

## **Ecología Urbana de las Ciudades Intermedias Chilenas** Urban Ecology of Chilean Intermediate Cities

Hugo Romero<sup>1,2</sup>, Gerardo Azócar<sup>2</sup>, Fernando Ordenes<sup>1</sup>, Alexis Vásquez<sup>1</sup> y Ximena Toledo<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Geografía y Magíster en Gestión y Planificación Ambiental de la Universidad de Chile

<sup>2</sup> Centro EULA de Ciencias Ambientales de la Universidad de Concepción

<sup>3</sup> Departamento de Ciencias Sociales de la Universidad de La Frontera, Temuco

**Proyecto Fondecyt 100828**

### **Resumen**

Las ciudades intermedias constituyen complejos mosaicos socio-espaciales, en que se combinan los componentes y atributos del medio natural con el medio socio-económico-cultural. Si bien cabría esperar la existencia de problemas ambientales menores dado el tamaño más reducido, naturaleza más compacta y menor complejidad de las ciudades intermedias chilenas, en comparación con las ciudades grandes del país, la segregación socio-espacial introduce una mayor heterogeneidad a los medio ambientes. La ecología urbana es analizada en cuanto a sus diferentes definiciones y como ciencia ecológica-social integrada, revisándose sus *en* y *de* la ciudad, así como las bases de la integración entre la heterogeneidad espacial de los ecosistemas y las diferencias sociales, respecto al acceso a los recursos críticos, que explican las diferencias socio-ambientales. Las aplicaciones de la ecología urbana incluyen la implementación y análisis de sistemas de información ambiental que permiten evaluar la degradación de los medio ambientes naturales y la segregación socio-ambiental que caracteriza a las ciudades intermedias chilenas. Se evalúan los atributos y funciones ambientales de la ecología de los paisajes urbanos y se proponen estructuras espaciales que contribuyan al desarrollo sustentable de las ciudades intermedias chilenas.

### **Abstract**

Medium-size cities constitute complex socio-spatial mosaics that combine components and attributes of the natural environment with the characteristics of the socio-economic environment. It would be possible to expect minor environmental problems in medium-size cities, given their smaller and compacted size, and lesser complexity, in comparison with Chilean larger cities. However, socio-spatial segregation introduces a rather large heterogeneity than natural environments by themselves. Urban ecology is analysed following their different meanings and approaches and like an integrated socio-ecological science, reviewing contributions from ecology *in* and *of* the cities, and also the basis for a real integration between the ecosystem spatial heterogeneity, and the social differences, particularly in terms of the access to the critical resources that explain the existence of socio-environmental differences. Applications of the urban ecology includes the implementation and analyses of environmental information systems that allow the assessment of environmental degradation and the spatial segregation that characterise the Chilean medium-size cities. Attributes and functions of the urban ecological landscapes are assessed and new spatial are proposed as a contribution to their sustainable development.

### **1. La sustentabilidad ambiental de las ciudades intermedias**

La construcción de ciudades constituye la más drástica, fundamental e irreversible transformación de los sistemas ambientales naturales. La ciudad es definida como un “medio ambiente urbano”, para diferenciarla del resto del territorio y referirse al conjunto individual y sinérgico de nuevos componentes que se origina debido a la concentración espacial de sus habitantes, residencias, actividades e infraestructuras. El medio ambiente construido implica componentes, artefactos e interrelaciones propios de la condición urbana: el clima local es

reemplazado por el clima urbano, caracterizado por la generación de islas de calor, humedad y ventilación; los suelos son cubiertos por residencias, comercios, calles y estacionamientos, cambiando completamente sus características de estructura, textura e impermeabilización. El contenido de humedad en el suelo disminuye drásticamente debido al predominio del escurrimiento sobre la infiltración; los humedales son drenados y desecados; los ríos, esteros y quebradas son alineados, canalizados, obstruidos y hasta hechos desaparecer de la superficie terrestre. El aire, las aguas y los suelos son contaminados por gases, partículas en suspensión, vertidos líquidos y residuos sólidos domésticos e industriales.

La vegetación natural y cultivada que se encuentra al interior y alrededor de las ciudades es severamente degradada o eliminada por el proceso de urbanización. En forma creciente y paulatina, las superficies con vegetación son cubiertas por los usos urbanos de los suelos, lo que implica reducir las áreas verdes y con ello los servicios ambientales que ofertan al medio ambiente: regulación de las islas de calor, recarga de los acuíferos, humidificación de la atmósfera mediante la evapotranspiración; limpieza y reciclaje del aire; filtro biológico de aguas y suelos contaminados; provisión de hábitats de vida silvestre y corredores de biodiversidad, etc.

La diversidad de las especies, ecosistemas y comunidades naturales es simplificada al máximo, generándose múltiples paisajes ecológicos heterogéneos pero de escasa riqueza biológica, predominando las especies cultivadas y domesticadas. Los servicios ambientales son reducidos y muchas veces eliminados.

Se puede asumir que el tipo y grado de las transformaciones del sistema ambiental urbano se relacionan directamente con el tamaño de la población y del espacio geográfico ocupado por las ciudades. Dado que las ciudades intermedias corresponden a poblaciones y extensiones geográficas mucho menores que las grandes ciudades y metrópolis, cabría esperar que la magnitud y extensión espacial de las islas de calor, humedad y ventilación sean igualmente menores. De igual manera, los índices de humedad del suelo, las superficies cubiertas por áreas verdes y la fragmentación de los ecosistemas, serían igualmente proporcionales al tamaño geográfico y demográfico de estas ciudades.

La calidad de los paisajes naturales urbanos, entendida como una síntesis, por ejemplo, de las características climáticas, vegetales y de humedad del suelo que se encuentran al interior de las ciudades, debería ser más alta en la medida que las ciudades sean más pequeñas y compactas o bien que hayan implementado planes específicamente orientados a conservar o mejorar sus estándares ambientales.

La ecología de los paisajes urbanos de las ciudades intermedias, por su parte, debería representar a través de la diversidad, tamaño, conectividad y formas espaciales de los parches y corredores vegetales, la mayor cantidad y calidad de los servicios ambientales que ofrece. La existencia de un mosaico variado y espacialmente articulado de áreas verdes al interior y exterior de las ciudades, de diversos tamaños y niveles de conectividad y estratégicamente localizados para asegurar sus funciones ambientales (control de los climas urbanos, recarga de los acuíferos, fuentes de biodiversidad), deberían ser considerados como indicadores del mejor desempeño o "performance" ambiental.

La relativa homogeneidad y simplificación de los ecosistemas naturales ubicados al interior de las ciudades, se transforma en alta heterogeneidad y diversidad cuando se consideran los medios ambientes socio económicos. La ciudad se representa como un *medio ambiente socialmente construido* y por lo tanto, que contiene y expresa la complejidad de las estructuras, redes y valores sociales, económicos, culturales y políticos de que participan sus habitantes. Las ciudades intermedias chilenas corresponden a complejos mosaicos socio-ambientales, en los cuales, las características, estructura y funcionamiento de los ecosistemas, se corresponden con los diferentes niveles socioeconómicos de sus habitantes.

En consecuencia, y contrariamente a lo que cabría esperar dado el tamaño y complejidad de las ciudades, cada área ambiental tiende a representar las condiciones de vida de un estrato socio-económico-cultural definido, señalando la importancia de la fragmentación social del espacio urbano y la segmentación económica de sus mercados. Como en el caso de las

grandes ciudades, dependiendo de cuál sea el área de la ciudad en la que se habita, trabaja, compra o requieren servicios, serán las condiciones de calidad del aire, agua y suelos, los riesgos naturales que se enfrentan, la posibilidad de tener o no acceso a áreas verdes, la abundancia o carencia de seguridad ciudadana, el acceso a los bienes y servicios urbanos, etc. Si la sociedad se encuentra fragmentada y predomina la falta de relaciones espaciales entre sus habitantes, debido a que las condiciones de ingreso son enormemente desiguales, y si de ello depende la accesibilidad a los lugares donde se obtienen servicios urbanos; si se observa un desconocimiento mutuo entre sus habitantes en términos de sus valores y pautas culturales, o bien si faltan espacios y servicios públicos especialmente diseñados e implementados para reunir a los distintos grupos sociales, y se carece de identidad cultural y sentido de pertenencia a la ciudad, se estará en presencia de la segregación socio-ambiental, lo que quiere decir que los bienes y servicios ambientales, tales como aire de calidad, aguas limpias, seguridad y tranquilidad han llegado a ser privativos de un sector que puede pagar por ello, mientras la mayoría de la sociedad es excluida del acceso a ellos. Esta situación contraría la misión de la política pública, que debe asegurar la equidad de acceso a los bienes y servicios que constituyen la ciudad como proyecto histórico y colectivo.

## **2. La Ecología Urbana**

### **2.1. Ecología en las ciudades**

Existen diferentes significados para el término Ecología Urbana (Sukkop, 1998; Pickett et al., 2001). El primero, conocido también como enfoque científico, se refiere a los estudios sobre la distribución y abundancia de los organismos al interior y alrededor de las ciudades, y a los balances biogeoquímicos de las áreas urbanas (enfoque biogeofísico). Un segundo significado es el empleado por la planificación urbana, que debe asegurar la disponibilidad de *amenidades* para la gente que vive en las ciudades y reducir sus impactos ambientales (Deelstra, 1998). Un tercer significado, por último, pretende integrar ambos enfoques dentro de un marco de referencia socio-ecológico (Pickett et al., 2001).

A su vez, dentro del enfoque científico, se reconoce la existencia de dos énfasis distintos. El primero ha sido llamado ecología *en* las ciudades, y considera a las estructuras ecológicas y a las funciones de los hábitats de los organismos que existen dentro de las ciudades. El segundo enfoque, más reciente, se denomina ecología *de* las ciudades (Grimm et al., 2000), y considera a éstas en forma global desde perspectivas ecológicas.

La ecología *en* las ciudades se ha concentrado en el estudio de los ambientes urbanos naturales (suelos, climas, plantas y vegetación, animales y vida silvestre), como una tarea necesaria para comprender los ecosistemas urbanos, a partir de estudios de casos, sin que se hayan conseguido hasta ahora temas unificadores. Un ejemplo de ello es el estudio de las características y causas de la formación de islas de calor y de sus efectos ecológicos, tales como el apareamiento más temprano de las hojas y la floración dentro de las ciudades.

Respecto a la hidrología urbana, la comparación entre las ciudades y las áreas no-urbanas (Pickett et al., 2001), indica que en las primeras, de un total de 100 unidades de precipitación, la evapotranspiración disminuye entre 40 y 25% en comparación con las segundas, en tanto que el escurrimiento superficial aumenta desde 10 a 30%. El agua subterránea bajo la ciudad, disminuye de 50 a 32%, mientras que el 43% de las precipitaciones caídas se debe evacuar de las áreas urbanas a través de los colectores de aguas lluvias.

Los cambios en el comportamiento de los componentes del ciclo hidrológico en las ciudades se deben en gran medida al aumento de las tasas totales de impermeabilización, que son el resultado de la pavimentación de las superficies, los techos y las paredes de las construcciones, y de la eliminación de las cubiertas del suelo que son absorbentes de las

aguas lluvias. De esta manera, el rol de la impermeabilización es crucial para el funcionamiento de las cuencas urbanizadas (Romero et al., 2003).

La hidrología de las cuencas urbanizadas es modificada además por otros factores, como por ejemplo, la reducción de las coberturas de los follajes de los árboles, con lo cual disminuye el coeficiente de intercepción foliar de las aguas de lluvia, las que alcanzan el suelo en mayor cantidad y con más energía potencial que en las áreas rurales, por lo cual sellan el suelo. La urbanización aumenta las tasas de escorrentía y acorta el tiempo transcurrido entre el comienzo de las lluvias y su posterior escurrimiento (Hough, 1995; Paul and Meyer, 2001), incrementando los riesgos de inundación. A su vez, el aumento de la escorrentía superficial incrementa la potencia erosiva de las aguas, cambiando la morfología de los cauces urbanos, que llegan a ser más incididos en sus planos de inundación. La vegetación ripariana (que se extiende a lo largo de ríos y arroyos), por su parte, sufre las consecuencias de la contaminación de las aguas y de los suelos.

Los suelos de los paisajes urbanos retienen y aportan nutrientes, sostienen las construcciones y constituyen el substrato para la flora y fauna, además de absorber y almacenar agua, e interceptan contaminantes, como pesticidas y sustancias tóxicas generadas por las actividades humanas.

Los suelos propios de la ciudad, corresponden a terrenos creados por el Hombre, mediante la deposición de escombros, suelos y rocas en los sitios urbanos, modificando y alterando sus propiedades naturales, mediante la generación de islas de calor, hidrofobicidad, introducción de especies de plantas y animales exóticos, y depositación de contaminantes y de sustancias tóxicas que afectan la calidad de la materia orgánica y consecuentemente a los procesos ecológicos. Estudios practicados en los Estados Unidos a lo largo de gradientes urbano-rurales demuestran que la acción antrópica, expresada a través las variaciones en las densidades de población, porcentajes de impermeabilización y volúmenes de tráfico, determinan altas concentraciones de metales pesados (Cu, Pb, Ni), materia orgánica, sales y suelos ácidos en el horizonte superior (10 cm de profundidad), en los suelos forestados ubicados en las áreas de mayor urbanización (Mc Donneel et al., 1997; Pouyat et al., 1995). Además, los suelos urbanos, construidos, perturbados físicamente y alterados por la depositación de diversos materiales, disminuyen fuertemente la cantidad de Carbono almacenado, lo que junto a las variaciones de Nitrógeno, indican la ocurrencia de complejos procesos biogeoquímicos en el medio ambiente urbano.

El medio ambiente urbano afecta también la estructura y composición de la vegetación. Respecto a la estructura, los árboles urbanos tienden a alcanzar menor densidad de ramas y ser más grandes que sus equivalentes naturales (Lawrence, 1995; McPherson et al. 1997). Los árboles de las calles y de las áreas residenciales de Chicago, por ejemplo, dan cuenta del 24% y 43,7% respectivamente, del área total ocupada por las hojas en la ciudad, (Nowak, 1994). En las regiones forestales de los Estados Unidos, la cubierta de árboles urbanos actual corresponde al 31% de la que existía antes de la urbanización.

En cuanto a la composición vegetal, los bosques de las áreas urbanas difieren de los bosques rurales o silvestres en cuanto a la riqueza de especies y al predominio de especies exóticas. La proporción de especies naturales varía en términos espaciales, entre 30-80/ha<sup>-1</sup> y 3-10/ha<sup>-1</sup> al comparar los suburbios con el centro de Ciudad de México, como consecuencia de las diferencias socio-económico de las residencias, los grados de alteración de los bosques y la mayor distancia a las áreas naturales. Las calles con más tráfico y los caminos al interior de los parques alcanzan un número mayor de especies exóticas.

El patrón de distribución de la vegetación urbana tiene como rasgo característico su heterogeneidad espacial, la que depende a su vez, de la configuración de los paisajes dentro de la ciudad, que resulta de los diversos tipos y densidades de edificaciones, diferentes usos del suelo y distintos contextos socioeconómicos. Los estudios descriptivos que existen, han tratado de interpretar la heterogeneidad espacial de la vegetación urbana como fuente de diversidad ecológica, sugiriendo que la estructura del paisaje jugaría un rol ecológico funcional. Sin embargo, no hay estudios explicativos que documenten los procesos de cambio que sufre la

vegetación urbana en términos sucesionales o debido a sus interrelaciones funcionales, lo que resultaría fundamental de dilucidar antes de atribuirle funciones ecológicas.

Respecto a la fauna y vida silvestre en las ciudades, los estudios señalan que la existencia y abundancia de especies y la composición de las comunidades, se relacionan en forma inversa con las densidades de población y de edificaciones. La heterogeneidad espacial de la fauna urbana ha sido reconocida por los enfoques ecológicos que se basan en el estudio de sus relaciones con la fitosociología florística de los sitios en las ciudades, que ha permitido documentar los cambios en la composición de la avifauna, por ejemplo. Las especies exóticas generalistas, como palomas y loros pueden constituir entre el 80 y 95% de las comunidades de aves en el verano e invierno, respectivamente, al interior de las ciudades.

En el caso de los mamíferos, su abundancia y distribución, dependen del tamaño y configuración de los parches vegetales que les sirven de hábitat y de los efectos que introduce el bloqueo ejercido por la ciudad a sus patrones de migración. Por ejemplo, las cantidades de ratones aumentan con el porcentaje de áreas pavimentadas, existencia de barreras a su emigración y reducción del tamaño de los parches vegetales.

## **2.2. Ecología de las ciudades**

Los numerosos conocimientos descriptivos acumulados sobre la ecología en las ciudades, no han permitido comprender aún cómo interactúan los diversos componentes ecológicos, sociales y económicos de las ciudades y, por lo tanto, disponer de una evaluación de las retroalimentaciones y vinculaciones entre ellos, para poder participar en la planificación y toma de decisiones ambientalmente sustentables. El enfoque centrado en procesos e interrelaciones complejas se denomina Ecología de las Ciudades y puede ser ilustrado por las investigaciones existentes sobre la relación entre riqueza de las especies y tamaño de las poblaciones humanas en las ciudades. El número de las especies aumenta con el logaritmo de los habitantes urbanos, siendo entre 530 y 560 en las ciudades pequeñas, y sobre 1000 especies en las ciudades entre 100.000 y 200.000 habitantes (Sukkop, 1998).

Los balances biogeofísicos aplicados al consumo energético de las ciudades han constituido los primeros enfoques ecológicos modernos para estimar los servicios ambientales prestados por la naturaleza al desarrollo urbano sustentable. Entre los aportes más recientes se encuentran las estimaciones sobre la cantidad de contaminantes atmosféricos y Carbono que capturan (“secuestran”) los árboles urbanos. Por ejemplo, en Chicago se ha estimado que los árboles secuestran 5.575 toneladas métricas de contaminantes y 315.800 toneladas métricas de C en un año, a una tasa promedio de 17 toneladas métricas por hectárea en un año (McPherson et al., 1997). En los climas mediterráneos, los árboles urbanos secuestran 11 toneladas métricas de C ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> y los bosques naturales 55 toneladas métricas ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (Zipperer et al., 1997).

Los estudios contemporáneos sobre la ecología de las ciudades que reconocen la complejidad de los componentes e interrelaciones entre la naturaleza y la sociedad, han intentado superar los enfoques ecológicos clásicos, procediendo a integrar las ciencias sociales y físicas en tres aspectos: 1) desarrollando supuestos más inclusivos y menos excluyentes, por ejemplo, respecto a los factores sociales que influyen sobre el funcionamiento de los ecosistemas urbanos; 2) utilizando los enfoques de procesos múltiples y de heterogeneidad espacial que reemplaza los balances biogeofísicos y, 3) procediendo a reemplazar las antiguas teorías reduccionistas, por puentes teóricos y cognitivos entre las ciencias naturales y sociales.

Respecto a las funciones de los ecosistemas, las antiguas teorías las consideraban como propias de sistemas homeostáticos materialmente cerrados. En tanto, la ecología contemporánea de ecosistemas, que está siendo recientemente aplicada a los estudios urbanos, enfatiza los roles de las especies específicas y de las interacciones entre las comunidades. Consecuente con lo anterior, uno de los rasgos más importantes de la ecología contemporánea es el uso de teorías que puedan servir para la integración entre los científicos

sociales y naturales, superando los intentos de la clásica Escuela de Chicago, que trabajó a comienzos del siglo XX sobre la base de la sucesión y competencia entre comunidades.

### **2.3. El enfoque de la ecología urbana en la planificación**

El enfoque de Ecología Urbana en la planificación se basa en el trabajo de McHarg (1969, 2000) que incorporó su “Diseño con la Naturaleza” a los planes regionales, interrelacionando el conocimiento ecológico y sobre los rasgos naturales con los criterios económicos, sociales e ingenieriles. En una versión más reciente, Spirn (1984) examinó como los procesos naturales están imbuidos en las ciudades y cómo las interacciones entre el medio construido y los procesos naturales afectan la salud y economía de las comunidades humanas.

La perspectiva de planificación de la ecología humana ha sido especialmente fuerte en Europa y en especial en Alemania, donde han existido programas nacionales para el mapeo de biotopos de las ciudades a través de los cuales se pretende identificar tipos de hábitats que son significativos para 1) proteger los recursos naturales, 2) ofrecer calidad de vida y 3) otorgar un sentido de lugar e identidad a los habitantes de la ciudad.

### **2.4. Un marco de referencia integrado para los estudios ecológicos urbanos**

De acuerdo a Pickett et al. (2001) existen tres oportunidades para mejorar la teoría que permita comprender los sistemas urbanos. Primero, antes que modelar los sistemas humanos y los sistemas biogeofísicos en forma separada, se deberían usar marcos de referencia integrados que traten ambos componentes sobre las mismas bases (fig.1). Segundo, conociendo que la estructura espacial de los ciclos biogeoquímicos puede ser significativa para el funcionamiento de los sistemas urbanos, es posible asumir que su heterogeneidad espacial tiene también significado ecológico. Tercero, las visiones de la teoría jerárquica pueden organizar tanto los modelos espaciales de los sistemas urbanos como la estructura teórica que se desarrolle para comprenderlos.

#### **2.4.1. Ecología social y diferenciación social**

Una de las herramientas más importantes para la integración entre las ciencias biogeofísicas y sociales es el fenómeno de la diferenciación social. En efecto, todas las especies biológicas están caracterizadas por patrones y procesos de diferenciación social. La diferenciación social o morfología social se explica por la existencia de identidades (edad, género, clase, etc.) y jerarquías sociales.

La diferenciación social es importante para los sistemas ecológicos humanos porque afecta la asignación de los recursos críticos, incluyendo los recursos naturales, socioeconómicos y culturales. En esencia, y según Pickett et al. (2001), la diferenciación social determina “quién obtiene qué, cuándo, cómo y por qué”. Esta asignación de recursos críticos en forma no igualitaria explica la organización de la sociedad según diversas jerarquías. El acceso desigual y el control de los recursos críticos entre los residentes de la ciudad, comunidades, regiones, naciones y sociedades, es un hecho regular.

