medio ambiente en Chile, Volumen 2002. Escrito por Universidad de Chile. Instituto de Asuntos Públicos, Universidad de Chile. Área de Desarrollo Sustentable.

IRARRÁZVAL, F. (2011). Clasificación y evaluación ambiental de zonas termales en el transecto entre las comunas de Pudahuel y Las Condes y su relación con el mercado inmobiliario. Memoria para optar al Título Profesional de Geógrafo. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de Chile.

JO, M., K. LEE, B. JUN, B. KWON and Y. JO. (2001). The spatial topographic of urban surface temperature using remotely sensed data and GIS. 22nd Asian conference on remote sensing. Singapore. 5 pp.

KARDINAL JUSUF. S, WONG. N, HAGEN. E, ANGGORO. R y HONG. Y. (2007) The influence of land use on the urban heat island in Singapore. Habitat International. Vol 31. (2). Pp. 232-242

KARENIA C., (2011) Geotecnología especial aplicada al estudio del clima urbano: Análisis térmico superficial en la ciudad de Caracas-Venezuela. Universidad Central de Venezuela, Instituto de Geografía y Desarrollo Regional, Área de Energía y Ambiente, Caracas-Venezuela. [En línea] Disponible en: <http://www.academia.edu/723710/GEOTECNOLOGIA_ESPACIAL_APLICADA_AL_ESTUDIO_DEL_CLIMA_URBANO_ANALISIS_TERMICO_SUPERFICIAL_EN_LA_CIUADAD_DE_CARACAS-VENEZUELA> [Consulta: 12 de Marzo de 2013].

KLYSIK, K., K. FORTUNIAK, (1999). Temporal and spatial characteristics of urban heat island of Łódź, Poland. Atmospheric Environment 33: 3885-3895

LANDSBERG H., (1981). The Urban Climate (First ed.) New York: Academic Press.

LAMPTEY. B, BARRON. E y POLLARD.D. (2005) Impacts of agriculture and urbanization on the climate of the Northeastern United States. Global and Planetary Change. Vol .49. pp. 203– 221.

LARA GALISTEO J., (2009). Proceso de urbanización y jerarquía de las ciudades en España. Revista Digital Innovación y experiencias educativas. N°18. ISSN: 1988- 6047. Estado del medio ambiente en Chile, Volumen 2002. Estado del medio ambiente en Chile, Volumen 2002. [En línea] Disponible en:<<http://www.csi-csif.es>> [Consulta: 01 de Julio 2011].

LATTES A., (1995) Urbanización, Crecimiento Urbano y Migraciones en América Latina. . [En línea] Disponible en <http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/1/34411/LCG.164_p7.pdf> [Consulta: 06 enero 2012].

LI, F., WANG, R., PAULUSSEN, J., LIU, X. (2004) Comprehensive concept planning of urban greening based on ecological principles: a case study in Beijing, China. Landscape and Urban Planning 72 (2005) 325-336.

LOPEZ, E. y BOCCO, G. (2006). Cambio de cobertura vegetal y uso de suelo. [En línea] Disponible en:

<<http://www.oikos.unam.mx/laboratorios/geoecologia/PDF/CAMBIO/2USODELSUELO.PDF>> [Consulta: 06 agosto 2011].

MINVU. Manual de Aplicación de Reglamentación Térmica. . [En línea] Disponible en: <http://www.minvu.cl/opensite_20070417155724.aspx> [Consulta: 15 de marzo 2013].

MARDONES, M., (1978). El sitio geomorfológico de las ciudades de Concepción y Talcahuano. Instituto de Antropología, Historia y Geografía, Concepción: Universidad de Concepción.

MARDONES, M., (1995). Zonificación y evaluación de riesgos naturales, en el área metropolitana de Concepción. Informe Final Fondecyt 92-0251.

MARDONES M., y VIDAL C., (2004). La zonificación y evaluación de los riesgos naturales de tipo geomorfológico: un instrumento para la planificación urbana en la ciudad de Concepción. Revista EURE. Vol. 27 pp97-122 Septiembre 2001.

Mc AUSLAN, P. (1985) Tierra urbana y vivienda, las opciones de los pobres. Editorial Herat Scan.

MENDOZA M., BOCCO G., GRANADOS E., BRAVO M. (2002). Implicaciones hidrológicas del cambio de la cobertura vegetal y uso del suelo: una propuesta de análisis espacial a nivel regional en la cuenca cerrada del lago de Cuitzeo, Michoacán, México. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. Núm 49. pp 92-117.

MEMON R., LEUNG Y., & CHUNHO L., (2008). A review on the generation, determination and migration of Urban Heat Island. Journal of Environmental Sciences (20), 120-128.

MINEDUC. Ministerio de Educación de Chile. "La ciudad Contemporánea". [En línea] Disponible en: <http://www.educativo.utralca.cl/medios/educativo/estudiantes/diferencial/03/historia_y_ciencias_sociales_-la_ciudad_contemporanea_.pdf> [Consulta: 04 de agosto 2012].

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, ESPAÑA., (2007). Libro verde de medio ambiente urbano. Tomo I. Red de redes de desarrollo local sostenible. [En línea] Disponible en: <<http://bcnecologia.net/documentos/libroverde.pdf>> [Consulta: 04 de agosto 2011].

MINVU-CONAMA (2003) La dimensión ambiental aplicada en la elaboración de Planes Reguladores Comunes. Revista Urbano ISSN (versión impresa) 0717-3997. [En línea] Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=19800806>> [Consulta: 13 de enero 2013].

MOLINA M., (2007) Efectos de los tipos de urbanización asociados al crecimiento urbano del área metropolitana de Santiago sobre la generación y comportamiento de micro islas de calor. Memoria para optar al Título de Geógrafo. Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Santiago de Chile, 2007.

MORRIS C., I. SIMMONDS, N. PLUMMER, (2001). Quantification of the influences of wind and cloud on the nocturnal urban heat island of a large city. *Journal of Applied Meteorology* 40: 169–182.

MOSCOSO C., (2007). Cambios en los usos y coberturas de suelo y sus efectos sobre la escorrentía urbana. Valparaíso y Viña del mar, período 1980-2005. Memoria para optar al Título de Geógrafo. Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Santiago de Chile, 2009.

MUÑOZ M., (2003) La dimensión ambiental de los instrumentos de Planificación. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. *Revista Urbano* ISSN (versión impresa) 0717-3997. [En línea] Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=19800711> > [Consulta: 23 de diciembre 2012].

MYLLYLA., S. y KUVAJA, K., (2005). Societal premises for sustainable development in large southern cities. *Global Environmental Change* 15:224-237.

OKE, T., (1987). *Boundary Layer Climates*. Segunda Edición. London, Routledge.

OKE, T., & VOOGT J., (1997). Complete urban surface temperatures. *Journal of Applied Meteorology*, 9 (36), 1117-1132.

OKE T., (1998). The thermal regime of urban parks in two cities with different summer climates, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 19, N°. 11, 2085 - 2104.

OKE. T., (2004) Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites. Instruments and observing methods, Report N°81, World Meteorological Organization (2004)

PADEM (2012). Plan anual de desarrollo Educacional Municipal, Talcahuano. [En línea] Disponible en: < <http://www.daemtalcahuano.cl/files/PADEM%202012.pdf> > [Consulta: 04 de mayo 2013].

PAULEIT. S y DUHME, F. (2000). Assessing the environmental performance of land cover types for urban planning. *Landscape and Urban Planning*. Vol. 52. pp. 1-20

PAULEIT, S., ENNOS, R., and 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, Ed. Elsevier.

PEÑA, M. y ROMERO, H. (2006). Relación espacial y estadística entre las islas de calor de superficie, las coberturas vegetales, la reflectividad y el contenido de humedad del suelo, en la ciudad de Santiago y su entorno rural. Anales de la Sociedad de Ciencias Geográficas de Chile 2005. Pp. 107 – 117.