Los tipos de jerarquía sociocultural que son claves para explicar los patrones y procesos de los sistemas ecológicos humanos son la riqueza, el poder, el estatus, el conocimiento y el territorio (Pickett et al., 2001). La riqueza consiste en el acceso y control de los recursos materiales expresados como recursos naturales, capital o crédito. El poder es la capacidad de un grupo social para alterar el comportamiento de los otros, mediante la coerción explícita e implícita. El poderoso, por lo tanto, tiene acceso a recursos que son negados a los pobres. El estatus, por su parte, es el acceso al honor y al prestigio y se refiere a la posición relativa de un individuo o

grupo en una jerarquía informal de mérito social. Por otro lado, el conocimiento es el control o acceso sobre tipos especializados de información técnica, científica o religiosa, y provee de ventajas en términos del acceso y control de los recursos críticos y servicios de las instituciones sociales. Finalmente, el territorio es la expresión espacial del acceso y control sobre los recursos críticos a través de los derechos formales e informales de propiedad.

La diferenciación social de los sistemas ecológicos humanos posee una dimensión espacial, caracterizada por patrones de territorialidad y heterogeneidad. Cuando se combinan los enfoques de ecosistemas y del paisaje, las preguntas de investigación cambian desde “quién obtiene qué, cuándo, cómo y por qué” a “quién obtiene qué, cuándo, cómo, por qué y dónde” y subsecuentemente, cuáles son las interrelaciones recíprocas entre patrones espaciales y patrones de efectos socioculturales y biogeofísicos.

#### **2.4.2. Heterogeneidad Espacial**

La investigación del paisaje humano puede ser entendida como el estudio de las interrelaciones recíprocas entre los patrones de heterogeneidad espacial y los procesos biogeofísicos y socioculturales. Cuando se combinan los enfoques de ecosistemas humanos y de paisajes, los tipos de ecosistemas humanos son definidos como áreas homogéneas considerando una mezcla de variables biogeofísicas y socioculturales. Los análisis se concentran en este caso sobre dos asuntos primarios: 1) El desarrollo y dinámica de la heterogeneidad espacial, y 2) La influencia de los patrones espaciales sobre los ciclos y flujos de recursos críticos del ecosistema (energía, materiales, nutrientes, información genética y no genética, población, mano de obra, capital, organizaciones, creencias y mitos).

#### **2.4.3. El marco de referencia de los ecosistemas humanos y los sistemas ecológicos urbanos**

La aplicación del concepto de ecosistema ha sido particularmente importante como marco de referencia para la integración de las ciencias físicas, biológicas y sociales. Para Tansley, el creador del concepto en 1935, los ecosistemas podían ser de cualquier tamaño, en la medida que tratasen las interacciones entre los organismos y el medio ambiente en un área específica. Por lo tanto, no existe una escala determinada o una manera específica de delimitar los ecosistemas. La elección de la escala y de los límites para definir un ecosistema dependen de las preguntas y de los investigadores.

Sin embargo, la aplicación del enfoque de ecosistemas a los ecosistemas humanos requiere de componentes analíticos adicionales (fig.2), puesto que como Machlis (1997:23) ha señalado, “los ecosistemas humanos no son una sobresimplificación ni una caricatura de la complejidad que subyace a ellos. Partes del modelo pertenecen y han sido tratadas por disciplinas específicas y no son nuevas; otras porciones son menos lugares comunes, tales como los mitos y recursos culturales, la justicia o las instituciones críticas. Este modelo es una totalidad razonablemente compleja y un concepto organizador útil para el estudio de los ecosistemas humanos como ciencia de la vida”

Diversos elementos del modelo son críticos para la aplicación de este marco de referencia: 1) Las directrices primarias de la dinámica de los ecosistemas humanos son tanto biogeofísicas como sociales; 2) No hay una directriz simple determinante de los ecosistemas antropogénicos; 3) La importancia relativa de las directrices puede variar en el tiempo; 4) Los componentes fundamentales de este marco de referencia deben ser examinados simultáneamente en interrelación con cada uno de los demás, y 5) Finalmente, los investigadores necesitan examinar cómo las dinámicas biológicas y la asignación social de mecanismos tales como las restricciones ecológicas, intercambios económicos, autoridad, tradición y conocimientos, afectan la distribución de los recursos críticos incluyendo energía, materiales, nutrientes, poblaciones, información genética y no genética, mano de obra, capital, organización, creencias, y mitos dentro de cualquier ecosistema humano (Parker and Burch, 1992)

### 3. Las ciudades intermedias chilenas

Las ciudades intermedias chilenas han experimentado cambios muy relevantes durante las últimas décadas como consecuencia a su vez, de las transformaciones económicas, sociales y culturales que ha vivido el país. La apertura de su economía a los flujos de inversiones, bienes y servicios extranjeros, la desregulación de los mercados, la privatización de los recursos naturales y la transnacionalización de sus industrias y servicios, son hechos que han facilitado el despliegue de los capitales a través de las regiones y encontrado en las ciudades principales de éstas, los nodos necesarios para intermediar entre los flujos globales y locales. En una economía global formada por redes, las capitales y ciudades principales de las regiones se han transformado en lugares privilegiados para localizar algunas de las actividades industriales y de servicios que ofertan insumos a las empresas nacionales y extranjeras dirigidas a los mercados globales, al mismo tiempo que concentran a la población regional y por ello, a la sociedad de consumo, que demanda en forma creciente y segmentada conjuntos de bienes y servicios proveídos por cadenas comerciales, financieras y bancarias que se encuentran en los centros históricos de éstas o bien en avenidas y áreas especializadas en atender a un determinado estrato social urbano.

Desde luego que las ciudades intermedias no se han desarrollado independientemente de las orientaciones socioeconómicas del país en ningún momento de su historia. Borsdorf (2003) ha sistematizado en un modelo general el desarrollo y dinámica de la ciudad latinoamericana. La época colonial (1500-1820) originó una ciudad cuyo principio de estructuración espacial consistió en una fuerte centralización, un gradiente social centro-periferia y una reestructuración socio-espacial en círculos. La primera fase de urbanización rápida, la situó entre 1820 y 1920 y la caracterizó por el rompimiento de la estructura socio-espacial concéntrica por la linealidad de los ejes sociales conformados por los bulevares de la clase alta o por la localización de las industrias a lo largo de las vías férreas. La segunda fase de urbanización rápida se extiende entre 1920 y 1970 y corresponde a la estructuración espacial polarizada, donde las diferentes clases sociales y usos del suelo se localizan en sectores específicos de la ciudad. Los sectores ricos ocupan los "barrios altos" y los pobres los reemplazan al localizarse en el centro, al mismo tiempo que ocupan los sitios eriazos dentro del perímetro y lotes aislados en los bordes de la ciudad. Las industrias prosiguen con su establecimiento a lo largo de autopistas y vías férreas.

La fase más reciente del desarrollo urbano se extiende desde 1970 y se identifica con la ciudad fragmentada, en la medida que los espacios residenciales, industriales y comerciales polarizados que obedecían principalmente a la planificación central del Estado fueron reemplazados por unidades celulares cerradas y aisladas cuya localización responde principalmente a la rentabilidad de los empresarios privados.

Esta división general de las fases del comportamiento de las estructuras espaciales urbanas, debe complementarse con las particularidades históricas y geográficas de cada ciudad intermedia. En el caso de Chile, durante la etapa de desarrollo rural anterior a 1940, las ciudades intermedias presentaron pequeños tamaños, formas muy compactas y fueron más bien homogéneas socialmente, prolongando en forma inercial fases históricas anteriores. Durante la etapa de sustitución de importaciones industriales (1940-1973), muchas de ellas fueron sede de plantas creadas, financiadas y subsidiadas por el Estado, destinadas a manufacturar algunos de los productos regionales especializados, o bien aquellos que le cedía la planificación central. Junto a la crisis de los sistemas de producción agraria que caracterizó a las décadas de los cincuenta y sesenta del siglo XX, las ciudades en vías de industrialización presenciaron la migración de miles de habitantes rurales que ocuparon sus periferias, forzando un crecimiento acelerado de sus espacios urbanos y una segregación espacial relevante. Los espacios centrales fueron sede de los organismos estatales y de abastecimiento de bienes y servicios para una población que a nivel nacional se transformó en predominantemente urbana; los suburbios acogieron con dificultades los nuevos habitantes, mientras que las industrias y



bodegas de almacenaje se extendían a lo largo de las vías de acceso o bien en barrios especialmente acondicionados para ello. El colapso de esta etapa económica y su reemplazo por los principios y políticas de libremercado significaron la desindustrialización de las ciudades intermedias, que no pudieron competir con las metrópolis para mantener sus parques industriales frente a la llegada de productos importados de bajo precio.

En el último cuarto del siglo XX, en Chile se produjo un despliegue espacial de capitales nacionales y extranjeros hacia las áreas productoras de commodities, que presentaban ventajas comparativas en términos del mercado internacional, lo que significó una importante especialización productiva de las regiones (mineras en el norte, agrícolas en el centro y forestales y pesqueras en el sur), la instalación de centros de abastecimiento de bienes y servicios en las ciudades que se localizaban en los lugares centrales de las áreas productivas orientadas a los mercados externos, y la localización de servicios públicos, obedeciendo a la implementación del proceso de regionalización y descentralización iniciado en 1975. Las ciudades centrales para la nueva configuración exportadora del país comenzaron a participar de alguna manera en la jerarquía de la globalización, intermediando entre los flujos de capitales, bienes y servicios provenientes de los cuarteles centrales de las empresas transnacionales, o bien desde las metrópolis nacionales, ofertando los productos y servicios que se pudiesen producir localmente. Desde 1980 las ciudades intermedias comenzaron a privilegiar las instalaciones comerciales y de servicios orientados a satisfacer las crecientes y diversificadas necesidades de consumo de la población asociada directamente a los empleos ofertados por las empresas globales. La conformación de estratos de altos ingresos aumentó los niveles de segregación social y ha servido de estímulo para una etapa de alto crecimiento espacial, caracterizada por la generación de condominios cerrados y “parcelas de agrado” (viviendas ubicadas en medio de áreas rurales y en sitios de a lo menos ½ hectárea que no cambian legalmente su condición de suelo rural). Los mayores ingresos de la población han incentivado la revitalización de los centros históricos mediante la instalación de las sedes locales de instituciones financieras, de salud y educación, así como de empresas comerciales, de telecomunicaciones y muchas otras, que forman parte de cadenas nacionales e internacionales de abastecimiento de bienes y servicios. Las ciudades intermedias no sólo se han extendido geográficamente sino que además se han segregado socio-ambientalmente al conformar mercados urbanos altamente segmentados por los niveles de ingreso y consumo de sus habitantes.

Las ciudades intermedias seleccionadas en este trabajo (Fig.3) obedecen claramente a estas transformaciones. Quillota, ubicada en el centro de la cuenca de Aconcagua y a 100 Km al Norponiente de Santiago se ha especializado en la atención de un área agrícola especializada en la producción y exportación de frutas subtropicales y, más recientemente en la producción de energía de origen termal a gas natural, para satisfacer las demandas de Santiago. Chillán y Los Ángeles, localizadas a 500 y 600 Km al sur de Santiago, respectivamente, son ciudades que han estado en el centro de las transformaciones de las áreas agrícolas tradicionales del centro-sur del país, hacia la producción industrial forestal de maderas y celulosa y hacia cultivos de exportación. Temuco, por su parte, situada a 720 Km al sur de Santiago es el centro urbano más importante para satisfacer las necesidades de bienes y servicios de una extensa área especializada en las explotaciones forestales, agrícolas-ganaderas y turísticas.

#### **4. Alcances metodológicos**

Una de las principales dificultades para poder aplicar los conceptos y modelos de la Ecología Urbana a la evaluación integrada de las condiciones ambientales de las ciudades intermedias chilenas se relaciona con la falta de sistemas de información ambiental. Un sistema de información ambiental es un conjunto de datos e informaciones que permiten conocer el estado de los componentes ambientales biogeofísicos y socio-económicos que constituyen el entorno

en el cual se desarrolla la sociedad y sus actividades cotidianas (sociales, económicas y culturales). Las informaciones proporcionadas por el sistema deben ser representativas de los componentes ambientales y de sus variaciones espaciales y temporales, a escala de paisajes y ecosistemas, y permitir la integración de las variables, con el fin de poder representar la heterogeneidad espacial, cuyas interacciones son fundamentales para comprender el funcionamiento del sistema urbano.

Los sistemas ambientales urbanos resultan ser más complejos que los sistemas naturales en la medida que incluyen, además al medio ambiente construido, es decir a un conjunto de estructuras, funciones y cambios que resultan de la profunda e irreversible transformación de la naturaleza provocadas por las instalaciones humanas. Se trata de objetos que no sólo corresponden a aquellos destinados a satisfacer las necesidades básicas de la sociedad, tales como vivienda, alimentación y reproducción, sino que también numerosos objetos y acciones que representan símbolos propios de las relaciones sociales que existen entre los diferentes grupos, sus capacidades de acumulación material y sus procesos de reproducción social y cultural.

Este trabajo incluye el diseño, implementación y operación de sistemas de información ambientales para un conjunto seleccionado de ciudades intermedias. Estos sistemas de información son geográficos porque incluyen el ingreso, manipulación y despliegue de datos e informaciones espaciales o georreferenciados. Lamentablemente este tipo de datos es el más escaso a nivel de las ciudades intermedias. Por esta razón, se han debido combinar datos e informaciones provenientes de secuencias temporo-espaciales de fotografías aéreas e imágenes satelitales LANDSAT TM, levantamientos de terreno y aplicación de encuestas a la población residente, con el objeto de identificar y clasificar el comportamiento de algunos de los más importantes componentes del medio ambiente natural y socio-cultural.

Respecto al medio ambiente natural los componentes analizados han sido las temperaturas superficiales de emisión, productividad vegetal, biomasa y humedad en el suelo. La integración espacial de estos componentes permitió elaborar una clasificación de la calidad ambiental natural. Las áreas consideradas de alta calidad ambiental urbana concentran temperaturas frías y heterogéneas, elevados índices de productividad biológica y biomasa, y altos contenidos de humedad en el suelo. Los espacios urbanos de más baja calidad ambiental, por el contrario, son áreas que concentran islas de calor, humedad y ventilación y escasa productividad vegetal y biomasa.

Respecto al medio ambiente socio-económico, la principal dificultad derivó de la ausencia en el momento de realizar la investigación, de información actualizada como consecuencia de la rápida obsolescencia de los datos censales, ante la velocidad de los cambios que experimentan las ciudades, razón por la cual fue necesario aplicar encuestas a los residentes en los diversos distritos demográficos. Las ciudades intermedias chilenas, en especial las que actúan como nodos de las regiones mayormente impactadas por el crecimiento económico, se caracterizan justamente por sus rápidos y generalizados cambios de usos del suelo, profunda fragmentación morfológica causada por las asignaciones de usos exclusivos del suelo, amplia complejización funcional provocada por el incremento en el número y diversidad de la oferta de bienes y servicios, supersegmentación de los mercados y elevados niveles de segregación socio-espacial.

Una síntesis de los resultados obtenidos sobre diferencias espaciales socio-ambientales, ubica en primer lugar de importancia para su interpretación, a los ingresos económicos por hogar, variable a la que se asocian directamente los niveles educacionales (con todos sus elementos culturales relacionados), y las fuentes contaminantes urbanas, tales como presencia de vehículos privados como medio de transporte, uso de chimeneas a leña y ausencia de tratamiento de las aguas servidas domésticas. Aunando los criterios socio-económico-culturales y la presencia de fuentes contaminantes se clasificaron las áreas urbanas según su calidad socio-ambiental.

Por otro lado, la presencia, distribución, composición y atributos espaciales de las áreas verdes, constituyen un elemento central en la calidad ambiental de las ciudades. La Ecología de

Paisajes permite analizar parches, corredores y mosaicos a partir de atributos espaciales de gran interés ecológico, tales como número, tamaño, área interior y proximidad de los parches vegetales y la convolución de sus bordes. Combinando dichos atributos espaciales con indicadores acerca de la intensidad de uso y composición de las áreas verdes, se elaboró una clasificación de los hábitats de la ciudad, intentando identificar sus funciones ecológicas, tales como refugios de biodiversidad y generación de agua y aire limpio.

Por otro lado, se han elaborado propuestas territoriales de conservación y restauración de las estructuras y funciones de los paisajes urbanos y comparado con aquellas emanadas de los planes reguladores, recientemente presentados y que se encuentran en la actualidad en diferentes estados de aplicación: vigente en Chillán; bajo revisión por las respectivas municipalidades en Temuco y Quillota, y por los organismos del Estado que participan en su aprobación, tales como las comisiones regionales de medio ambiente, en el caso de Los Ángeles.

La diferenciación socio-ambiental y su incremento en el tiempo es percibida en forma mayoritaria por la población de las ciudades intermedias. Lamentablemente, las distintas escalas espaciales de análisis impiden intentar correlacionar los sistemas ambientales naturales y socio-económicos en forma precisa. En efecto, los distritos socio-económicos censales, implican una abultada generalización espacial, cuyas cifras promedios enmascaran muchísimas diferencias a nivel de los hogares encuestados. En el caso del medio ambiente natural, por su parte, las informaciones corresponden a píxeles, cuadrículas de sólo 30 x 30 m, que presentan mayores variabilidades espaciales en sus atributos, otorgando al medio ambiente natural una alta heterogeneidad.

## 5. Resultados

### 5.1. Crecimiento geográfico de las ciudades.

La tabla 1 presenta la comparación entre las cuatro ciudades intermedias seleccionadas, que son de diferente tamaño, población y localización en el país. Quillota, la más septentrional de las ciudades, se encuentra en el centro, al interior del valle semiárido del río Aconcagua, que desciende desde el monte del mismo nombre al Océano Pacífico. Debido a la alta insolación, ausencia de heladas y aplicación de modernas tecnologías de riego y producción agrícola, esta ciudad se ha especializado en el abastecimiento de bienes y servicios para un área rural competitiva a escala global en la producción de frutas de exportación, tales como chirimoyas y paltas (aguacates). Chillán, por su parte, es una ciudad que sirve un área agrícola tradicional, ubicada en el centro de los climas mediterráneos de lluvias concentradas en la estación invernal. Durante la época más reciente los cultivos tradicionales que la rodeaban han comenzado a ser reemplazados por plantaciones forestales y rubros de exportación. Se espera una mayor especialización forestal como consecuencia de la instalación de una gran planta de celulosa en sus cercanías.

Los Ángeles, ubicada 100 Km más al sur de Chillán, presenta climas templados con una mayor estación lluviosa y por ello se ha constituido en el centro de la región de plantaciones forestales exóticas de pinos y eucaliptus, orientados a la exportación de maderas y celulosa. Temuco, por último, se localiza en medio de un clima templado-lluvioso y es objeto también de profundas transformaciones productivas, en una región en que predominan aún los cultivos tradicionales de cereales y la ganadería, además de la presencia de comunidades indígenas mapuches, que practican agricultura de subsistencia. La fragmentación de la propiedad y la pobreza imperante en las áreas rurales ha empujado una alta migración hacia la ciudad y con ello, generado condiciones ambientales críticas (Toledo, et al., 2000).

| Ciudades | Población | Área | Lluvias | Superficie (há y %) | Áreas | Áreas verdes | M <sup>2</sup> /hab |
|----------|-----------|------|---------|---------------------|-------|--------------|---------------------|
|----------|-----------|------|---------|---------------------|-------|--------------|---------------------|

|                | (1992)  | urbana<br>(hás)      | anuales<br>(mm) | del área urbana<br>cubierta por<br>vegetación | verdes/<br>Hab.(m2) | municipales<br>(há) | de<br>áreas<br>verdes |
|----------------|---------|----------------------|-----------------|---|---------------------|---------------------|-----------------------|
| Quillota       | 54.000  | 787 <sup>(1)</sup>   | 280             | 166 (21%)                                     | 25.9                | 3.5                 | 0.64                  |
| Los<br>Ángeles | 95.000  | 1.251 <sup>(2)</sup> | 800             | 181 (14%)                                     | 19.0                | 52                  | 5.4                   |
| Chillán        | 146.000 | 2.052 <sup>(2)</sup> | 700             | 295 (14%)                                     | 20.0                | 30                  | 2.0                   |
| Temuco         | 186.000 | 3.263 <sup>(3)</sup> | 896             | 756 (23 %)                                    | 34.6                | S.d                 | S.d                   |

Tabla 1. Características de las ciudades intermedias chilenas seleccionadas

Fuentes: Imagen Landsat TM 1998, <sup>(2)</sup> Imagen Landsat TM 2000, <sup>(3)</sup> Imagen Landsat TM 2001

Las figuras 4 y 5 presentan la expansión espacial urbana reciente, a través de los ejemplos de Quillota y Temuco. El rápido crecimiento espacial implica que Temuco haya triplicado su superficie construida en los últimos veinte años, extendiéndose en todas las direcciones y cubriendo paulatinamente terrenos previamente ocupados por cultivos agrícolas, plantaciones forestales, lechos de inundación fluvial, humedales o remanentes de áreas naturales.

Los patrones espaciales de crecimiento urbano son complejos, debido a que los cambios en la morfología y usos del suelo reflejan las transformaciones económicas, sociales, culturales y ambientales. En el caso de los patrones de crecimiento de Chillán (fig. 6<sup>a</sup>), se observa en primer lugar la acreción de nuevas superficies a los bordes consolidados de las áreas urbanas, especialmente en los planos de 1978 y 2000. Ello ocurrió mediante el relleno gradual de parches rurales intersticiales que perduraban entre las áreas de reciente urbanización como consecuencia de la mantención de campos de cultivo, o bien porque correspondían a áreas con riesgos de inundación o a remanentes de bosques nativos o plantados, que habían permanecido como intrusiones rurales dentro de la ciudad.

Un segundo patrón espacial corresponde a la localización de áreas residenciales, industriales y de almacenamiento de bienes, a lo largo de las principales vías de acceso a la ciudad, lo que le confiere al crecimiento un carácter tentacular, que va igualmente expandiéndose desde el centro de los caminos hacia el interior de los predios.

Las nuevas vías juegan un rol significativo en el impulso al crecimiento de las ciudades. Tal es el caso, especialmente, de la construcción y habilitación de *by-passes* o nuevas rutas alternativas a las pre-existentes que cruzaban por el centro de las ciudades. Los *by passes* han sido determinantes en la incorporación de nuevas áreas urbanas e industriales en Quillota, Chillán y Los Ángeles (Figuras 4, 5 y 6) y se espera que suceda lo mismo con el recientemente inaugurado en la ciudad de Temuco.

Un tercer patrón corresponde a la suburbanización tipo "salto de rana" caracterizada por la instalación de conjuntos residenciales o proyectos urbanos aislados, más o menos consolidados, localizados en medio de terrenos rurales, agrícolas o naturales. Mientras en las décadas anteriores ello correspondía más bien a ocupaciones ilegales por parte de los sectores más pobres de la población, durante los últimos años, se trata de la réplica del proceso de suburbanización que caracterizó la movilidad residencial de los sectores sociales ricos y medio altos de las ciudades norteamericanas, que sobre la base del uso del automóvil privado como principal medio de transporte, tienden crecientemente a generar condominios y villas aisladas y segmentadas del espacio urbano continuo, generando importantes externalidades ambientales que no son asumidas por ellos, sino que traspasadas al resto de la sociedad.

Los cambios experimentados por los límites urbanos de la ciudad (fig.7) reflejan la importancia que ha tenido el mejoramiento de los sistemas de transporte privados en las modificaciones de las curvas decaimiento-distancia al centro de la ciudad. Estas curvas fueron regularmente inclinadas hasta los 300 m en los años sesenta, como lo refleja el caso de Chillán, sin que se observara una isocrona crítica o área exenta de la fricción de la distancia, salvo las áreas ubicadas entre 500-600 m., aunque con escasa ocupación urbana. En los años sesenta-setenta la ciudad aumentó fuertemente las áreas urbanas y amplió su alcance espacial hasta 1 Km en torno al centro. Sin embargo, al mismo tiempo acentuó la regularidad de la curva

decaimiento-distancia, lo que implica una fuerte incidencia de los costos y tiempos de transporte entre los lugares de residencia y trabajo. El gran cambio en las curvas se produjo en las últimas décadas del siglo pasado, cuando la fricción de la distancia se tornó sin valor a partir de 1 Km al centro de la ciudad, la que al mismo tiempo duplica su superficie urbanizada.

La existencia de una curva regular de decaimiento-distancia de las áreas urbanas al centro de la ciudad se explica por el Modelo de Getis (1969), (Wheel et al., 1998). El aplanamiento de las curvas en las distancias mayores demuestra la importancia de las transformaciones socio-espaciales de la ciudad intermedia. Para un grupo de habitantes de altos ingresos, la distancia desde sus residencias al centro de la ciudad donde se encuentran los lugares de trabajo y servicios, no constituye un factor de limitación espacial, debido a la disponibilidad del automóvil privado y sus posibilidades de financiamiento, a la localización multinodal de los servicios y al apareamiento del estatus social como gran determinante de las preferencias residenciales. Las últimas dos décadas del siglo pasado implicaron para las ciudades intermedias la consolidación de la relación entre distanciamiento físico y distanciamiento social de sus habitantes, poniendo fin a décadas de relativa homogeneidad dentro de espacios compactos e iniciando una nueva etapa en que la localización en las antípodas físicas también significa la presencia de antípodas sociales.

Los patrones de crecimiento de las décadas anteriores, que tenía lugar en medio de ciudades pequeñas y compactas, aseguraban una fuerte interacción social alrededor de los espacios comunes y servicios públicos centrales que compartía la totalidad de la población, como lo demuestra el caso de Los Ángeles (fig.8). La ciudad pequeña y compacta de los años sesenta ocupaba preferentemente la llanura de un curso fluvial, estando limitada hacia el exterior por ríos y esteros ubicados al norte y sur y por las áreas agrícolas de pequeña propiedad, disponiendo de terrenos especialmente destinados a acoger la expansión urbana. Los equipamientos urbanos se localizaban en el centro y en la periferia. En 1978, Los Ángeles se había extendido sobre las tierras agrícolas, acercándose a los planos de inundación de los cursos fluviales, sobrepasando nítidamente el eje Norte-Sur que correspondía al tramo de la Carretera Panamericana que cruzaba la ciudad, lo que obligó a construir el by pass. En 1992, era este by pass el que limitaba a la ciudad hacia el oriente, mientras las áreas residenciales habían terminado por ocupar la mayoría de las tierras agrícolas de pequeña propiedad y alcanzado los planos de inundación fluvial. El mosaico urbano se observaba mucho más fragmentado que en las fases anteriores. La fragmentación de los usos del suelo y de las funciones y servicios urbanos, en función de la atención de las necesidades exclusivas de los diferentes estratos socio-económicos, ocurrida las últimas décadas, representa geográficamente a la supersegmentación del espacio urbano y de los servicios que ofrece la ciudad, generando centros y subcentros, que manifiestan una acentuación de la segregación socio-espacial.

Por último, el crecimiento de la ciudad se relaciona paisajística y jerárquicamente con las características del sistema territorial mayor al que pertenece. De esta manera, Quillota corresponde a una "ciudad-oasis" rodeada por cultivos regados en medio de una cuenca esencialmente árida. Chillán y Los Ángeles se presentan como verdaderas *perforaciones* que interrumpen la continuidad espacial de los paisajes agrícolas cultivados y las plantaciones forestales, respectivamente. Temuco, por su parte, se observa como una mancha urbana extendida a modo de *cicatriz* en torno a espacios rurales altamente fragmentados por tratarse de comunidades indígenas de pequeños propietarios o bien, de tierras cubiertas con bosques nativos y plantados que existen en su alrededor. Ninguna de las ciudades evidencia rasgos particulares que demuestren sus vínculos, por ejemplo, con las cuencas ambientales de que forman parte. Ninguna de ellas parece reconocer explícitamente que a lo largo de los valles que interceptan, circulan permanentemente flujos de energía, materia e informaciones que podrían estar a su servicio. Los cursos fluviales que las cruzan sirven normalmente para depositar residuos líquidos o sólidos, antes que jugar los roles ecológicos y ambientales que naturalmente les correspondería.

Cualquiera sea el caso, el crecimiento de las ciudades se ha realizado sin considerar los servicios y funciones ambientales de los sistemas territoriales en que se asientan. Campos de cultivos, plantaciones forestales, humedales, lechos fluviales o remanentes de superficies naturales, han terminado siendo cubiertos sin distinción por los rasgos homogéneos de los nuevos asentamientos urbanos, alterándose irreversiblemente sus aportes a la calidad de vida de sus habitantes. La mezcla rural-urbana, representada por ejemplo, por las casas-quinta que se encuentran en el casco antiguo de Quillota y especialmente en Chillán Viejo, sólo ha perdurado en la medida que no ha sido necesario demolerlas para instalar nuevos conjuntos habitacionales. En ningún caso se trata de proteger tipos de viviendas que participan activamente de los servicios ambientales naturales y del patrimonio cultural urbano.

## **5.2 Sistemas ambientales**

### **5.2.1 Estructura de los sistemas naturales**

La figura 9 presenta una síntesis de los sistemas ambientales naturales y socio-económico de la ciudad de Temuco, como ejemplo del complejo mosaico que presenta el medio ambiente urbano. Respecto a la clasificación del medio natural según su calidad, las áreas de calidad más alta se encuentran fuera de la ciudad y forman parte de cadenas montañosas, a las cuales pertenece el Parque Nacional Ñielol, ubicado inmediatamente al norte de Temuco y cuyos corredores cruzan la ciudad y se prolonga por las alturas de Conunhueno, ubicadas al sur de la misma. No hay otra ciudad de Chile que tenga en su vecindad un área de tan alta calidad ambiental, como corresponde a un parque nacional y que, además no lo considere activamente en su imagen y estructura urbana.

Al interior de la ciudad propiamente tal, las áreas de mayor calidad ambiental corresponden a algunos parches vegetales aislados y pequeños localizados en la ribera norte del Río Cautín y en los parques anexos al Estadio Municipal. Lamentablemente, en la ciudad predominan los paisajes naturales de calidad media, baja y muy baja, siendo la primera de estas categorías la que ocupa la mayor superficie, sin que se aprecien diferencias significativas entre los estratos socioeconómicos.

No se evidencia una asociación espacial clara entre la calidad de los paisajes naturales y la clasificación socioeconómica de los distritos poblacionales (fig.9). Los paisajes naturales de calidad media, que corresponden a la mejor calidad que se puede encontrar al interior de la ciudad de Temuco, predominan espacialmente en los distritos socio-económicos de nivel medio, como Avenida Alemania y Estadio, y en distritos socio-económicos de nivel bajo, como Amanecer, aunque en este último caso se asocian a la presencia de la ribera del río Cautín. Inversamente, las áreas de mayor nivel socioeconómico, representadas por los condominios aislados en medio de paisajes rurales, tales como La Foresta y Lomas del Carmen, se localizan sobre terrenos de calidad ambiental baja o muy baja, por lo menos en el estado actual de desarrollo urbano más bien incipiente.

### **5.2.2 Cambio de los sistemas naturales**

La fig. 10 presenta la evolución de las temperaturas superficiales en la ciudad de Chillán entre 1989 y 1999. En el primero de estos años, la ciudad no presentaba las islas de calor que se aprecian en la imagen de 1999. En 1989 el patrón térmico espacialmente predominante era el de las temperaturas medias, existiendo incluso varias islas frías al interior de la ciudad.

Por otro lado, las temperaturas de emisión superficial de la ciudad, no presentan la distribución concéntrica típica de las islas de calor que caracteriza a las temperaturas del aire, que alcanzan sus mayores valores en el área central de más alta densidad, para decaer regularmente como consecuencia del aumento de la distancia hacia la periferia. El patrón espacial que se observa

corresponde más bien a *archipiélagos* de calor, conformados por barrios que alcanzan las mayores temperaturas y que rodean en todas las direcciones los anillos de urbanización central. La degradación ambiental que implica el aumento del calor al interior de la ciudad puede ser ratificada por la pérdida de la productividad vegetal observada entre 1989 y 1999 (fig.11). En el primer año, predominaban indiscutiblemente las áreas de productividad media, existiendo incluso algunas zonas de productividad alta en el sur y suroriente de la ciudad. En 1999, predominaban en cambio las áreas de productividad vegetal baja y mínima. Algunos de los parches más importantes que se transformaron en islotes de calor correspondían a zonas en que desaparecieron las cubiertas vegetales, especialmente en los sectores norponiente, centro y sur de la ciudad.

Tan dramática como la disminución del verdor de la ciudad es lo que ocurrió en el mismo período de tiempo con la distribución espacial de la biomasa (fig.12). En 1989, Chillán alcanzaba predominantemente valores medios de concentración de biomasa, mientras que en 1999 predominaban los paisajes con concentraciones bajas y muy bajas, siendo notables los cambios negativos sufridos por los sectores centrales, del sur y suroriente de la ciudad.

Cierra el círculo de degradación de los paisajes naturales al interior de la ciudad, lo sucedido con la humedad del suelo (fig.13). En 1989 la ciudad alcanzaba valores altos de humedad, especialmente en los sectores del sur y surponiente. Diez años después predominaban espacialmente las zonas de humedad media y destacaban claramente las zonas de humedad mínima en el centro de la ciudad y en sus prolongaciones hacia el nor y surponiente. Las zonas de humedad alta habían desaparecido completamente, ilustrando el impacto de la urbanización sobre el comportamiento del ciclo hidrológico local, en especial como consecuencia de la ocupación urbana de las llanuras de inundación del río Chillán.

La complejidad de la distribución espacial de los componentes ambientales urbanos y la necesidad de corroborar los patrones observados en las imágenes satelitales con las informaciones de terreno se puede observar a través de la comparación entre las temperaturas superficiales de emisión obtenidas de las primeras y la distribución de las temperaturas del aire, medidas mediante transectos móviles practicados a lo largo y ancho de la ciudad. Mientras en las imágenes termales (fig.14) era evidente la presencia de un archipiélago de calor en torno al centro de la ciudad, las temperaturas del aire reconocen la presencia de estos islotes desmembrados, pero también señalan indicios de desarrollo de una isla concéntrica localizada sobre el sector norte de la trama regular de la ciudad.

### **5.2.3. Calidad ambiental de los sistemas naturales**

La calidad ambiental de los sistemas naturales constituye una síntesis espacial de los indicadores que han sido seleccionados para representar los patrones y procesos espaciales de humedad y temperatura de los suelos y de biomasa y productividad vegetal. Se entiende que un área de alta calidad ambiental es aquella que presenta elevado contenido de humedad en el suelo, temperaturas frías y heterogéneas, y altos contenidos de verdor y biomasa.

La clasificación de las áreas urbanas según su calidad ambiental natural permitió, por otro lado, estimar los efectos que tendría la expansión de las ciudades seleccionadas de concretarse las propuestas contenidas en sus planes reguladores comunales. En el caso de Quillota, la actual ciudad presenta predominantemente áreas de calidad ambiental media y baja (fig.15), mientras que sus propuestas de expansión, que significan más que duplicar la actual superficie urbana, implican ocupar tierras en que se localizan áreas de calidad ambiental más alta. Por lo tanto, desde un punto de vista estrictamente ambiental, no resultaría adecuada esta proposición, en especial si se conoce que las áreas rurales que rodean a la ciudad alcanzan uno de los mayores potenciales de producción agrícola especializada, orientada a la exportación de frutas subtropicales.

Algo similar se puede afirmar en el caso de la ciudad de Chillán (fig.16), cuya planta actual se caracteriza por paisajes urbanos de baja calidad y que se pretende expandir en todas las direcciones, pero en especial hacia el norte. En este caso, se trata de urbanizar áreas de calidad ambiental alta y algunos parches de calidad muy alta, los que debieran ser conservados para otros fines más amistosos con el medio ambiente. Una conclusión similar se obtiene al examinar la ciudad de Los Ángeles (fig.17), aunque en este último caso, la actual ciudad presenta mayores áreas de calidad media que Chillán.

Sin embargo, en todos los casos se puede estimar un resultado muy distinto según se trate áreas destinadas a nuevas urbanizaciones para sectores de altos ingresos, de baja densidad y con grandes superficies verdes, asumidos como componentes indispensables del medio ambiente urbano, y que son construidos y mantenidos por los propios residentes, o bien si se trata de áreas de mayores densidades y carencia de espacios verdes, que caracterizan lamentablemente los patrones de urbanización de los sectores con ingresos más bajos, y que por ello, dependen de las políticas y programas públicos de protección del ambiente.

Temuco (fig.18) aparece como una ciudad distinta en la medida que la expansión urbana propuesta por el Plan Regulador ocuparía áreas de calidad ambiental media, baja y muy baja, debido a que se trata de tierras desforestadas y suelos desnudos que han suspendido, por razones especulativas, sus ciclos de producción agrícola con anterioridad, o bien porque corresponden a tierras con cultivos de secano, fragmentadas y erosionadas con anticipación.

No obstante las diferencias individuales que presentan las ciudades intermedias chilenas en términos de los grados de calidad ambiental estimados a partir de los parámetros empleados en este trabajo, lo cierto es que en todos los casos, en los actuales mosaicos de paisajes urbanos predominan las áreas de calidad media y baja, y, mas relevantemente, que se pretende hacer crecer las ciudades sobre paisajes rurales esencialmente de calidad ambiental alta. Respecto a lo primero es importante hacer notar que pueden existir evidencias complementarias sobre la mala calidad ambiental de las ciudades, como sucede con el aire y el agua en Temuco, ampliamente contaminados por la ciudad (Romero et al., 2001), lo que significaría reconocer la existencia de una situación peor que la aquí planteada. Respecto al crecimiento de las ciudades, hasta ahora la calidad medioambiental de las áreas propuestas para futuras urbanizaciones no ha sido un argumento de evaluación suficientemente considerado, pero es relevante señalar que por múltiples razones no debiera facilitarse el crecimiento en expansión sobre terrenos rurales de alta calidad ambiental, sino que privilegiarse la densificación, vegetalización y mejoramiento de las áreas de calidad de vida en los actuales planos urbanos, manteniendo la ciudad tan compacta y de menor tamaño como sea posible.

#### **5.2.4 Interrelaciones de los sistemas naturales con la estructura urbana**

Las interrelaciones entre los componentes naturales y el diseño y forma de la trama urbana, son múltiples y variadas, y consecuentemente, no pueden generalizarse para la totalidad de las ciudades intermedias chilenas. En el caso de las ciudades del sur de Chile, la abundancia y distribución estacional más regular de las precipitaciones, garantizan el mantenimiento de las cubiertas vegetales al interior de la ciudad en forma natural y con ello, el cumplimiento de sus funciones y servicios ambientales de manera más permanente y socialmente más homogénea. La situación es muy distinta en el caso de las ciudades-oasis cuyas áreas verdes requieren de riego permanente o semi-permanente para su mantención, lo que hace que sólo se localicen en los barrios de los estratos sociales altos y por lo tanto, no aporten en forma directa las funciones y servicios ambientales a los sectores más pobres. No obstante lo señalado, aún en las ciudades más australes analizadas, la calidad más baja del medio ambiente natural se corresponde con los distritos de menor nivel socio-económico, como sucede con las áreas de Raluncoyán y Pueblo Nuevo en Temuco. Por el contrario, las mejores condiciones ambientales naturales se encuentran en los distritos de mayores ingresos, tales como Avenida Alemania y Estadio, así como en los condominios aislados de más reciente urbanización.



A pesar de las evidencias prevaletentes, no resulta posible generalizar para todas las ciudades del país, como tampoco para las ubicadas en el sur, una clasificación socio-ambiental de las áreas urbanas que se corresponda estrictamente con la distribución espacial de los estratos socio-económicos. Hay sectores como los que bordean al Río Cautín por el Norte, que presentan alta calidad del medio ambiente natural aunque su población pertenezca a los estratos de ingresos bajos. Ello demostraría que es necesario preservar los buffers riparianos en toda su extensión, como una forma de democratizar los beneficios de los servicios ambientales que brinda la naturaleza.

### **5.3 La distribución espacial de la contaminación ambiental**

No es posible de analizar ni evaluar la distribución espacio-temporal de la contaminación ambiental en las ciudades intermedias por la carencia de sistemas de información. Cuando se han montado experimentalmente estaciones de mediciones, como en el caso de la contaminación atmosférica de Temuco, se han evidenciado profundas diferencias en su interior, algo que no difiere de las grandes ciudades y metrópolis.

La combinación de mediciones fijas practicadas con tubos pasivos que reaccionan colorimétricamente ante la presencia de gases contaminantes, así como el montaje de estaciones de monitoreo, y la aplicación de factores de emisión a los consumos de combustible, demostraron que en Temuco, la contaminación atmosférica de fuentes fijas se localizaba esencialmente en torno a las áreas industriales, panaderías y residencias de la población de ingresos medios y bajos, especialmente debido a los altos niveles de consumo de leña, que es la actividad más directamente responsable de las altas concentraciones registradas en las ciudades del sur del país. En el caso de las fuentes móviles, las altas concentraciones se registraron sólo en las avenidas de mayor circulación vehicular y en sus horas punta (Romero et al., 2001).

Quillota es otra de las ciudades que presenta problemas de contaminación atmosférica. Los datos disponibles fueron registrados con motivo de los estudios de impacto ambiental que se debieron ejecutar a raíz de la instalación de dos plantas termoeléctricas de ciclo combinado que utilizan el gas natural como combustible. La construcción de estas plantas y de sus ampliaciones ha sido un tema de controversia, dado de que este tipo de generación de energía produce ozono troposférico como contaminante secundario. Ello se debe a la transformación fotoquímica de los contaminantes aportados por el gas natural, y como consecuencia de la existencia de altas cargas de radiación solar. Como se recordará, Quillota es el centro de un área exportadora de frutas subtropicales como consecuencia de sus extraordinarias potencialidades agroclimáticas, las que se teme que podrían verse afectadas por la contaminación atmosférica no sólo producida dentro de sus márgenes urbanas, sino también la que se concentra y desplaza a lo largo de la cuenca aérea del río Aconcagua. En la desembocadura de ese río se localiza la Refinería de Petróleo de Concón, distante a sólo 50 Km de Quillota y que vierte hidrocarburos y partículas en suspensión a la atmósfera. Aguas arriba de Quillota, distante a 20 Km, se encuentra una industria de cemento, en la ciudad de La Calera, que ha aportado tradicionalmente partículas en suspensión, y que últimamente ha intentado emplear el petcoke o carbón de petróleo para sus hornos. Si bien no se han registrado informaciones que permitan asegurar que la contaminación atmosférica registrada en la ciudad de Quillota haya superado las normas de calidad del aire en alguno de los contaminantes, si ha ocurrido en sus márgenes orientales, en la localidad de San Pedro y donde el valle origina una subcuenca orográficamente enclaustrada.

En el caso de Chillán y Los Ángeles, no existen registros de contaminación atmosférica al interior de la ciudad, aunque las observaciones visuales que se han practicado han insistido en el rol que el consumo de leña tiene en las altas concentraciones de partículas en suspensión que son liberadas a la atmósfera por las residencias e industrias durante los días que presentan importantes niveles de inversión térmica, y como consecuencia de la falta de ventilación de sus

respectivas cuencas aéreas. La falta de registros sobre el comportamiento de las cuencas aéreas, en cuyo interior se localizan importantes fuentes puntuales, como sucede con las plantas de celulosa, así como fuentes no puntuales, como las fumigaciones de los cultivos y plantaciones forestales, constituyen una limitación en el momento de evaluar el estado de la calidad del aire de las ciudades intermedias. La mayor parte de ellas se localizan en cuencas cerradas, en cuyo análisis no sólo hay que considerar las emisiones *in situ* sino también el traslado de las plumas viento arriba y viento abajo, por los flujos sistemáticos y regulares de brisas de mar a continente y de valle a montaña.