PEÑA M., (2007). Efecto de isla de calor en Santiago. [En línea] Disponible en: <http://www.oterra.cl/docs/ecoamerica_icu.pdf> [Consulta: 30 de septiembre 2011].

PÉREZ L., ESPINOZA L., (2006) El espacio público de Concepción. Su relación con los planes reguladores urbanos (1940-2004). Revista Urbano ISSN (versión impresa) 0717-3997. [En línea] Disponible en: < <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=19813907> > [Consulta: 13 de enero 2013].

PÉREZ GONZÁLEZ .Mª E., GARCÍA RODRÍGUEZ. M.ª P Y GUERRA ZABALLOS. A. (2003). Análisis del clima urbano a partir de imágenes de satélite en el centro peninsular español. Anales de Geografía de la Universidad Complutense. Vol. 23. pp. 187-206

PÉREZ L., SALINAS E., (2008). Fragmentos de ciudad. Formas de crecimiento del Concepción metropolitano. Del Proyecto FONDECYT N°1080566 y proyecto DIUC 207.602.001-1.0

PICKETT S, BURCH W, FORESMAN T, MORGAN J, ROWNTREE R, (1997). Referencia para el estudio de los ecosistemas humanos en las áreas urbanas. Traducción y síntesis con fines docentes por Hugo Romero, Octubre de 1999.

PICKETT S., CADENASSO M., GROVE J., (2001). Urban Ecological Systems: Linking terrestrial ecological, physical, and socioeconomic components of Metropolitan Areas. Annu. Rev. Ecol. Syst. . N° 32, pág. 127–57.

PRASHAD, L, (2004). Urban Materials and Temperature in Phoenix: Connecting Land Use, Socioeconomics, and Vegetation and Relating Ground and Air Variables. M.S. Thesis Defense, Arizona State University, May 14, 2004.

PRESSMAN, N., (1996) Sustainable Winter cities: future directions for planning, policy and desing. Atmospheric environment, 30 (3), 521-529.

PUJADAS, R & FONT, J. (1998). Ordenación y planificación territorial. Editorial Síntesis, Barcelona, España.

REES, W. y WACKERNAGEL, M. (1996). Urban ecological footprints: why cities cannot be sustainable · and why they are a key to sustainability. “Environmental Impact Assessment Review” 16:223-248.

RIAÑO, D.; SALAS, J.; CHUVIECO, E. (2000). Corrección Atmosférica y Topográfica, Información Multitemporal y Auxiliar Aplicadas a la Cartografía de Modelos de Combustibles con Imágenes Landsat-TM. Tecnologías Geográficas para el Desarrollo Sostenible. Departamento de Geografía, Universidad de Alcalá, 2000: 222-239.

ROJAS C., OPAZO S., JAQUE E. (2008). Dinámica y Patrones de Crecimiento urbano del área metropolitana de Concepción. Tendencias de las últimas décadas en “Chile: del país urbano al país metropolitano”

ROMERO, H., (1985). Geografía de Chile: Geografía de los climas. Instituto Geográfico Militar, Santiago.

ROMERO, H., (2004). Crecimiento Espacial de Santiago entre 1989 y 2003 y la Pérdida de Servicios Ambientales. Hacer Ciudad, Editor Patricio Tupper, Centro Chileno de Urbanismo, Santiago: 179-201

ROMERO, H. y VÁSQUEZ, A. (2005). La comodificación de los territorios urbanizables y la degradación ambiental en Santiago de Chile Scripta Nova. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales. Barcelona: Universidad de Barcelona, vol. IX, núm. 194 (68). [en línea]: <<http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-194-68.htm>> ISSN: 1138-9788.

ROMERO H, HENRIQUEZ, C, AZÓCAR, G, VÁSQUEZ, A, NAIRCYLENE, do SOUZA, RIVEROS S, MORÁN A., (2005). Sistemas de información geográfica para el desarrollo sustentable de las ciudades chilenas. Universidad del Bío-Bío, Chile.