La contaminación de las aguas es otro problema relevante en el caso de la mayoría de las ciudades intermedias chilenas que vierten sus residuos líquidos domésticos e industriales a los caudales de ríos y esteros que las cruzan sin mediar tratamientos previos. Lamentablemente este tipo de informaciones no existe en forma sistemática para las ciudades analizadas y sólo fue posible implementar mediciones propias -dado su alto costo- en la ciudad de Temuco. Los resultados se presentan en las figuras 19a y 19b, donde se indica en primer lugar, la localización de las estaciones de muestreo, que se inician en la estación 1 ubicada sobre un canal de riego que ingresa al río antes de cruzar la ciudad por el oriente; la estación 2 se ubica en el curso del río en el sector oriental; la estación 3 es un canal de riego derivado del río y que encierra la ciudad por el norte; la estación 4 se localiza prácticamente en el medio de la ciudad; la estación 5 es un canal derivado que se activa en la actualidad durante las crecidas del río; la estación 6 se encuentra en las proximidades de la salida de la ciudad aguas abajo y una vez que cruza emisarios industriales. Finalmente la estación 7 corresponde a una localidad situada más allá del borde poniente de la ciudad. Además de las variaciones espaciales y temporales de los distintos contaminantes, se puede concluir que el aporte de aguas cloacales, en particular durante la estación de bajos caudales, es la causa fundamental de la calidad de las aguas del Río Cautín que cruza la ciudad de Temuco.

El ejemplo de Temuco sirve para reflejar el problema de la contaminación de las aguas de la totalidad de los ríos y esteros que cruzan las ciudades chilenas y cuyos cauces han servido históricamente para depositar las aguas servidas y los residuos industriales, así como gran cantidad de basuras. Lamentablemente, la degradación ambiental de los cursos de agua y de sus riberas es una de las características más recurrentes del paisaje urbano en Chile y probablemente uno de los asuntos que requiere más atención. Evidentemente que la construcción de plantas de tratamiento de las aguas servidas es un paso muy importante que comienza a implementarse en la mayoría de las ciudades de Chile, pero que no es suficiente para realizar un manejo ambiental integrado de las cuencas urbanizadas en general -en la medida que se ubican aguas debajo de las ciudades- y de las riberas o buffers riparianos en particular. Los cauces fluviales y sus zonas de protección deberían transformarse en parques urbanos y vertebrar el desarrollo ambientalmente sustentable de las ciudades. Por lo demás, el tratamiento de las aguas servidas, sino va acompañado de las medidas de restitución y conservación de las riberas y los cursos de agua, difícilmente va a conseguir quebrar la tendencia cultural de considerarlos como sitios preferidos para depositar residuos.

#### **5.4 Estructura del medio ambiente socio-económico**

La ecología urbana del medio ambiente de las ciudades debe considerar los componentes socio-económicos -culturales con igual o mayor importancia que los componentes naturales de los sistemas ambientales. En el caso de las ciudades intermedias chilenas, los procesos socio-económicos son responsables de un mosaico paisajístico tanto o más variado y complejo que el mosaico natural. Tal como se indicó previamente, la escala espacial de representación, al utilizar los distritos censales, enmascara variaciones espaciales que son frecuentes aun entre hogares vecinos.

No obstante, los distritos censales permiten generalizar las principales variaciones socio-espaciales al interior de la ciudad y con ello aportar informaciones útiles para comprender su

difícil sustentabilidad. En el medio ambiente socio-económico, las mayores diferencias se encuentran en el ingreso familiar y en los niveles educacionales de la población, como lo demuestran las figuras 20a y 20b. De igual manera, el ingreso determina en un alto grado la presencia de vehículos privados (fig. 20c) y el tipo de combustible que se emplea en el hogar para cocina y calefacción (fig. 20d), dos de las principales fuentes fijas y móviles de la contaminación atmosférica.

En las encuestas aplicadas el año 2001, el 4% de la población de Temuco reconoció ingresos familiares superiores a \$1,2 millones (aproximadamente US\$ 2000), mientras que el 22% señaló recibir ingresos inferiores a \$70.000 (aproximadamente US\$100) como promedio mensual. La diferencia entre los ingresos promedios familiares de los estratos más alto y más bajo alcanzó a 17,4 veces. Estas profundas diferencias socio-espaciales en los niveles de ingreso y su asociación con las evidencias y percepciones de la calidad de vida en los distritos censales, constituyen una característica opuesta a la equidad social, que debiera ser uno de los objetivos estratégicos y operacionales de la sustentabilidad urbana.

La inequidad social al interior de las ciudades intermedias alcanza a los niveles educacionales y con ello, a los aspectos culturales de la población. La asociación espacial entre los más altos niveles de ingresos y de educación sólo se observó en las suburbanizaciones exclusivas y segregadas al exterior de la ciudad, donde la escolaridad promedio alcanza a los 18 años y el 50% de los jefes de hogar posee estudios de posgrado. Los distritos de Avenida Alemania, Estadio, Cerro Ñielol y Centro asociaron espacialmente a niveles medios de ingreso y educación, con 14 años de escolaridad y cerca de un 50% de los residentes con estudios universitarios. Los menores ingresos de los distritos de Raluncoyán y Lanín se relacionan con escolaridades menores que 10 años y sin que exista ningún residente con estudios universitarios completos.

Los niveles de ingreso se relacionan también directamente con el número y año de fabricación de los vehículos privados de que disponen los hogares, así como con su empleo como sistema exclusivo de transporte. En las áreas de suburbanización, el 100% de los hogares posee en promedio dos vehículos, fabricados en 1997 como promedio y empleados como medios exclusivos de transporte. Por el contrario, en el distrito de Raluncoyán, que corresponde al sector más pobre de Temuco, sólo el 22% de la población posee vehículo privado, siendo 1985 el año promedio de fabricación y estando el 50% destinado a servir como fuente laboral.

Respecto al uso de la leña como combustible, el 62 y 100% de los residentes en los distritos más pobres señala emplearla en forma exclusiva o combinada con otro tipo, respectivamente. En el caso de los sectores de altos ingresos, sólo el 11% señaló emplear la leña en forma exclusiva, privilegiando los sistemas de calefacción eléctricos o a gas.

En cuanto a la seguridad ciudadana, la mayoría de la población de los estratos altos se siente seguro en su hogar, aunque para lograrlo posean sistemas de vigilancia y/o guardias privados. En un 32% señalan haber sido víctimas de delitos.

La sensación de inseguridad en el hogar aumenta a cifras superiores al 60% en los estratos medios y sobre 90% en los estratos pobres, aunque sólo un 20% de los residentes señala haber sido víctima de algún delito. La principal diferencia entre ambos estratos radica en que el 83% de los encuestados de sectores medios poseía algún sistema de alarma y vigilancia electrónica, lo que se reduce a cero en el caso de los sectores pobres.

## **5.5 Ecología de paisajes y calidad ambiental**

La figura 21 presenta la calidad ambiental de los paisajes urbanos clasificados de acuerdo al estado de los parches y corredores vegetales que se distribuyen al interior de las ciudades. Como se aprecia en la ilustración, en todas las ciudades existen parches vegetales de alta calidad y por ello de importancia ambiental significativa. Se trata de intrusiones de campos de cultivos, que permanecen como remanentes de la antigua ocupación agrícola de los suelos, de llanuras de inundación ocupadas por los cursos de agua en sus momentos de crecida o de

humedales, expresados especialmente como sectores conformados por suelos con alto contenido de humedad y por ello, propensos a inundarse durante los días de lluvias intensas. Otros casos corresponden a grandes superficies verdes constituidas por parques públicos o privados y jardines ubicados al interior de las dependencias de instituciones públicas, como regimientos y universidades.

La mantención, incremento, conservación y restauración de estos grandes parches vegetales es de fundamental importancia para la salud ambiental de las ciudades. Sus servicios ambientales son únicos, en medio de la matriz urbana, por lo que actúan como islas de aire frío, fuentes de agua superficial y subterránea de calidad, y como filtros biológicos para el aire y aguas contaminados. El impacto de la urbanización sobre ellos, por ejemplo, al reducirlos en tamaño, subdividirlos o fragmentarlos, puede resultar en la alteración definitiva en la oferta de servicios ambientales, lo que debiera ser de conocimiento explícito por parte de las autoridades y gestores del desarrollo urbano.

### **5.5.1 Servicios ambientales de los parches vegetales**

La figura 22, clasifica las áreas verdes que presentan los mejores atributos ecológico-espaciales, y que cumplen tres funciones vitales para la salud ambiental de las ciudades: áreas de refugio o fuente, corredores y escalones. Estas áreas proporcionan servicios ambientales a la ciudad, que sólo pueden ser apreciados en la medida que los parches vegetales sean observados como componentes de sistemas espaciales articulados de las áreas verdes tanto dentro de la ciudad, como entre éstas y las áreas rurales que las rodean.

Las áreas de refugio de biodiversidad y fuentes de aire y agua limpios corresponden a parches vegetales que permiten la localización, alimentación y reproducción segura de las especies vegetales y animales, que facilitan la producción y recarga de aguas y la producción de aire limpio. La proximidad espacial de los parches vegetales, genera los corredores, o vías de circulación que permiten el desarrollo de las interacciones entre parches heterogéneos, manifestadas como flujos de energía, materia y momento, todos los cuales resultan igualmente relevantes para mantener el equilibrio metaestable del sistema ambiental natural-urbano. La interrupción de los corredores implica la fragmentación del mosaico paisajístico y con ello la desaparición o perturbación significativa de los flujos. El debilitamiento o desaparición de los flujos impide la retroalimentación de los parches y con ello los reduce a sus funciones endógenas, por medio de las cuales terminan desapareciendo o bien siendo utilizados como sitios eriazos, restados a las funciones ambientales y propensos a ser convertidos en vertederos ilegales de desechos sólidos o áreas inseguras para la población.

Los principales corredores naturales para la ciudad resultan ser los buffers riparianos de los cauces fluviales, franjas de áreas verdes localizadas a lo largo de las márgenes de ríos, esteros y canales de riego, que aprovechan la humedad existente en el suelo, para desarrollar ecosistemas variados y muchas veces únicos frente a la matriz urbana prevaleciente, cuya conservación los transforma en las áreas de mayor sensibilidad ambiental de la ciudad.

Algunos parches vegetales, de menor tamaño, pero localizados estratégicamente entre áreas de refugio o a continuación de los corredores, cumplen las funciones de escalones, o superficies que facilitan los flujos entre parches desconectados como consecuencia de su lejanía y fragmentación.

Es importante destacar la presencia de estos sistemas espaciales en las áreas verdes existentes en la totalidad de las ciudades examinadas, aunque el proceso de urbanización los ha fragmentado o continúa desconectándolos crecientemente. Es absolutamente indispensable la inclusión de los principios de la ecología de paisajes en la planificación y gestión ambiental de las ciudades.

### **5.5.2 Cambios de la ecología de paisajes urbanos**

A pesar de la importancia de las funciones ecológicas y servicios ambientales que los parches y corredores vegetales prestan a la salud de las ciudades, su evolución en los años recientes es prácticamente desconocida en Chile.

Chillán (fig.23a) perdió 483 Há de parches vegetales, es decir el 70% de las áreas verdes entre 1989 y 1999, y de éstas, 267 Há desaparecieron a causa de la urbanización. Si bien el número de parches se redujo levemente (de 520 a 428), el proceso de fragmentación espacial implicó que el tamaño promedio disminuyera en cerca del 50% (de 1,30 a 0,69 Há) y la desviación estándar lo hiciera de 7,89 a 1,86 Há. En definitiva, la ciudad de Chillán ha perdido en una década una alta proporción de sus áreas verdes públicas y privadas, disminuyendo fuertemente el tamaño de las mismas debido a una alta fragmentación, predominando las superficies pequeñas y homogéneas. Ello ha causado también una importante reducción en el área interior de los parches, que es la superficie que puede cumplir mejor los servicios ambientales, así como también en la longitud total de los bordes, que es la interfase entre las áreas verdes y la matriz de la ciudad, a través de la cual se realizan las interacciones mutuas que aseguran la salud ambiental urbana.

Los Ángeles (fig.23b) también redujo sus áreas verdes en cerca del 70% entre 1989 y 2001, y de las 487 Há desaparecidas, 368 lo fueron como consecuencia de la ocupación urbana de los suelos. El número de parches vegetales aumentó ligeramente pero el tamaño promedio disminuyó a 1/5, proporción que aún es mayor en la reducción de las áreas interiores.

Quillota (fig.23c) disminuyó en 270 Há su superficie inicial de 455 Há de áreas verdes entre 1989 y 2001. Esta reducción superior al 60% fue causada en un porcentaje similar por la expansión urbana. El número de parches vegetales prácticamente se mantuvo, pero su tamaño disminuyó a 1/3. La proporción área interior/área total de los parches vegetales experimentó una reducción semejante.

Por último, Temuco (fig. 23d) es la ciudad con mejores resultados relativos y comparativos dentro de la generalizada degradación ambiental que se observa a través de la evolución de los parches vegetales. Su disminución de áreas verdes superó al 50%, de las cuales una proporción similar se perdió como consecuencia de la urbanización. Como en los casos anteriores, el número de parches aumentó levemente pero el tamaño promedio de éstos se redujo a más de la mitad. La proporción de área interior respecto al área total de los parches también disminuyó en cerca de un 40% mientras que la longitud de los bordes lo hacía en más de 120.000 m.

### **5.5.3 Ecología de paisajes urbanos y planes reguladores comunales**

La evaluación ambiental integrada del crecimiento de las ciudades debería constituir una información de primera importancia para planificar y gestionar los territorios urbanos, lo que en el caso de Chile se expresa en instrumentos legales y normativos, denominados Planes Reguladores Comunales. Estos planes implican asignaciones explícitas y restricciones para los usos del suelo permitidos al interior de la ciudad, así como reglamentos y normativas respecto a la densidad de las ocupaciones del territorio, los porcentajes de construcción permitida en los predios, la distribución de las áreas verdes públicas, etc. Desde la dictación de la Ley de Bases del Medio Ambiente en 1993, a los Planes Reguladores Comunales se les exige una evaluación de impacto ambiental como si se tratara de un proyecto o actividad semejante a la construcción de una represa o de una carretera, no obstante que se trata en todos los casos de una proposición de carácter estratégico, como corresponde propiamente a planes que, debido a la incertidumbre que les acompaña, posiblemente nunca se concreten.

## **6. Propositiones para gestionar la sustentabilidad de las ciudades**

Ante la gravedad de las conclusiones, es urgente proteger, restaurar y ampliar las áreas ocupadas por parches y corredores vegetales al interior de las ciudades, a través, por ejemplo de las proposiciones que se presenta en las figuras 24, 25, 26 y 27.

Se trata de la organización espacial de las áreas verdes existentes al interior y exterior de las ciudades, determinando prioridades para su intervención, dado los altos costos que ello implica. De esta forma, se proponen sistemas espaciales de los paisajes urbanos que, mediante polígonos y corredores permiten asegurar el cumplimiento adecuado de las funciones ecológicas y ambientales que aseguran la sustentabilidad de los proyectos urbanos.

## **7. Conclusiones**

Este estudio ha demostrado la complejidad, dinamismo e incertidumbre que impera en la comprensión, explicación y gestión de la sustentabilidad del medio ambiente urbano de las ciudades intermedias, tanto debido a los principios, fundamentos y consideraciones que plantea la ecología urbana, como a las dificultades para disponer de investigaciones científicas y sistemas de información ambientales que permitan diagnosticar el estado y evolución del medio ambiente. como las perspectivas futuras, en especial ante las proposiciones y ejecución de los patrones espaciales de crecimiento.

Lo que se observa es un proceso continuo de degradación de los componentes ambientales naturales y socio-económico-culturales, manifestados en un aumento de la heterogeneidad espacial de los ecosistemas y en grados crecientes de segregación socio-espacial, y por lo tanto, de diferenciación socio-ambiental. Resulta evidente aumentar la relevancia de las investigaciones integradas sobre los medio ambientes urbanos que contribuyan a evaluar el estado actual y las perspectivas que significan las concreciones, tanto de las intervenciones de la política pública, representadas por los planes reguladores comunales, como por las inversiones que realizan los agentes económicos, en especial los vinculados al desarrollo de proyectos inmobiliarios.

El estudio permite captar las limitaciones que existen para aplicar las modernas teorías y concepciones propuestas por la ecología urbana ante la vidente falta de investigaciones científicas que permitan conocer la ecología en y de las ciudades intermedias. Un esfuerzo concertado a nivel estratégico entre las disciplinas ecológicas y sociales y entre las autoridades públicas y los centros de generación de conocimientos es igualmente muy necesario, si se quieren adoptar decisiones basadas en un conocimiento preciso de la realidad y no en meras interpretaciones subjetivas y normalmente, interesadas.

Los sistemas de información ambiental pueden constituir una primera aproximación para implementar la planificación, gestión y evaluación ambiental de las ciudades chilenas, con el fin de asegurar la sustentabilidad de su desarrollo. Lo peor que puede ocurrir es que se desaprovechen las oportunidades brindadas por la propia legislación ambiental para avanzar en esta dirección. El reemplazo de los estudios de evaluación del impacto ambiental de las proposiciones contenidas en los planes reguladores, por ejemplo, por la presentación de simples declaraciones de impacto ambiental, que no reconocen el hecho fundamental de que la urbanización es la más drástica, rápida e irreversible transformación ambiental, no contribuye a los avances requeridos para la generación y aplicación del conocimiento que caracteriza el desarrollo de las sociedades modernas.

Por lo demás, este ejercicio demuestra que aún el simple reconocimiento de los procesos que han contribuido a degradar el medio ambiente urbano, puede constituir un buen punto de partida para revertir la situación mediante proposiciones que se encuentran al alcance de los agentes del desarrollo y de las comunidades comprometidas realmente con los discursos de la

sustentabilidad. Estos últimos deben pasar necesariamente de ser meros enunciados retóricos en que todos estamos de acuerdo, a la identificación de indicadores que permitan conocer permanentemente los grados de avance que se van obteniendo en aras de alcanzar esta aparente utopía.

### **Referencias Bibliográficas**

Borsdorf, A. (2003). "Cómo modelar el desarrollo y la dinámica de la ciudad latinoamericana." *Revista Eure* 29(86): 37-49.

Deelstra, T. (1998), *Towards Ecological Sustainable Cities Strategies, Models and Tools*. In *Urban Ecology*, Edited by Breuste, J.; Feldmann, H. & Uhlmann, O. Springer, Berlin: 17-24.

Getis, A. (1969), *Residential Location and the Journey From Work*. Proceedings from the Association of American Geographers, 1 (1969).

Grimm, N., Grove, M. y Pickett, S. (2000). "Integrated approaches to long-term studies of urban ecological system." *BioScience* 50(7): 571-584.

Hough, M. (1995). *Cities and Natural Processes*. London, Routledge.

Lawrence, H.W. (1995), *Changing forms and persistent values, historical perspectives on the urban forest*. In *Urban Forests Landscapes : Integrating Multidisciplinary Perspectives*, Edited by Bradley, G.A., Seattle, Univ.Washington Press : 17-40.

Machlis, G.E., Force, J.E., Burch, W.R. (1997), *The human ecosystem part 1: the human ecosystem as an organizing concept in ecosystem management*. *Soc. Nat. Res.* 10: 347-367.

McHarg, I. (1992), *Design with nature*, John Wiley and Sons Inc. New York.

Mcharg, I. (2000), *Proyectando con la naturaleza*, Editorial Gustavo Gili, Barcelona

Mc Donnell, M.J. Pickett S.T.A., Groffman, P., Bohlen, P., Pouyat et al., (1997), *Ecosystem processes along an-urban-to-rural gradient*. *Urban Ecosyst.* 1 :21-36.

McPherson, E.G., Nowak, D., Heisler, G., Grimmond, S., Souch, C. Et al., et al. (1997), *Quantifying urban forests structures, function and value : the Chicago urban forest climate project*. *Urban Ecosyst.* 1 :49-61.

Nowak, D.J., (1994), *Urban forest structure: The state of Chicago's urban forest*. In *Chicago's Urban Forests Ecosystems: Results of the Chicago's Urban Forest Climates Project*, edited by Mc Pherson, E.G., Nowak, D., Rowntree, R.A., : 160-164.

Paul, M.J. & Meyer, J. (2001), *Streams in the Urban Landscape*. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 32 : 333-365.

Parker, J.K. & Burch, W.R. (1992), *Towards a social ecology for agroforestry in Asia*, In *Social Science Applications in Asian Agroforestry*, edited by Burch, W.R. & Parker, J.K.: 60-84.

Pickett, S. T., Cadenasso, M. L., Grove, J. M., Nilon, C.H., Pouyat, R.V., Zipperer, W.C. & Constanza, R. (2001). *Urban Ecological System: Linking Terrestrial Ecological, Physical, and Socioeconomic Components of Metropolitan Areas*. *Annual Review of Ecology and Systematics* 32: 127-157.

Pouyat, R., MacDonell, M., Pickett, S., Groffman, P. y Carreiro, M. (1995). Carbon and nitrogen dynamics in oak stands along an urban-rural gradient. *Carbon Forms and Functions in Forest Soils*. J. Kelly y W. McFee. Madison, Soil Sc. Soc. Am.: 569-587. Romero, H., Ordenes, F. y Vásquez, A. (2003). Ordenamiento territorial y desarrollo sustentable a escala regional, ciudad de Santiago y ciudades intermedias en Chile. *Globalización y Biodiversidad: Oportunidades y desafíos para la sociedad chilena*. E. Figueroa y J. Simonetti Editores. Santiago, Programa Interdisciplinario de Estudios en Biodiversidad (PIEB), Universidad de Chile: 167-224.

Romero, H., Toledo, X., Ordenes, F. y Vásquez, A., (2001), *Ecología Urbana y Gestión Ambiental Sustentable de las Ciudades Intermedias Chilenas*. *Ambiente y Desarrollo*, Vol.XVII, N°4,:45-51.

Spirn, A. (1984). *The granite garden: Urban nature and Human Design*. New York, Basic Books.