ROMERO H., MOLINA M., MOSCOSO C., SMITH P., (2006). Cambios de usos y coberturas de los suelos asociados a la urbanización de las metrópolis chilenas. El aporte de la Geografía en la superación de los desequilibrios territoriales y sociales: XXVII Congreso Nacional y XX Internacional de Geografía. Oct. 17 – 20, Concepción, Chile.

ROMERO, H., MOLINA, M., MOSCOSO, C., SARRICOLEA, P., SMITH, P. y VASQUEZ, A. (2007). Caracterización de los cambios de usos y coberturas de suelos causados por la expansión urbana de Santiago, análisis estadístico de sus factores explicativos e inferencias ambientales. En DE MATTOS C., HIDALGO R. (Editores), Santiago de Chile, Movilidad Espacial y Reconfiguración Metropolitana. pp. 251-270.

ROMERO, H., MOLINA, M., MOSCOSO, C., SARRICOLEA, P. Y A. VÁSQUEZ., (2008). Cambio climático y sustentabilidad urbana de las metrópolis chilenas. II Coloquio Chile Metropolitano, Universidad del Bío-Bío, Concepción, 20 – 21 Noviembre, 2008.

ROMERO, H. y LÓPEZ, C. (2007). Variaciones de la funcionalidad ambiental del mosaico de paisaje vegetal del Gran Santiago entre 1975 y 2007. Presentación al Coloquio Internacional Construyendo Resiliencia de los Territorios. Instituto de Geografía, Universidad Católica de Valparaíso, 17-19 de octubre de 2007.

ROMERO, H.; IRARRÁZVAL, F.; OPAZO, D.; SALGADO, M. y SMITH, P. (2010). Climas urbanos y contaminación atmosférica en Santiago de Chile. Revista Latinoamericana de Estudios Urbano Regionales, EURE. Pontificia Universidad Católica de Chile, vol. 36, N°109: 35 – 62.

ROMERO H., y SARRICOLEA P., (2010). Análisis de los factores condicionantes sobre las temperaturas de emisión superficial en el área metropolitana de Valparaíso, Chile. ACE año v, núm.14, octubre 2010. [En línea] Disponible en:<[http:// www-cpsv.upc.es/ace/articles_n14/articles_pdf/ace_14_sa_15.pdf](http://www.cpsv.upc.es/ace/articles_n14/articles_pdf/ace_14_sa_15.pdf)> [consulta: 30 de septiembre 2011].

ROMERO H., y VIDAL C., (2012) Expansión Urbana y Vulnerabilidad Socioterritorial ante los desastres naturales de la conurbación Concepción-Talcahuano: Inundaciones de julio de 2006 y del tsunami de febrero de 2010. [En línea] Disponible en: <<http://civdes.uchile.cl/wp-content/uploads/2012/06/Expansi%C3%B3n-urbana-y-vulnerabilidad-socioterritorial-ante-los-desastres-naturales-de-la-conurbaci%C3%B3n-Concepci%C3%B3n-Talcahuano-inundaciones-de-julio-de-2066-y-el-tsumani-de.pdf>> [consulta: 20 de marzo 2013].

RUIZ M., (2005). Evaluación de la situación ambiental de la ciudad de San Juan. República Argentina: Consecuencias del crecimiento urbano sobre los componentes ambientales. Tesis para optar al grado de Magíster en Geografía. Santiago de Chile.

SANCHEZ R., BONILLA A., (2007). Urbanización, Cambios Globales en el Ambiente y Desarrollo Sustentable en América Latina IAI, INE, UNEP. Instituto Interamericano para la Investigación sobre Cambio Global – IAI. [En línea] Disponible en:<<http://www.iai.int>> [Consulta: 15 de agosto 2011].

SANHUEZA R & G AZOCAR (2000) Transformaciones ambientales provocadas por los cambios económicos de la segunda mitad del siglo XIX; provincia de Concepción. Revista Geográfica de Chile Terra Australis 45: 181-194.

SANHUEZA M., PEÑA-CORTÉS F., (2010). Planes Reguladores Comunales en la Región del Biobío: Estado y situación actual. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. Revista Urbano ISSN (versión impresa) 0717-3997. [En línea] Disponible en:< <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=19817730006>> [Consulta: 22 de diciembre 2012].

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, Santiago de Chile, 2009.

SARRICOLEA P., (2008). Análisis de la sustentabilidad del crecimiento de la ciudad de Santiago y sus efectos sobre la configuración de las temperaturas superficiales. Tesis para optar al grado de magister en geografía con mención en recursos territoriales. Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Santiago de Chile, 2008.

SARRICOLEA P., (2012). La isla de calor urbana de superficie y sus factores condicionantes: El caso del área metropolitana de Santiago. Memoria para optar al grado de Doctor. Programa oficial de doctorado: Geografía, Planificación Territorial y Gestión Ambiental. Universidad de Barcelona.

SATTERTHWAITE, D. (1997). ¿Sustainable cities or cities that contribute to sustainable development? *Urban Studies* 34(10):1667-1997.

SECTRA (2009). Secretaría de Planificación de Transporte.

SIBONA, S., (1962). Influencia de los factores potenciales de la industria, los cordones agrícolas, las reservas forestales en la expansión urbana de Concepción. Seminario Arquitectura, Universidad de Chile.

SMITH, P. (2007). Evolución espacial y temporal de la calidad ambiental del paisaje de los humedales de Concepción entre 1975 y 2006. Memoria para optar al título de Geógrafo, Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Santiago de Chile, 2007.

SMITH, P. (2012). Distribución Termal intraurbanas en Santiago de Chile. Aporte a la gestión ambiental de la ciudad a partir de la construcción de un modelo que permita generar un mapa térmico de verano. Tesis de Magíster en Gestión y Planificación Ambiental. Universidad de Chile, Santiago, 2012.

SPANGENBERG, J., PFAHL, S. y DELLER, K. (2002). Towards indicators for institutional sustainability: lessons from an analysis of Agenda 21. *Ecological Indicators* 2(1-2):61-77.

STEWART, I.D. AND OKE, T. (2009). Classifying urban climate field sites by “local climate zones”: The case of Nagano, Japan. IN: Preprint, Seventh International Conference on Urban Climate, 29 June -3 July, Yokohama.

TABLADA, A, DE TROYER. F, BLOCKEN. B, CARMELIET. J y VERSCHURE. H., (2009). On natural ventilation and thermal comfort in compact urban environments – the Old Havana case. *Building and Environment*. Vol 44. pp. 1943–1958

TECCO C., (1999). Periurbanización y Metropolización, desafíos y cuestiones críticas en el área metropolitana Córdoba. Ponencia del Instituto de Investigación y Administración

Pública. Universidad Nacional de Córdoba. [En línea] Disponible en:<<http://www.iifap.unc.edu.ar/imagenes/revistas/12/periurbanizacion.pdf>> [Consulta: 01 de Julio 2011].

THORAYA AHMED OBAID (2007) Estado de la población Mundial 2007. Liberar el potencial del crecimiento urbano. Fondo de Población de la Naciones Unidas UNFPA. . [En línea] Disponible en:<Disponible en: <http://www.unfpa.org/> [Consulta: 25 de Julio 2011].

TURNER, B. and MEYER, W., (1991). Land use and land cover in global environmental change: considerations for study. International Social Science Journal, N° 43, Vol. 4, pp. 669-680

USGS (U.S GEOLOGICAL SURVEY). (2009). Land Cover Trends Project. [En línea] Disponible en: <<http://landcover Trends.usgs.gov/index.html>> [consulta: 08 de abril de 2011].

VASQUEZ A., RIVEROS S., ROMERO H., (2006). Sustentabilidad del desarrollo urbano del gran Concepción: efectos ambientales del crecimiento urbano 1975-2001. PROYECTO FONDECYT 1050423.

VOOGT, J. A. AND OKE, T.R., (2003). Thermal remote sensing of urban climates, Remote Sensing of Environment, 86, pp. 370-384.

VOOGT. J., (2004) . Urban Heat Islands: Hotter Cities. Washington D.C. American Institute of Biological Sciences.