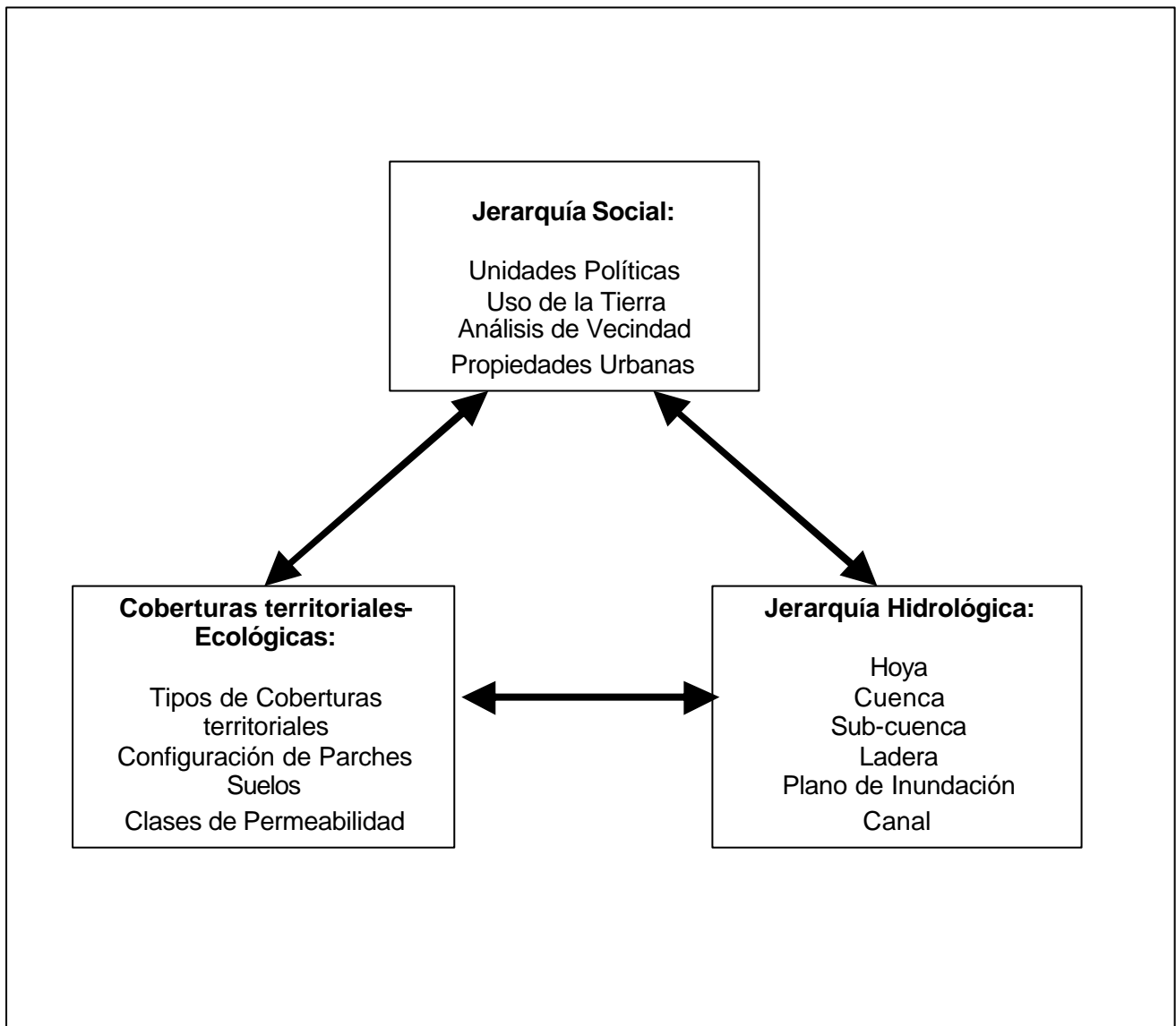
Sukopp, H. (1998). *Urban Ecology - Scientific and Practical Aspect*. *Urban Ecology*. J. Breuste, H. Feldemann and O. Uhlmann. Berlin - Heidelberg, Springer-Verlag: 3-15

Toledo, X., Romero, H. Y Garín, A., (2000), *Segregación socio-espacial de la comuna de Temuco*. *Espacio y Desarrollo*, Pontificia Universidad Católica del Perú N°12: 103-122.

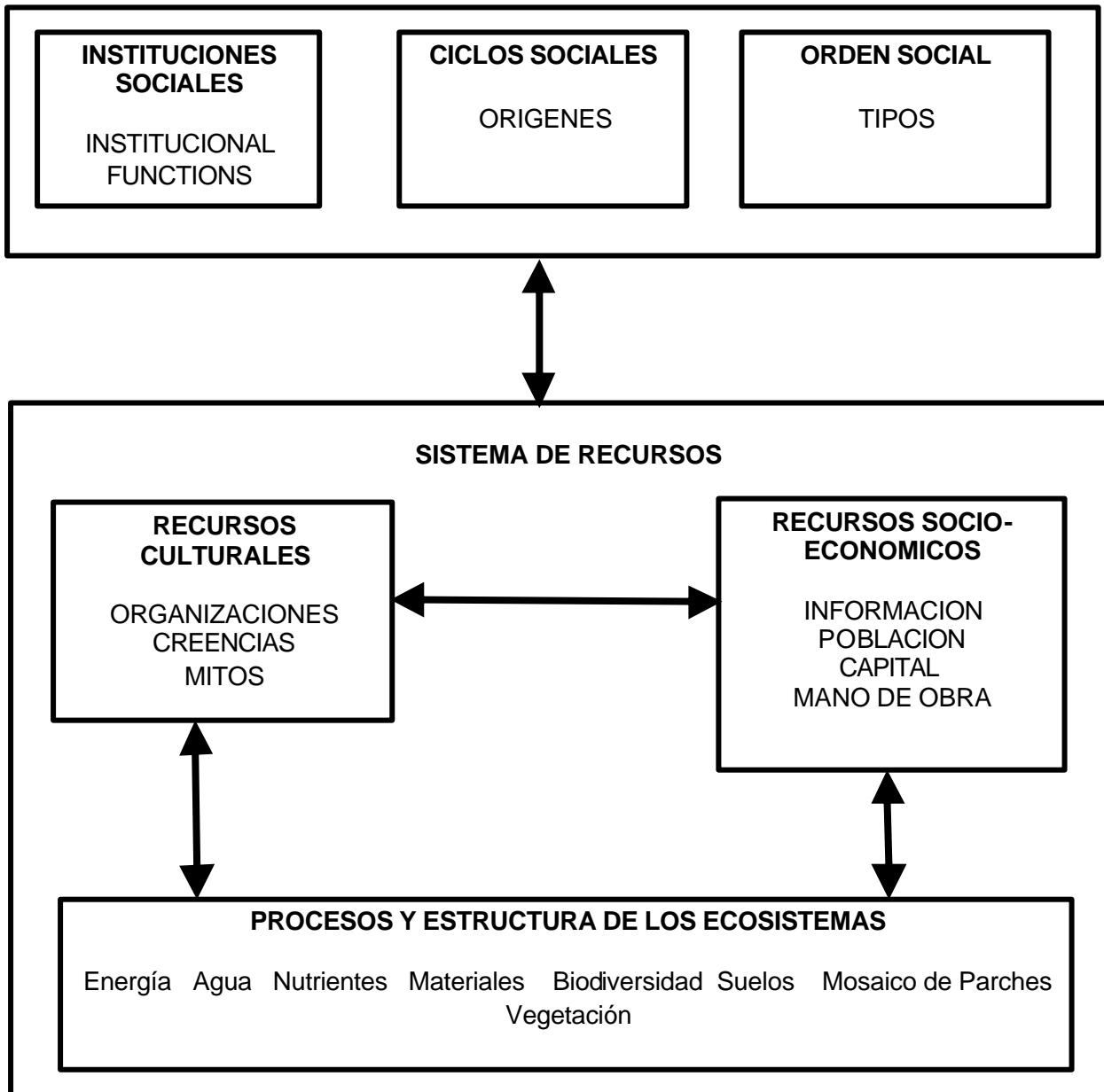
Wheeler, J.O. , Muller, P.O., Thrall, G.I., Fik, T.J. & Hodler, T.W., (1998), *Economic Geography*, John Wiley & Soins, Inc. New York.

Zipperer, W., Foresman, T., Sisinni, S. y Pouyat, R. (1997). "The land unit - a fundamental concept in landscape ecology and its application." *Landscape Ecology* 3: 67-89.





**Fig.1:** Representación de tres jerarquías anidadas de heterogeneidad espacial que corresponden a perspectivas disciplinarias claves empleadas en la modelación de las funciones de las cuencas en áreas urbanas. Las coberturas territoriales representan estructuras ecológicas que controlan la interceptación y el escurrimiento. La jerarquía socio-política contiene unidades nidificadas de la toma de decisiones ambientales y uso de los recursos. La jerarquía hidrológica indica la nidificación de unidades espacialmente diferenciadas conectadas por el escurrimiento y su dinámica. Según Picket et al.2001.



**Fig.2:** Marco de referencia de los ecosistemas humanos para integrar procesos y estructuras biogeofísicas y sociales. La estructura conceptual muestra los componentes más generales de cualquier ecosistema que incluya o sea afectado por los humanos. La nidificación de las cajas indica la inclusión de estructuras o procesos específicos dentro de fenómenos más generales. El sistema social contiene instituciones que funcionan para proveer gobernabilidad, administración de justicia, distribución de servicios de salud, provisión de sustento, etc. El orden social está determinado por factores de identidad de los grupos e individuos, normas de conducta formales e informales, y jerarquías que determinan la asignación de recursos. El sistema de recursos se basa en estructuras y procesos bioecológicos. El sistema de también incluye recursos culturales y socioeconómicos, que interactúan con los bioecológicos para determinar las dinámicas del sistema social. Según Picket et al., 2001.

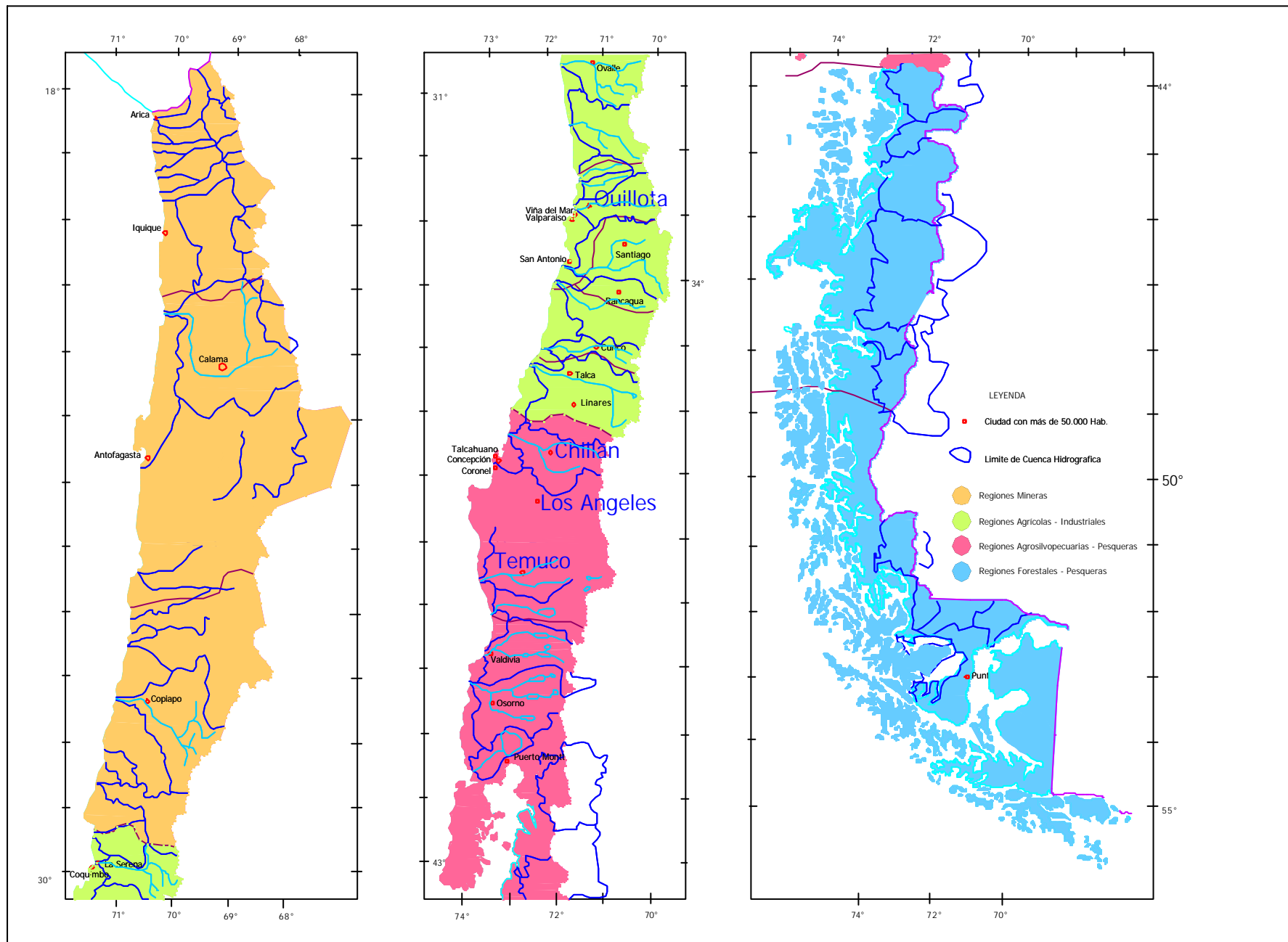


Fig. 3: Ubicación Ciudades Intermedias y principales cuencas hidrográficas y regiones económicas en Chile

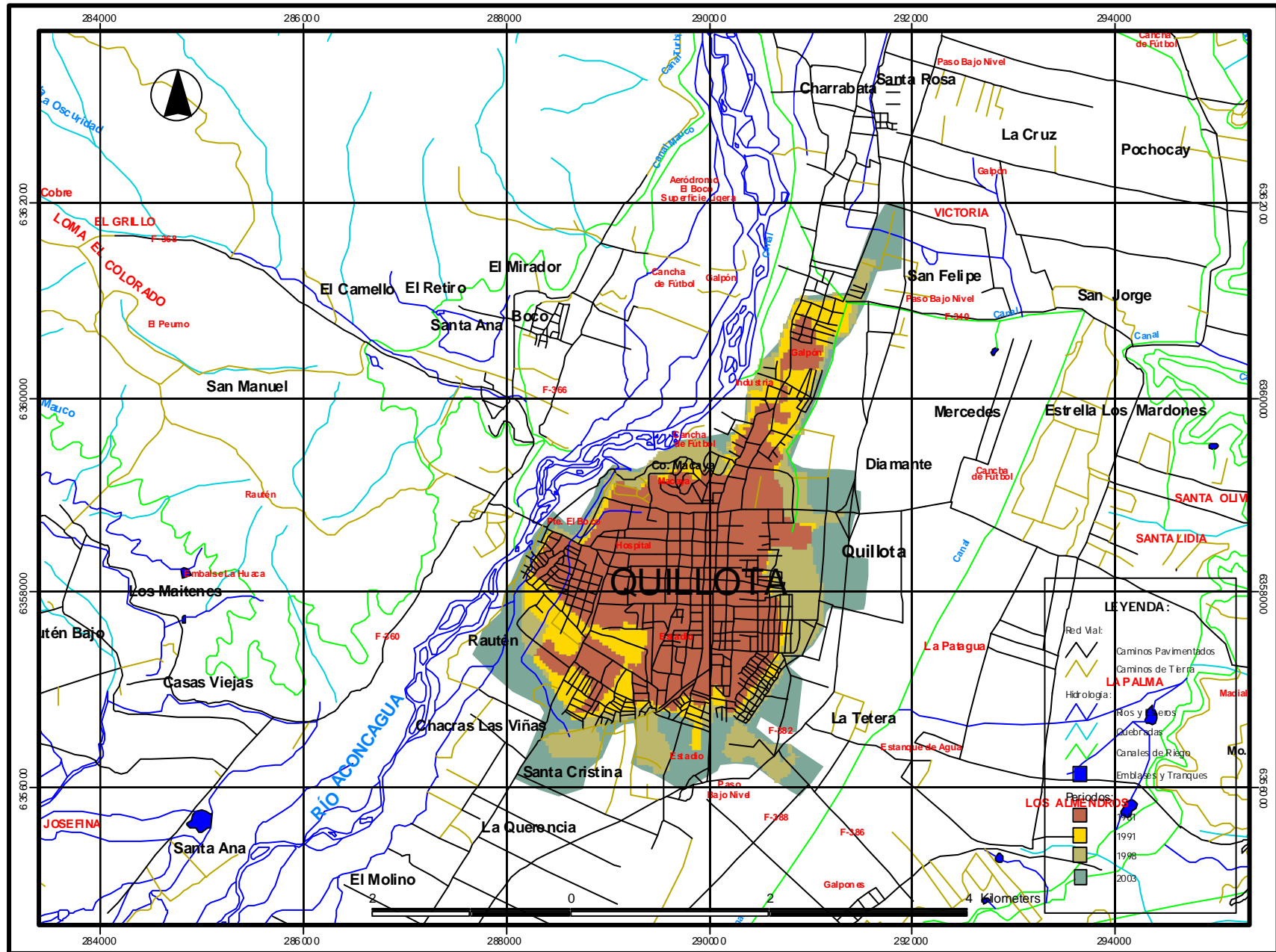


Fig. 4: Quillota: Evolución Límites Urbanos 1981 - 1991 - 1998 - 2003

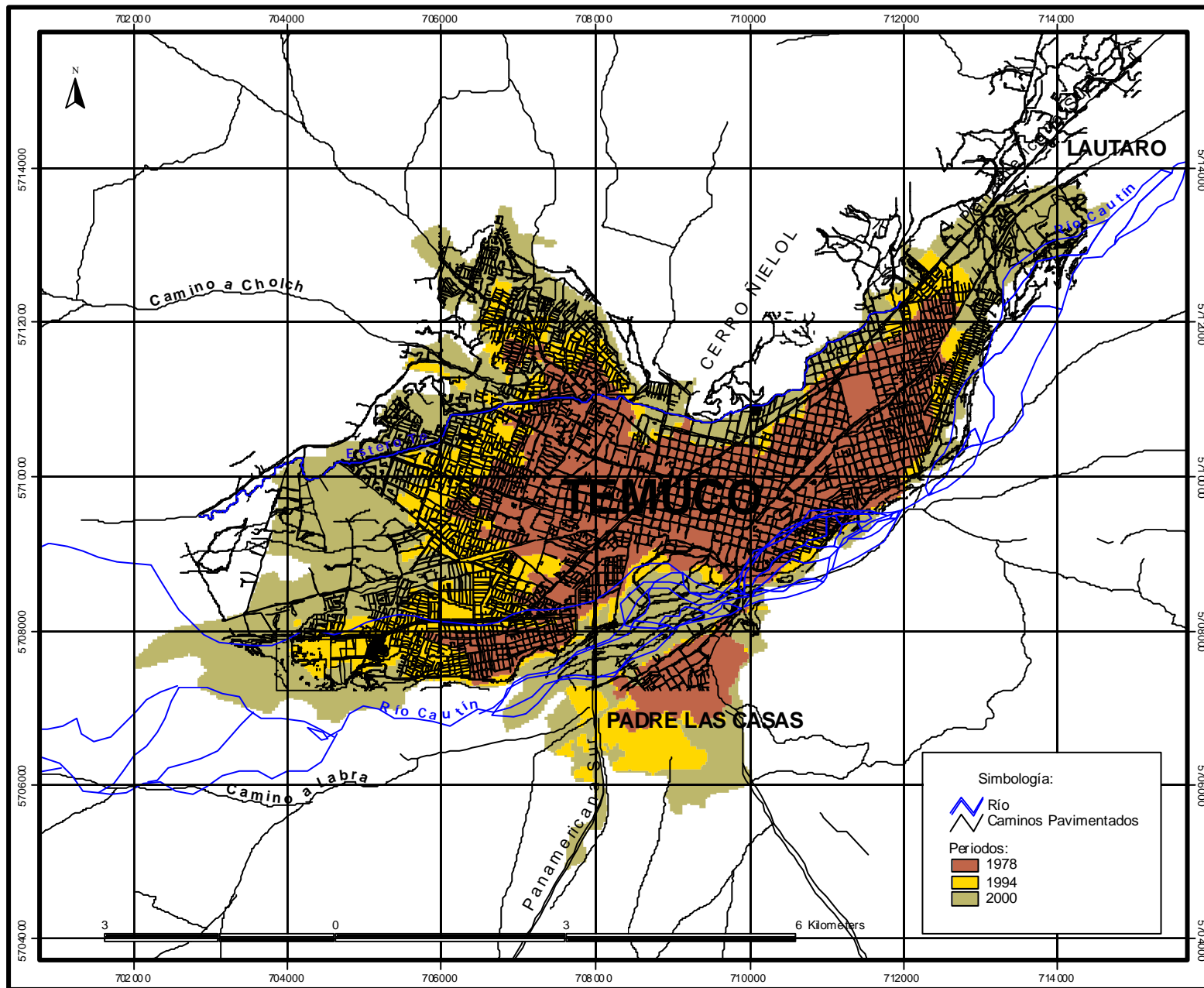


Fig. 5: Temuco: Evolución Límites Urbanos 1978 - 1990 -2000

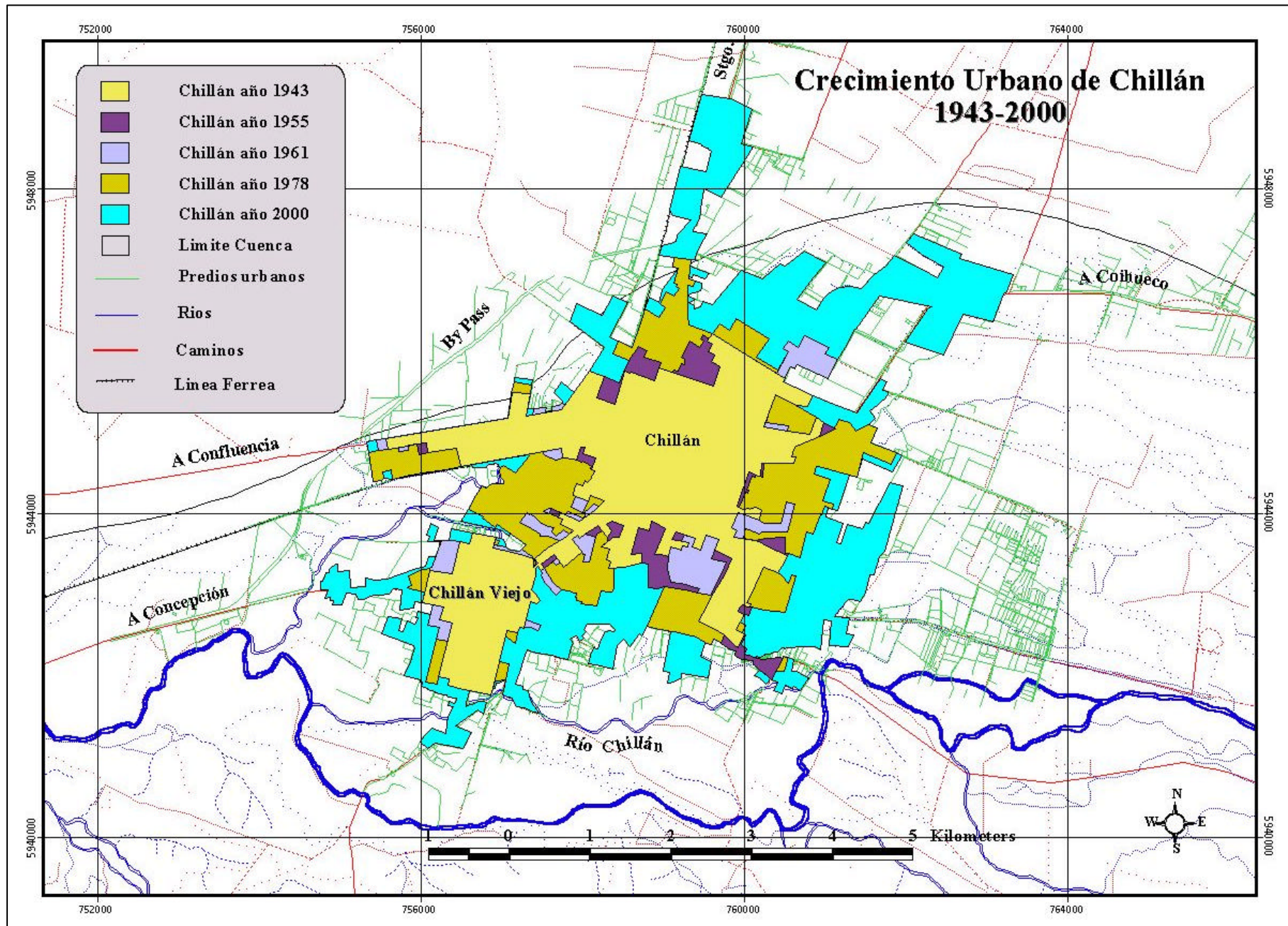


Fig. 6: Crecimiento Urbano de Chillán, 1943 – 2000.