WITHFORD W., ENNOS A.,HANDLEY J., (2001). City form and natural process: Indicators for the ecological performance of urban areas and their application to Merseyside, UK. Elseiver, Landscape and Urban Planning N° 57 pág. 91-103.

WOOD R, HANDLEY J, (2001). Landscape dynamics and the management of change. Landscape Research, Vol. 26, N° 1 pág. 45 – 54.

YUAN, F., M. BAUER, (2007). Comparison of impervious surface area and normalized difference vegetation index as indicators of surface urban heat island effects in Landsat imagery. Remote Sensing of Environment 106: 375-386.

8. – ANEXOS

Anexo 1: Tipología Uso de suelo

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Urbano Superficie construida dentro de un continuo cubierta también por una red de transporte.	Urbanización Superficie construida y ocupada preferentemente por viviendas. Han sido incluidas en esta categoría pequeños sectores comerciales que se encuentran dentro de zonas residenciales y que no son distinguibles en la fotografía aérea debido a la escala.	Baja La superficie construida posee espacios entre una edificación y otra. Se considera como urbanización de baja densidad aquella en donde la superficie construida no supera el 50 % del predio.
		Media Densidad La superficie construida posee espacios entre una edificación y otra. Se considera como urbanización de media densidad aquella en donde la superficie construida está entre el 40 y el 60 % del predio.
		Alta Densidad La superficie construida no posee espacios entre una edificación y otra. Se considera como urbanización de alta densidad aquella en donde la superficie construida supera el 50% de cada predio.
	Industrial Áreas con 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.	
	Transporte Áreas (generalmente de forma lineal) destinadas al sustento del transporte, ya sean carreteras, pistas, calles y avenidas.	Puerto Edificaciones correspondientes al tráfico y estacionamiento de embarcaciones comerciales y particulares

	Espacios Verdes	
	Superficies con vegetación al interior del continuo urbano. Incluidos parques, cementerios y canchas de fútbol.	
	Suelo Desnudo	
	Superficies sin vegetación insertas en el continuo urbano.	
Agrícola	Área de Cultivo	
Extensiones plantadas con viñas u otros cultivos. Actividad primaria llevada a cabo en el área rural y en algunos casos dentro del continuo urbano	Zonas dedicadas a la explotación primaria de hortalizas y/o frutas. (No hay distinción entre viña, parrón u otro tipo de cultivo)	
	Asentamiento Rural	
	Corresponden a asentamientos humanos fuera del límite urbano, generalmente establecidos en zonas agrícolas.	
Vegetación Natural	Espacios Abiertos con poca o nula Vegetación	
Corresponde a la vegetación existente en un área sin o con baja intervención humana. Se compone de vegetación nativa de una zona y especies que se han introducido por condiciones naturales.	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.	
	Espacios Abiertos con Vegetación Densa	
	Formación vegetal principalmente por árboles y también por arbustos donde cada individuo este cercano al otro.	
	Espacios Abiertos con Vegetación Dispersa	
	Áreas de vegetación herbácea y arbustiva con espacios considerables entre individuos. Puede representar la degradación de tierras boscosas o más densas.	
	Tierras de baja pendiente usualmente húmedas saturadas por agua casi todo el año	

Anexo 2: Resultados ANOVA Uso de suelo-Temperatura de Emisión Superficial

Uso de suelo	Año	no posee diferencia en promedios				posee diferencia en promedios				no aplica					
		Cultivo	E.A con p/n veg.	E.A con veg densa	E.A con veg dispersa	Espacio Verde	Industria menor o galpón	Industrial	Res. Alta densidad	Res. Baja densidad	Res. Med. Den c/v	Res. Med. Den s/v	Suelo desnudo urbano	Suelo desnudo No urbano	Transporte
Com/serv	1986	2,7382	,9939	3,8730	2,0856	,4378	-,2895	-,7909	-,3526	,6714	-,9291	-,1460	-,15370	,1212	-2,5663
	1998	,6972	-,1623	2,4227	2,1387	,1190	-,2463	,0010	-,4117	,0627	-,5617	-,0658	-,12471	,4576	-1,4756
	2009	,4146				,8528	-,9372	-,4097	-,2662	,6851	,2047	,5885	-,21171		-2,2303
Cultivo	1986		-,17443	1,1349	-,6525	-2,3003	-3,0276	-3,5290	-3,0907	-2,0668	-3,6672	-2,8842	-4,2752	-,26169	-5,3044
	1998		-,8595	1,7254	1,4415	-,5783	-,9436	-,6962	-1,1090	-,6345	-,12589	-,7630	-,19444	-,2397	-2,1728
	2009					,4382	-,13517	-,8242	-,6807	,2705	-,2098	,1739	-,25317		-2,6449
E.A con p/n veg.	1986			2,8791	1,0917	-,5561	-1,2834	-1,7848	-1,3465	-,3225	-1,9230	-1,1399	-2,5310	-,8727	-3,5602
	1998			2,5850	2,3010		,2812	-,0840	,1633	-,2494	,2250	-,3994	,0965	-,10848	-,6199
	2009														
E.A con veg densa	1986					-,17874	-3,4352	-4,1625	-4,6639	-4,2256	-3,2017	-4,8021	-4,0191	-5,4101	-3,7518
	1998					-,2840	-2,3037	-2,6690	-2,4216	-2,8344	-2,3599	-2,9843	-2,4885	-3,6698	-1,9511
	2009														
E.A con veg dispersa	1986					-,16478	-2,3751	-2,8765	-2,4382	-1,4143	-3,0147	-2,2317	-3,6227	-,19644	-4,6519
	1998					-,20198	-2,3851	-2,1377	-2,5505	-2,0760	-2,7004	-2,2045	-3,3858	-,16811	-3,6143
	2009														
Espacio Verde	1986						-,7273	-1,2287	-,7904	,2335	-1,3669	-,5839	-1,9749	-,3166	-3,0041
	1998						-,3653	-,1179	-,5307	-,0562	-,6806	-,1847	-1,3661	,3386	-1,5945
	2009						-,17900	-1,2624	-1,1189	-,1677	-,6481	-,2643	-2,9699		-3,0831
Industria menor o galpón	1986						-,5014	-,0631	,9608	-,6396	,1434	-1,2476	-,4107	-,22768	
	1998						-,2474	-,1654	,3091	-,3153	-,1806	-1,0008	,7039	-1,2293	
	2009						,5275	,6710	1,6223	1,1419	1,5257	-,11799		-1,2932	
Industrial	1986						,4383	1,4623	-,1382	,6449	-,7462	-,9121	-,17754	-,14766	
	1998						-,4128	,0617	-,5627	-,0668	-,12481	,4566	-,14766		
	2009						,1435	1,0948	,6144	,9981	-,17075		-1,8207		
Res. Alta densidad	1986									1,0239	-,5765	,2066	-1,1845	,4738	-2,2137
	1998									,4745	-,1499	,3460	-,8354	,8693	-1,0639
	2009									,9512	,4709	,8546	-,18510		-1,9642
Res. Baja densidad	1986										-,16004	-,8174	-2,2084	-,5501	-3,2376
	1998										-,6244	-,1285	-1,3099	,3948	-1,5383
	2009										-,4804	-,0966	-2,8022		-2,9154
Res. Med. Den c/v	1986										,7830	-,6080	1,0503	-,16372	
	1998										,4959	-,6855	1,0192	-,9139	
	2009										,3838	-2,3218		-2,4351	
Res. Med. Den s/v	1986											-,13910	,2673	-2,4202	
	1998											-,11813	,5234	-1,4098	
	2009											-,27056		-2,8188	
Suelo desnudo urbano	1986												1,6583	-1,0292	
	1998												1,7047	-,2285	
	2009													-,1132	
Suelo desnudo No urbano	1986													-,26875	
	1998													-,19332	
	2009														