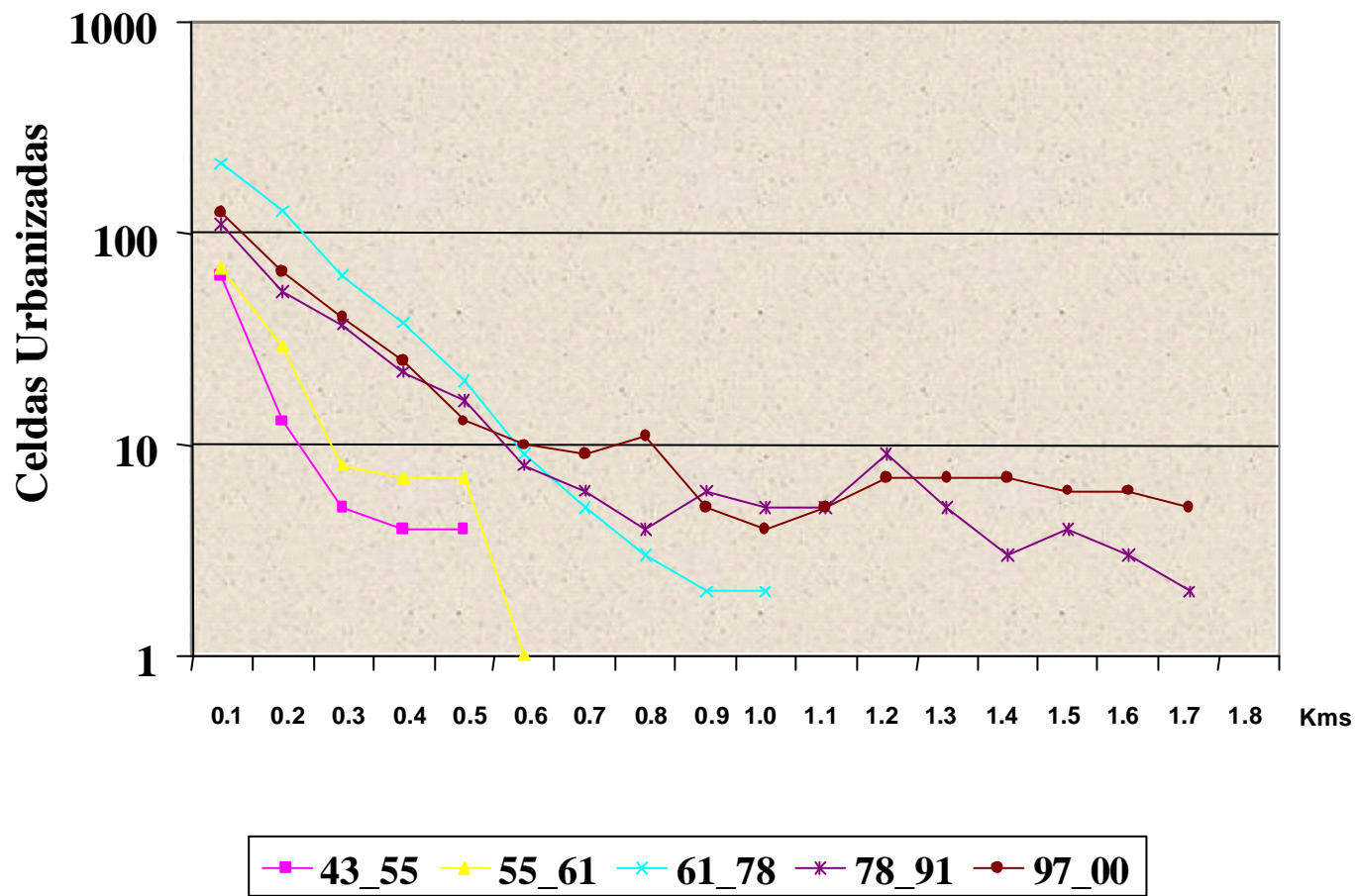


Fig. 7: Aumento de las áreas urbanizadas y la distancia entre áreas urbanas y centro de la ciudad de Chillán entre 1943 y 2000

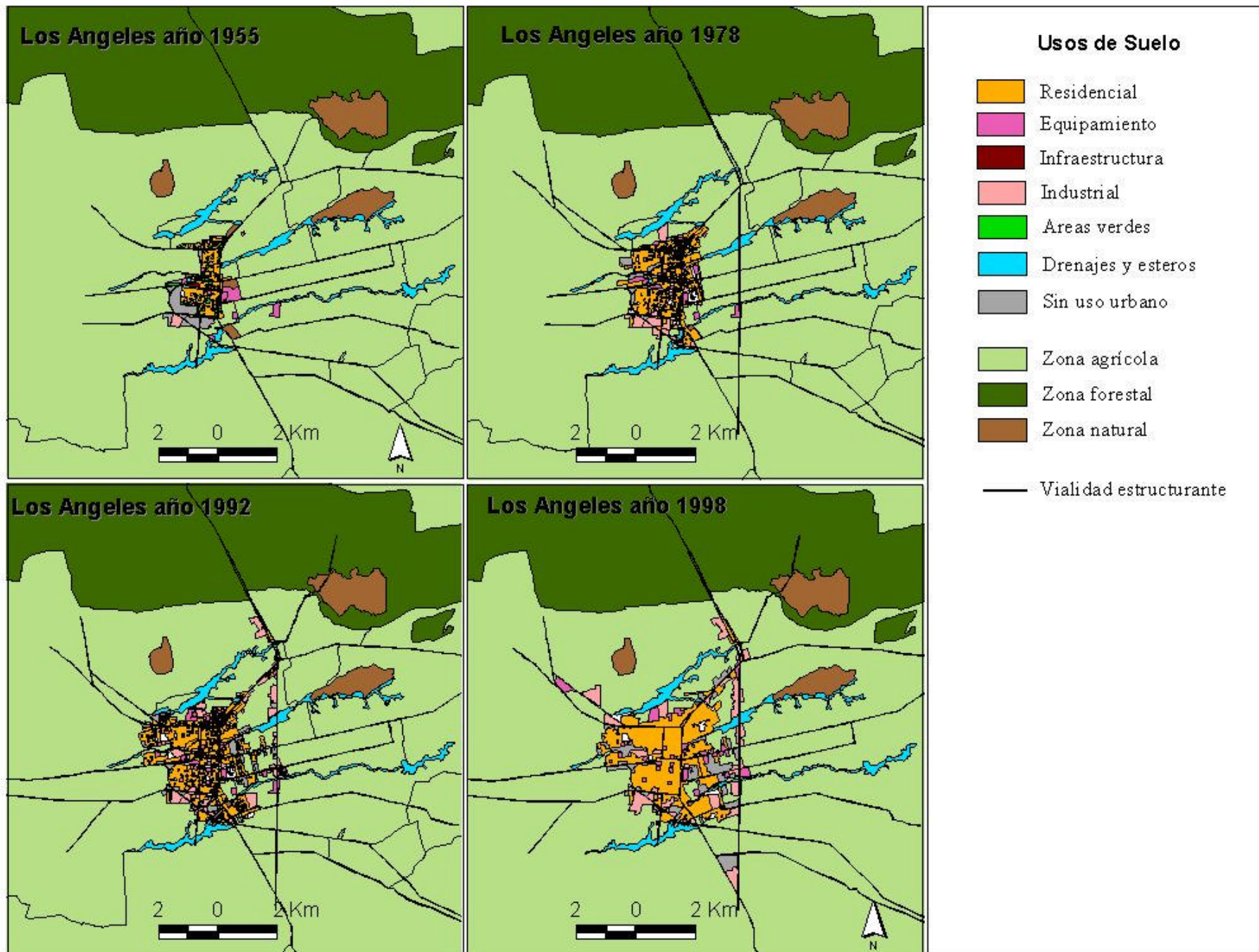


Fig. 8: Evolución del tamaño y fragmentación de los usos del suelo en Los Angeles entre 1955 – 1998.



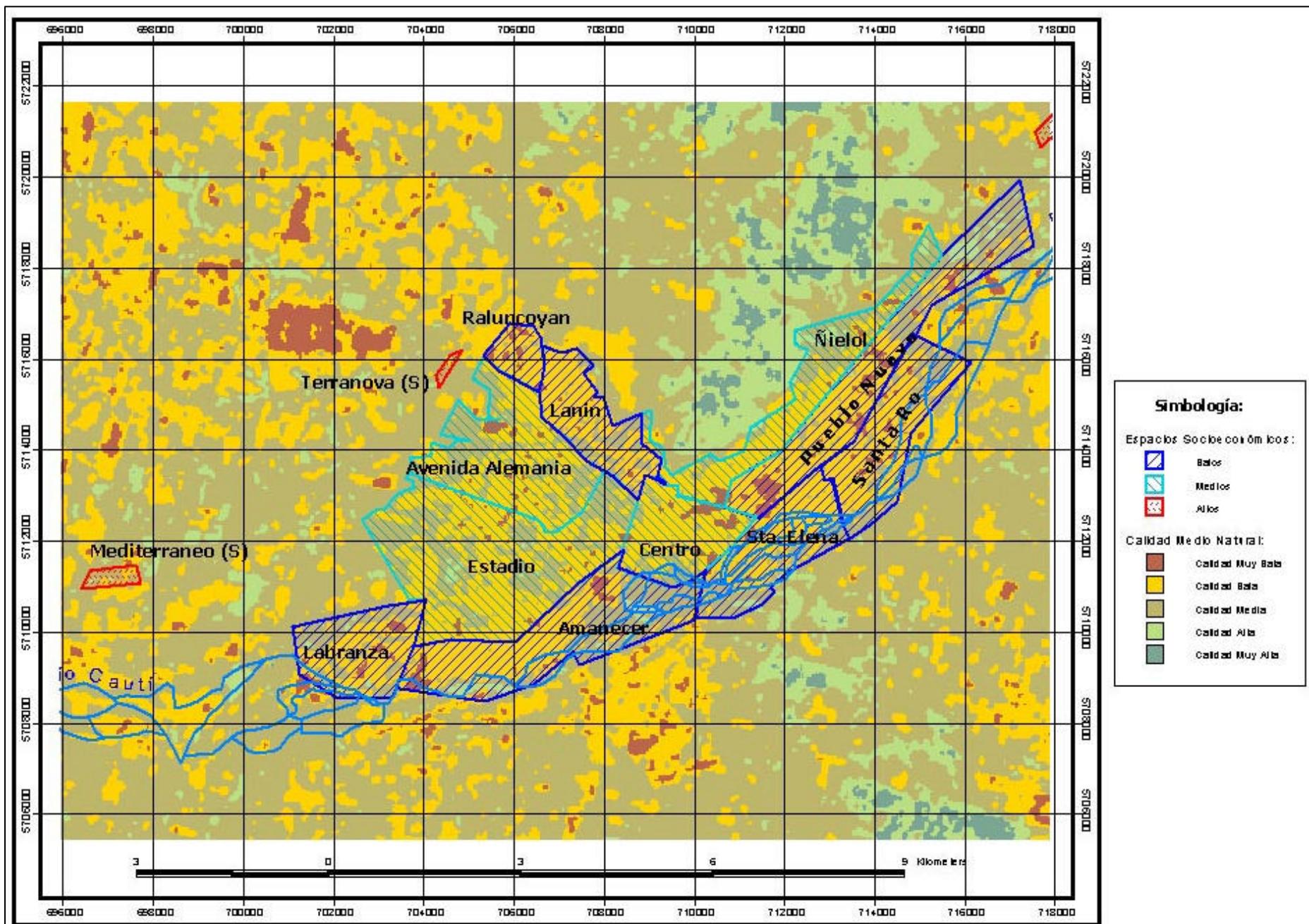


Fig. 9: Síntesis Calidad Ambiental - Espacios Socioeconómicos, Temuco 2001

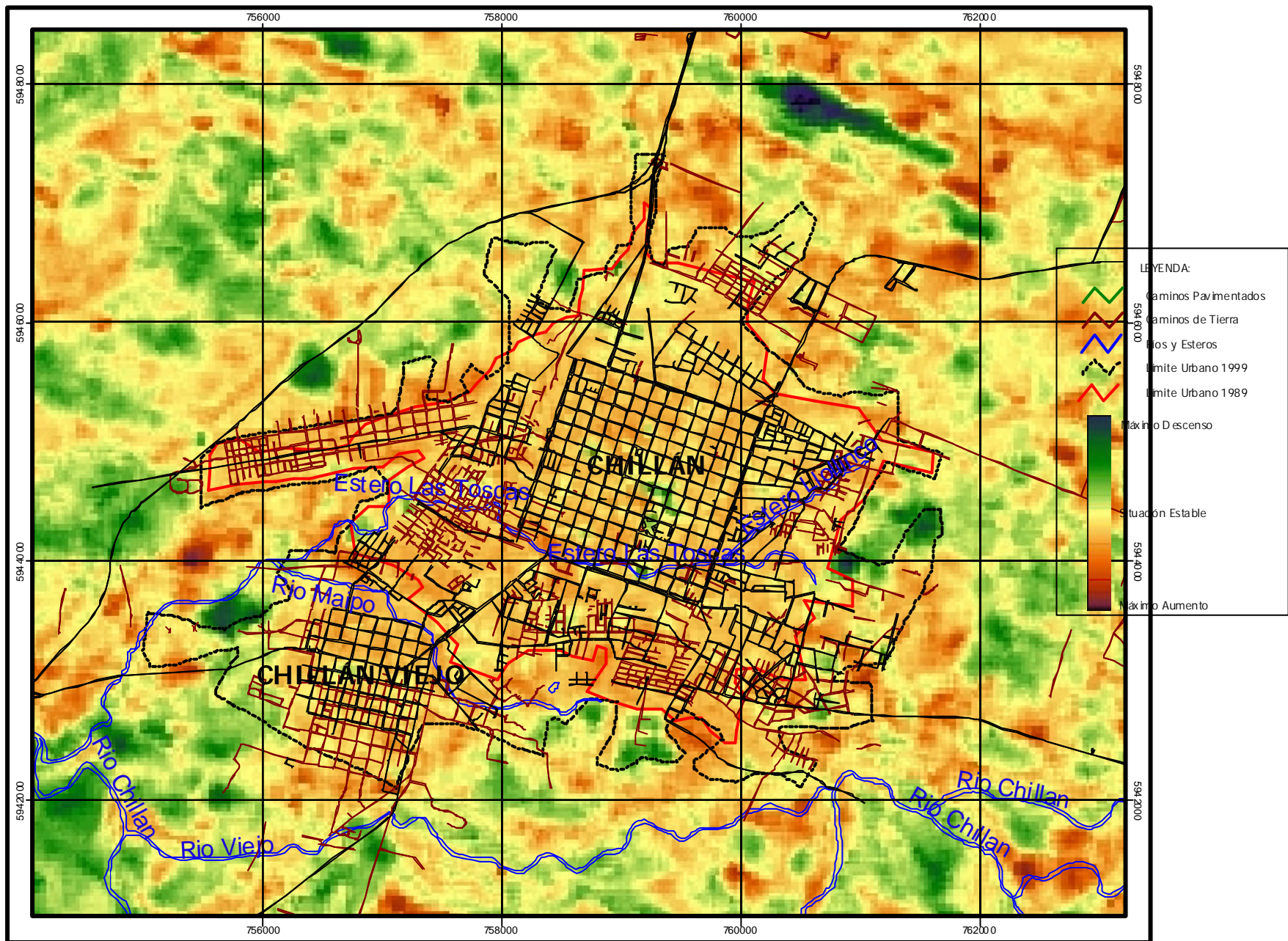


Fig. 10: Cambios en las temperaturas de emisión superficial, Chillán 1989 - 1999

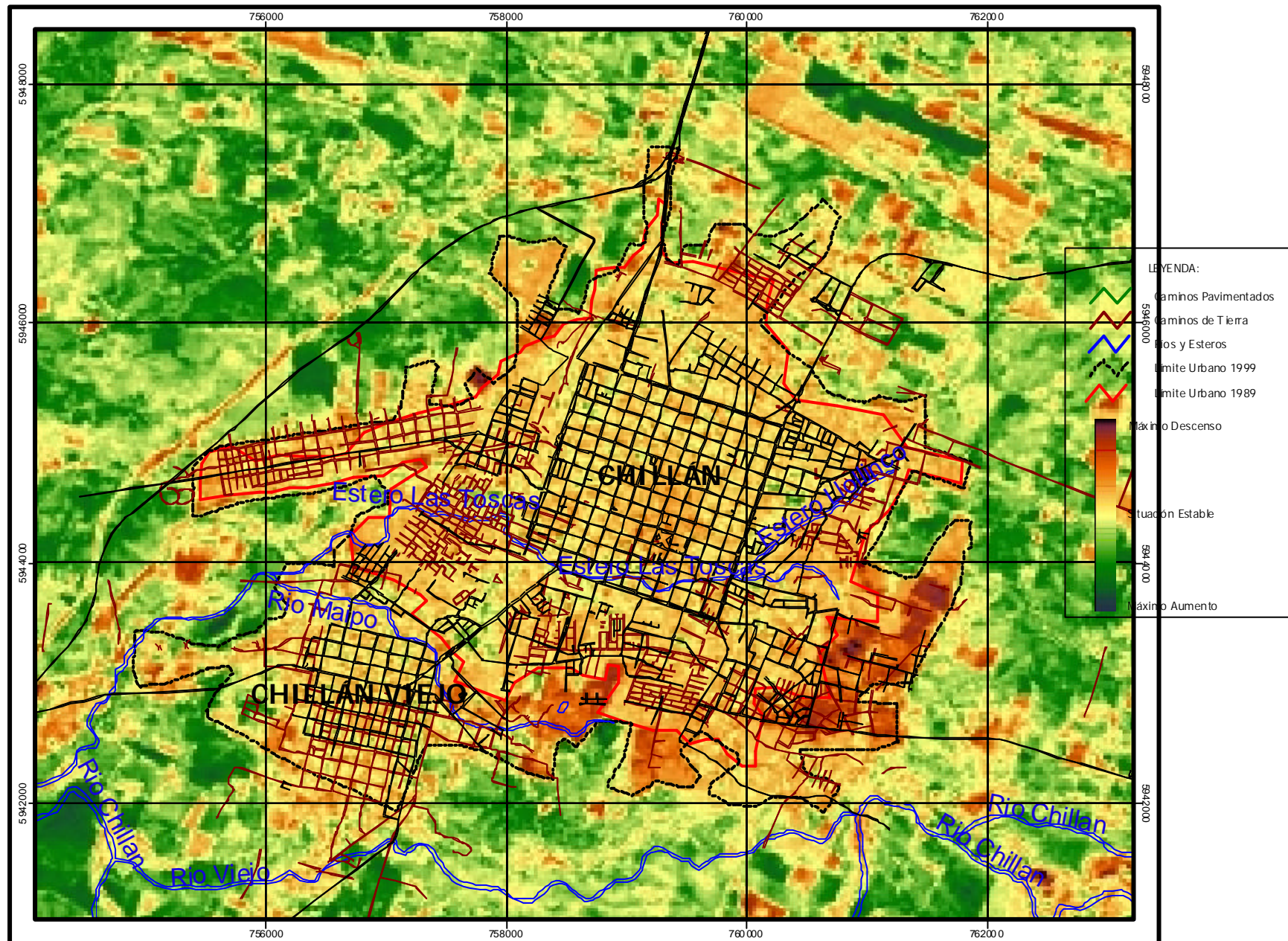


Fig. 11: Cambios en la Productividad Vegetal, Chillán 1989 - 1999

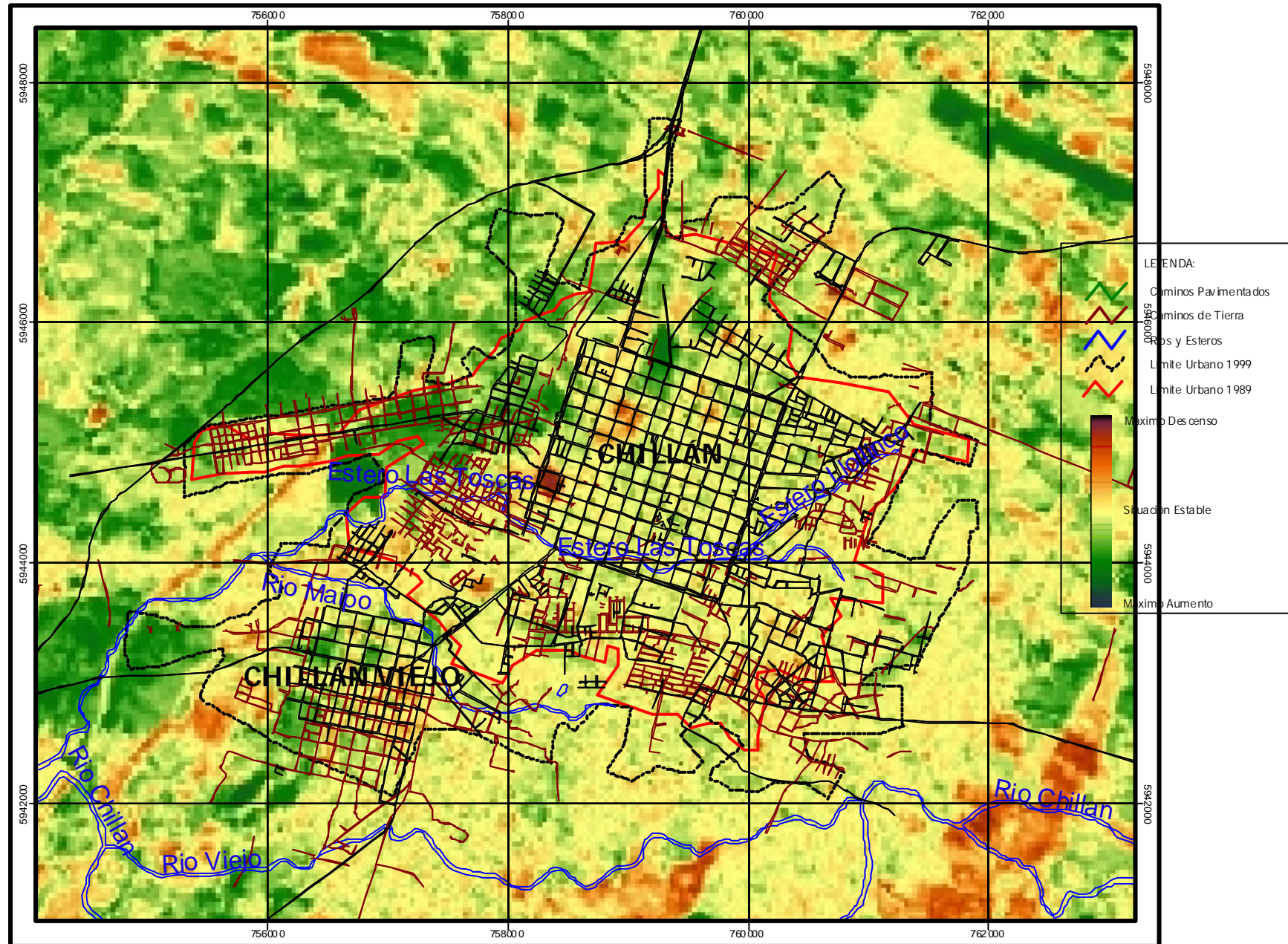


Fig. 12: Cambios en la concentración de biomasa en el suelo, Chillán 1989 - 1999

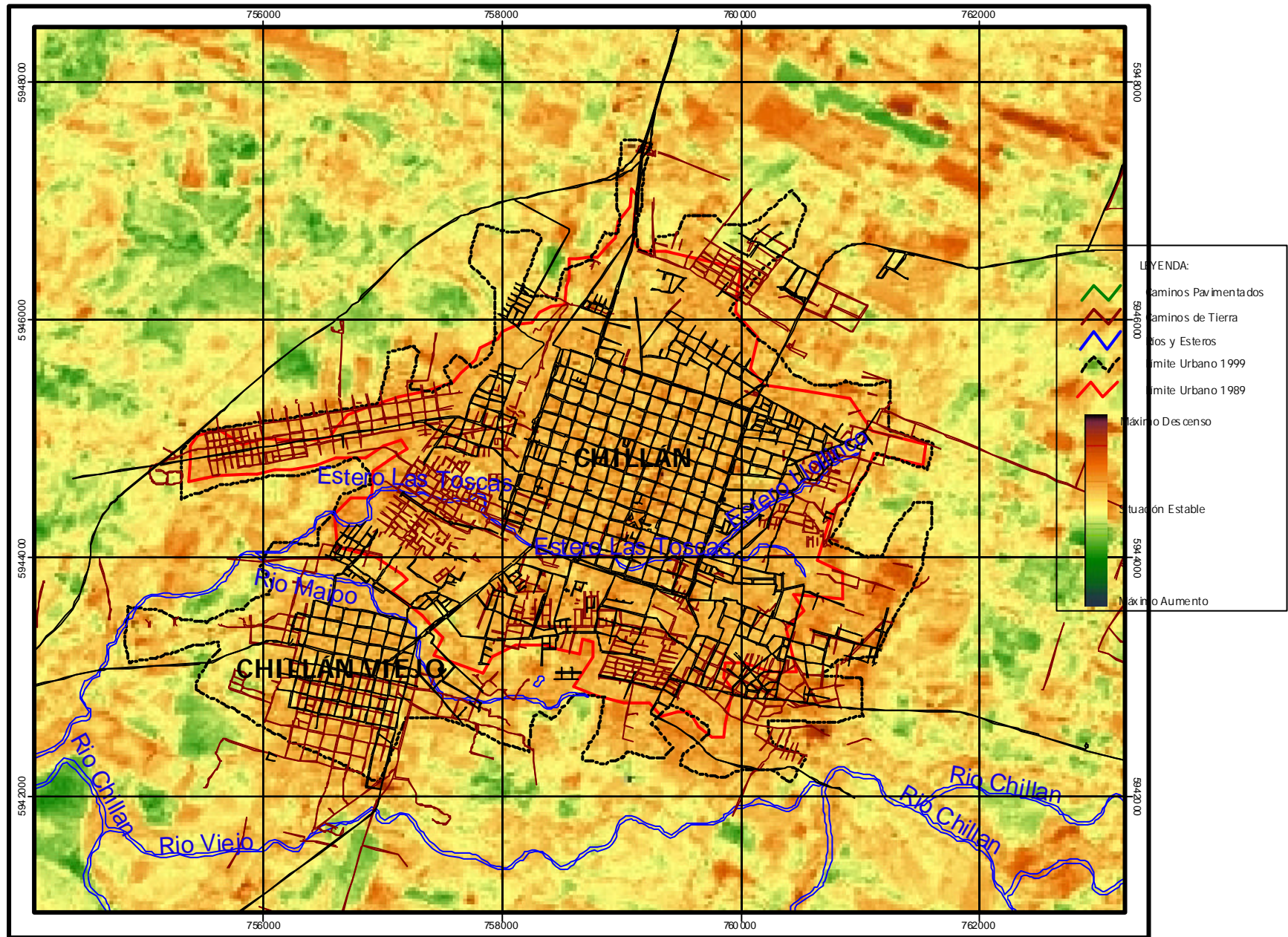


Fig. 13: Cambios en los contenidos de humedad superficial, Chillán 1989 - 1999

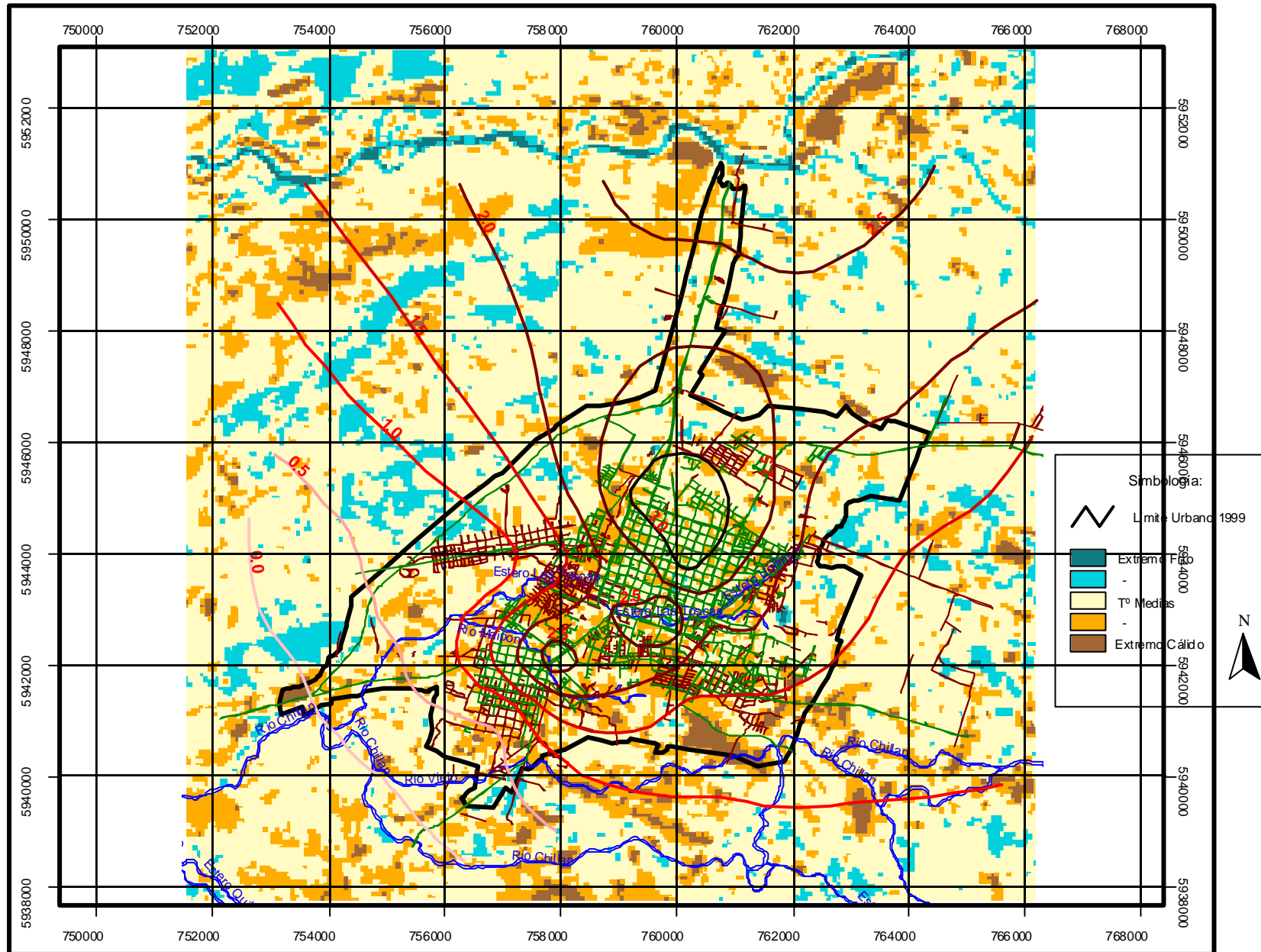
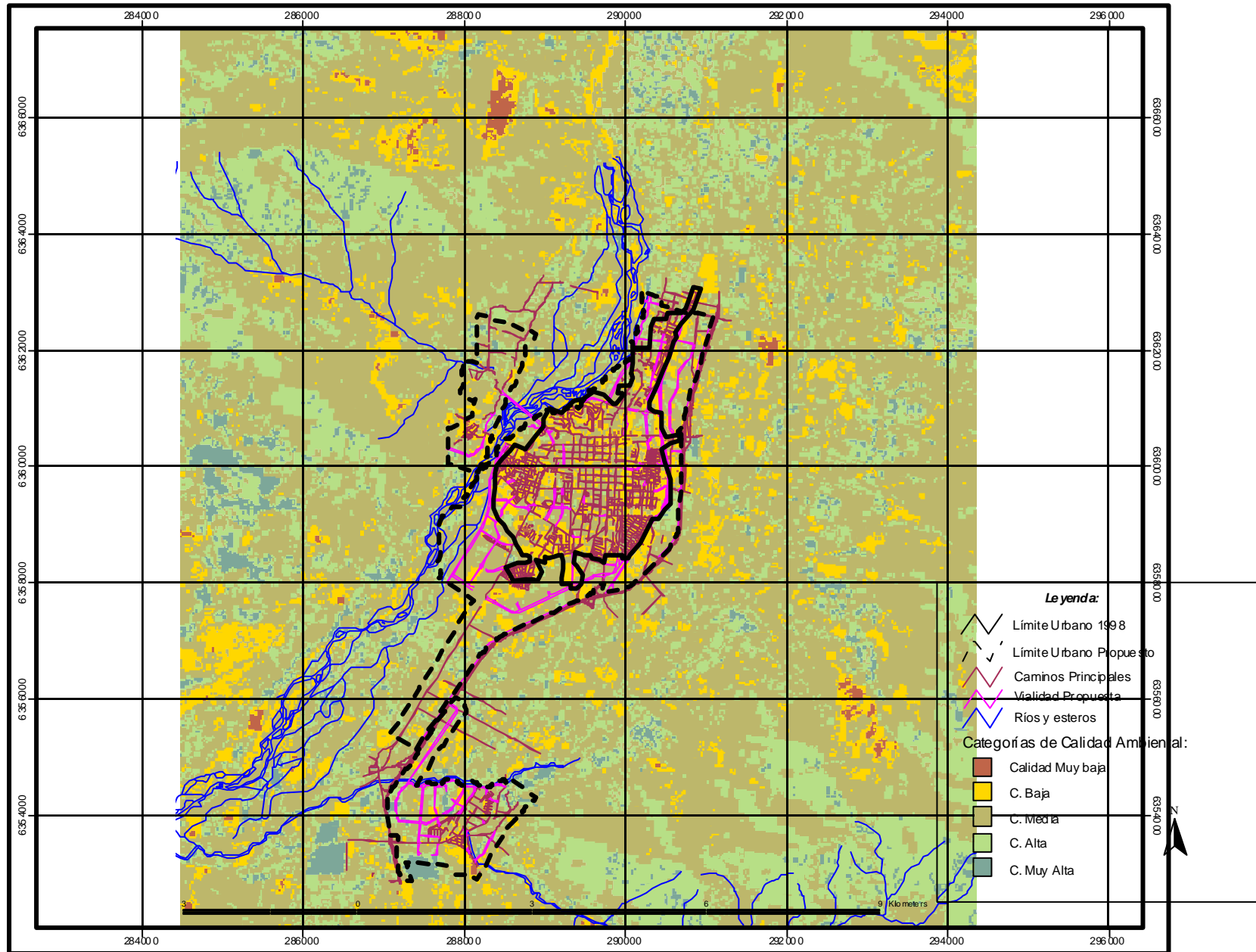


Fig. 14: Comparación de Islas de Calor e Isotermas en Chillán, 1999.



**Fig. 15: Áreas de Calidad Ambiental y Propuesta Plano Regulador, Quillota 2001.**

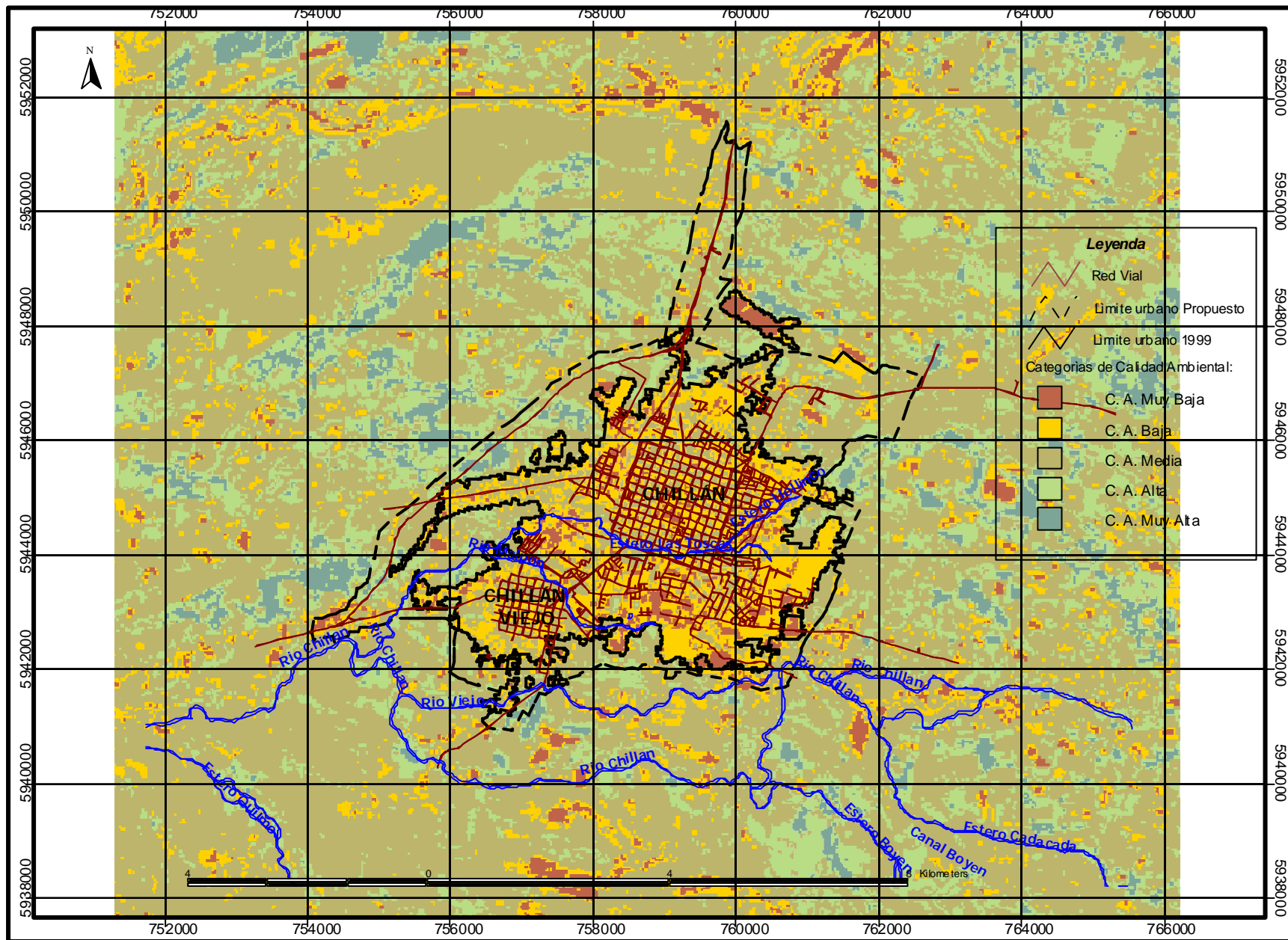


Fig. 16: Áreas de calidad ambiental y Propuesta Plano Regulador, Chillán 1999.