Anexo 3: Resultados ANOVA Uso de suelo-NDVI

Uso de suelo	Año	no posee diferencia en promedios				posee diferencia en promedios					no aplica				
		Cultivo	E.A con p/n veg.	E.A con veg densa	E.A con veg dispersa	Espacio Verde	Industria menor o galpón	Industrial	Res. Alta densidad	Res. Baja densidad	Res. Med. Den c/v	Res. Med. Den s/v	Suelo desnudo urbano	Suelo desnudo No urbano	Transporte
Com/serv	1986	-,1104	-,1010	-,2238	-,2058	-,0468	,0649	,0941	,0209	-,0063	,0885	,0740	-,0435	-,0101	,0717
	1998	-,2080	-,1730	-,3730	-,2664	-,1427	,0230	,0690	,0652	-,0849	,0651	,0496	,0195	-,0894	-,0107
	2009	-,1412				-,1692	-,0196	,0430	,0361	-,1167	,0467	-,0162	-,0732		-,0112
Cultivo	1986		,0094	-,1134	-,0954	,0636	,1754	,2046	,1314	,1041	,1989	,1844	,1540	,1004	,1821
	1998		,0350	-,1650	-,0584	,0653	,2310	,2770	,2732	,1231	,2731	,2576	,2275	,1186	,1973
	2009					-,0280	,1216	,1842	,1773	,0245	,1879	,1250	,0679		,1300
E.A con p/n veg.	1986			-,1228	-,1048	,0542	,1660	,1952	,1219	,0947	,1895	,1750	,1446	,0910	,1727
	1998			-,2000	-,0934	,0303	,1960	,2420	,2382	,0880	,2381	,2225	,1925	,0835	,1622
	2009														
E.A con veg densa	1986				,0180	,1770	,2887	,3179	,2447	,2175	,3123	,2978	,2674	,2138	,2955
	1998				,1066	,2303	,3960	,4420	,4382	,2881	,4381	,4226	,3925	,2836	,3623
	2009														
E.A con veg dispersa	1986					,1590	,2707	,3000	,2267	,1995	,2943	,2798	,2494	,1958	,2775
	1998					,1237	,2894	,3354	,3316	,1815	,3315	,3160	,2859	,1769	,2556
	2009														
Espacio Verde	1986						,1118	,1410	,0678	,0405	,1353	,1208	,0904	,0368	,1185
	1998						,1657	,2117	,2079	,0577	,2078	,1922	,1622	,0532	,1319
	2009						,1496	,2122	,2053	,0525	,2159	,1530	,0960		,1580
Industria menor o galpón	1986							,0292	-,0440	-,0712	,0235	,0091	-,0214	-,0750	,0068
	1998							,0460	,0422	-,1079	,0421	,0266	-,0035	-,1125	-,0338
	2009							,0626	,0557	-,0971	,0663	,0034	-,0536		,0084
Industrial	1986								-,0732	-,1004	-,0057	-,0201	-,0506	-,1042	-,0224
	1998								-,0038	-,1539	-,0039	-,0194	-,0495	-,1585	-,0798
	2009								-,0069	-,1597	,0037	-,0592	-,1162		-,0542
Res. Alta densidad	1986								-,0272	,0675	,0531	,0226	-,0310	,0508	
	1998								-,1501	-,0001	-,0156	-,0457	-,1546	-,0759	
	2009								-,1528	,0106	-,0523	-,1094		-,0473	
Res. Baja densidad	1986								,0948	,0803	,0498		-,0038	,0780	
	1998								,1500	,1345	,1044		-,0045	,0742	
	2009								,1634	,1005	,0435			,1055	
Res. Med. Den c/v	1986										-,0145	-,0449	-,0985	-,0168	
	1998										-,0155	-,0456	-,1545	-,0759	
	2009										-,0630	-,1200		-,0579	
Res. Med. Den s/v	1986											-,0304	-,0840	-,0023	
	1998											-,0301	-,1390	-,0603	
	2009											-,0570		-,0050	
Suelo desnudo urbano	1986												-,0536	,0282	
	1998												-,1090	-,0303	
	2009													,0621	
Suelo desnudo No urbano	1986													,0818	
	1998													,0787	
	2009														