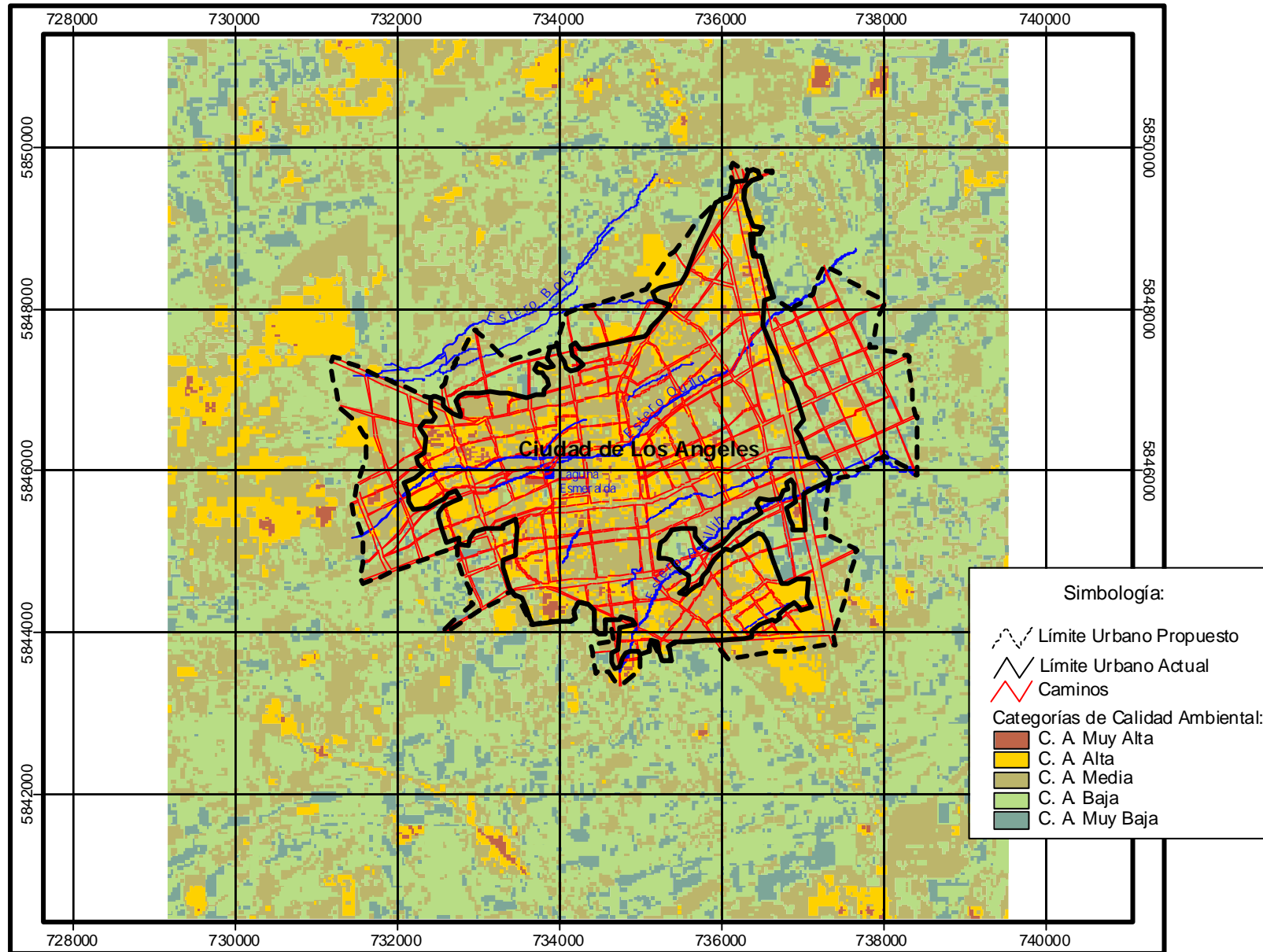


Fig. 17: Áreas de Calidad Ambiental y Propuesta Plano Regulator, Los Angeles 2000

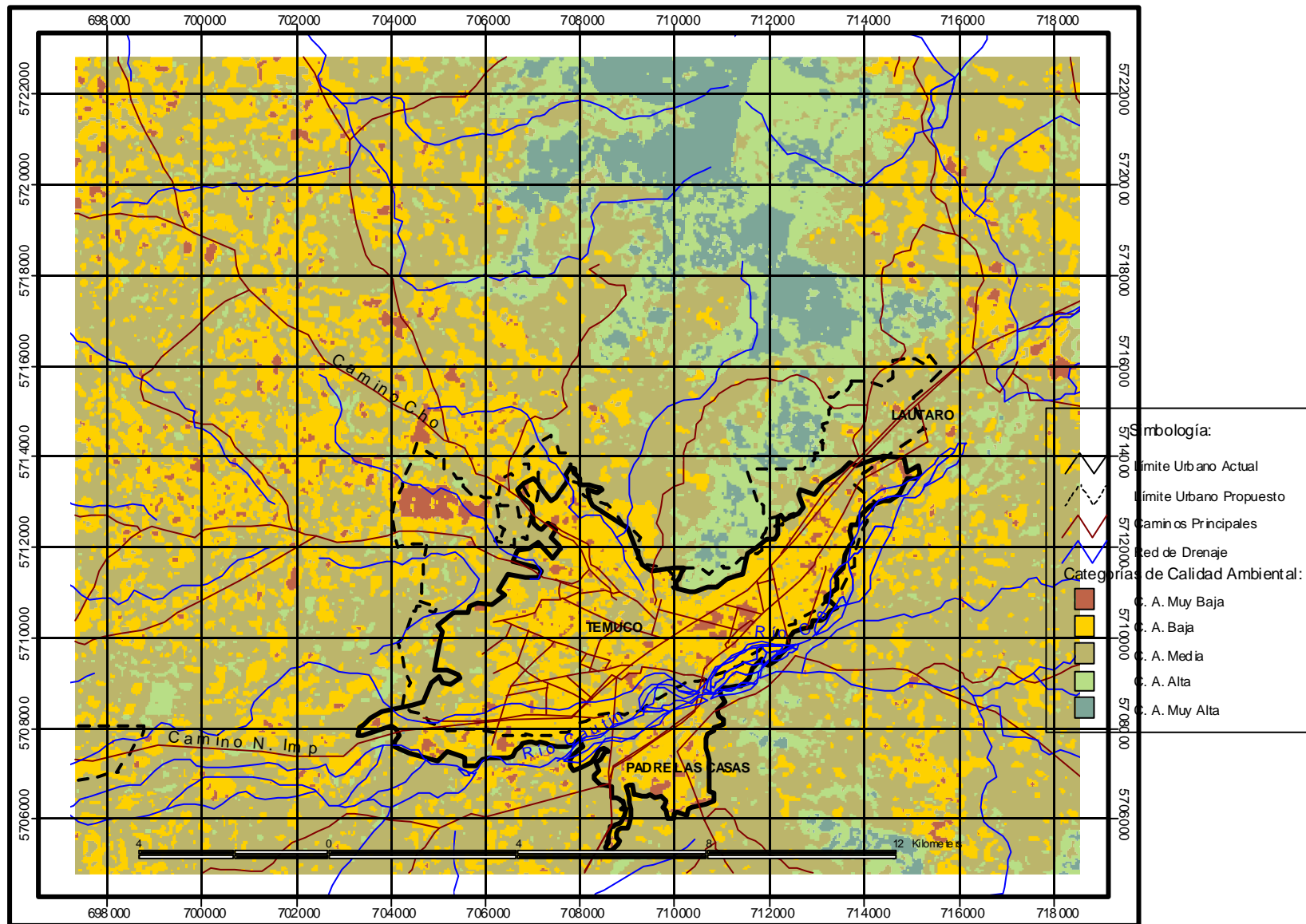


Fig. 18: Áreas de Calidad Ambiental y Propuesta Plano Regulador, Temuco 2000.



Fig. 19a: Estaciones de Muestreo: Calidad del Agua

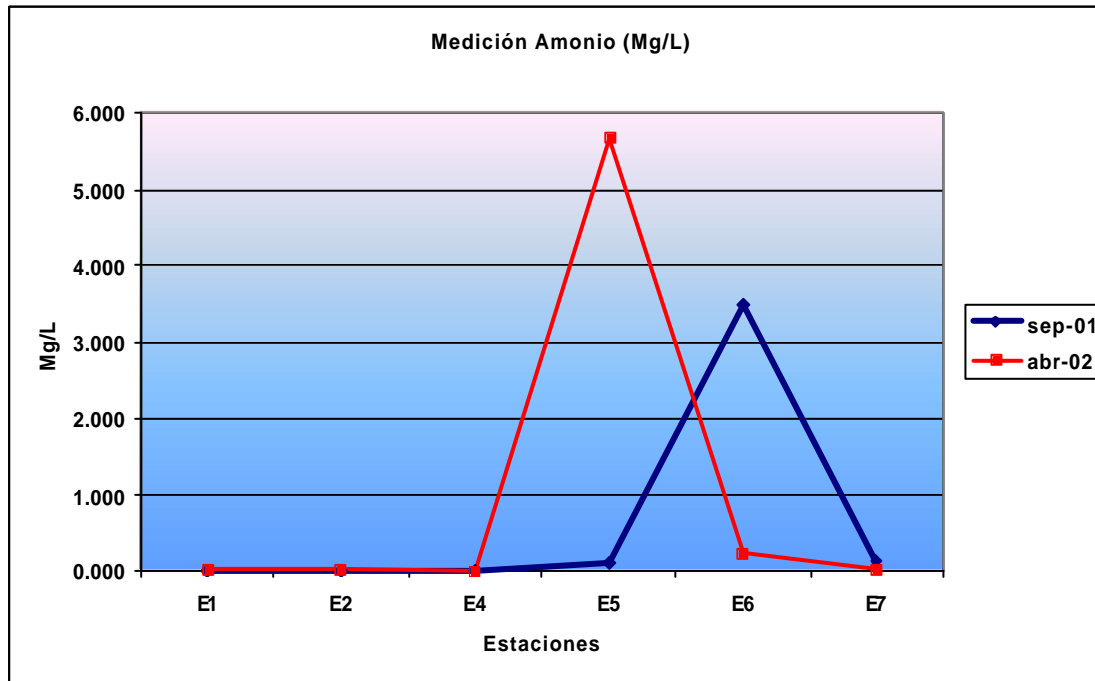
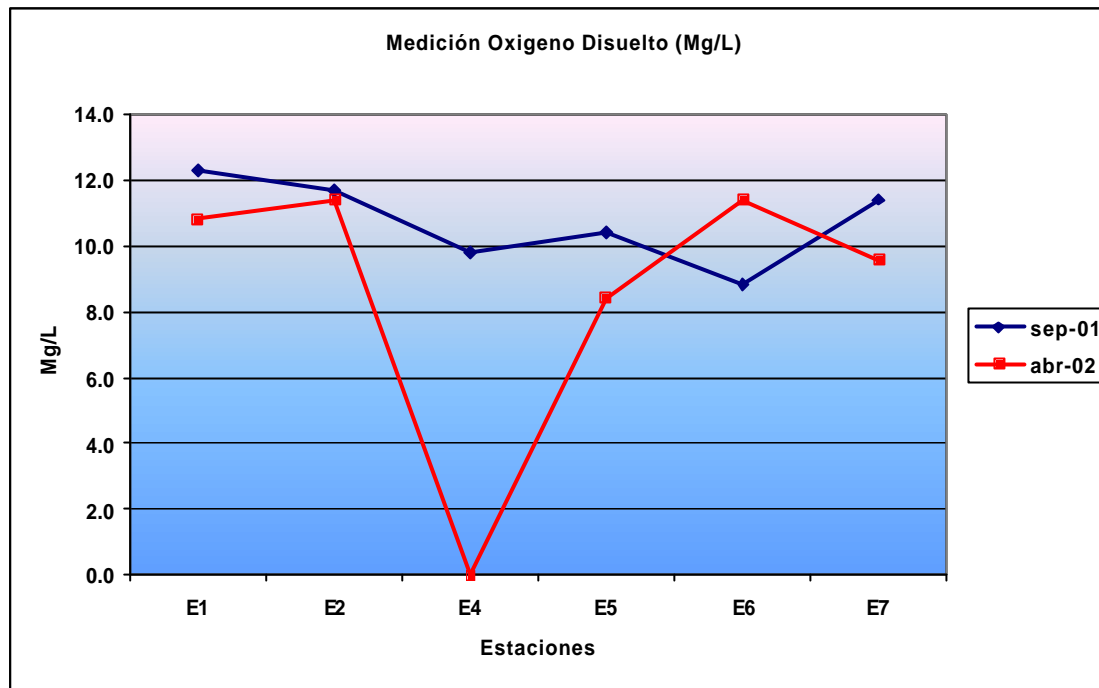


Fig. 19b: Graficas de Calidad de Aguas, estaciones de muestreo en Temuco, 2002

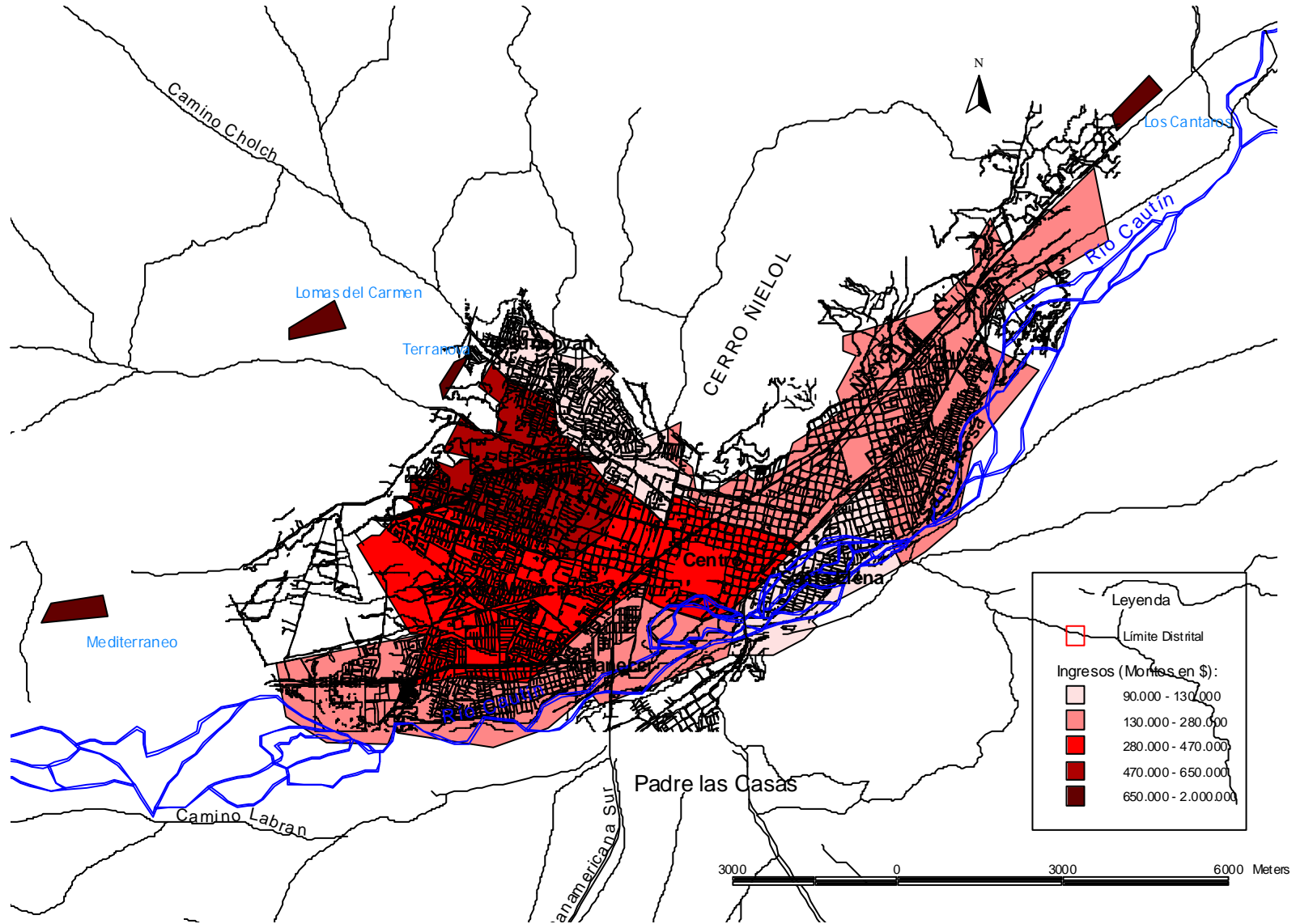


Figura N° 20a: Ingreso promedio por hogar en distritos censales, Temuco, año 2001.

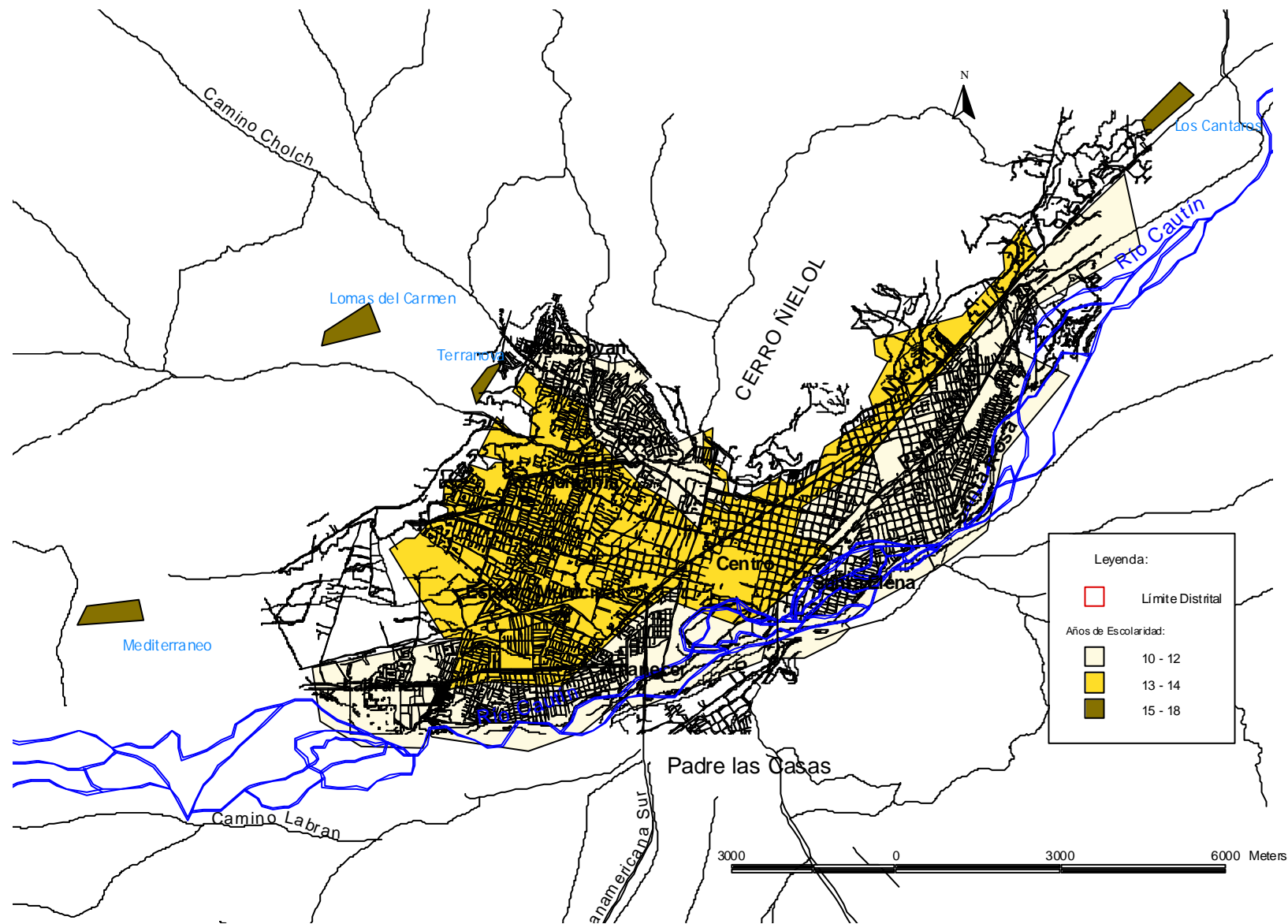


Figura N° 20b: Años de escolaridad promedio por distritos censales en Temuco, año 2001.

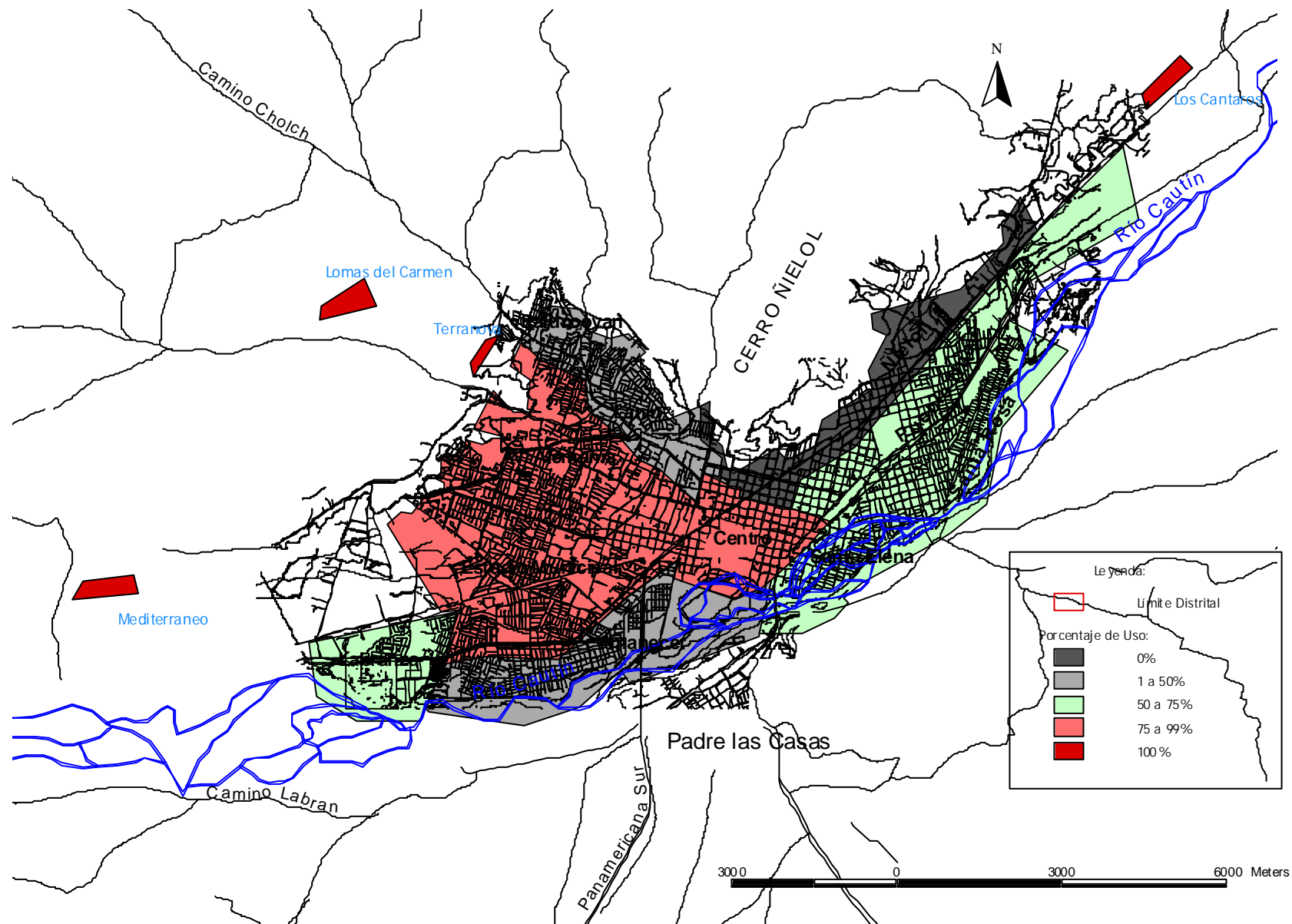


Figura N°20c: Porcentaje de población que emplea el automóvil privado como medio de transporte por distritos censales en Temuco, año 2001.

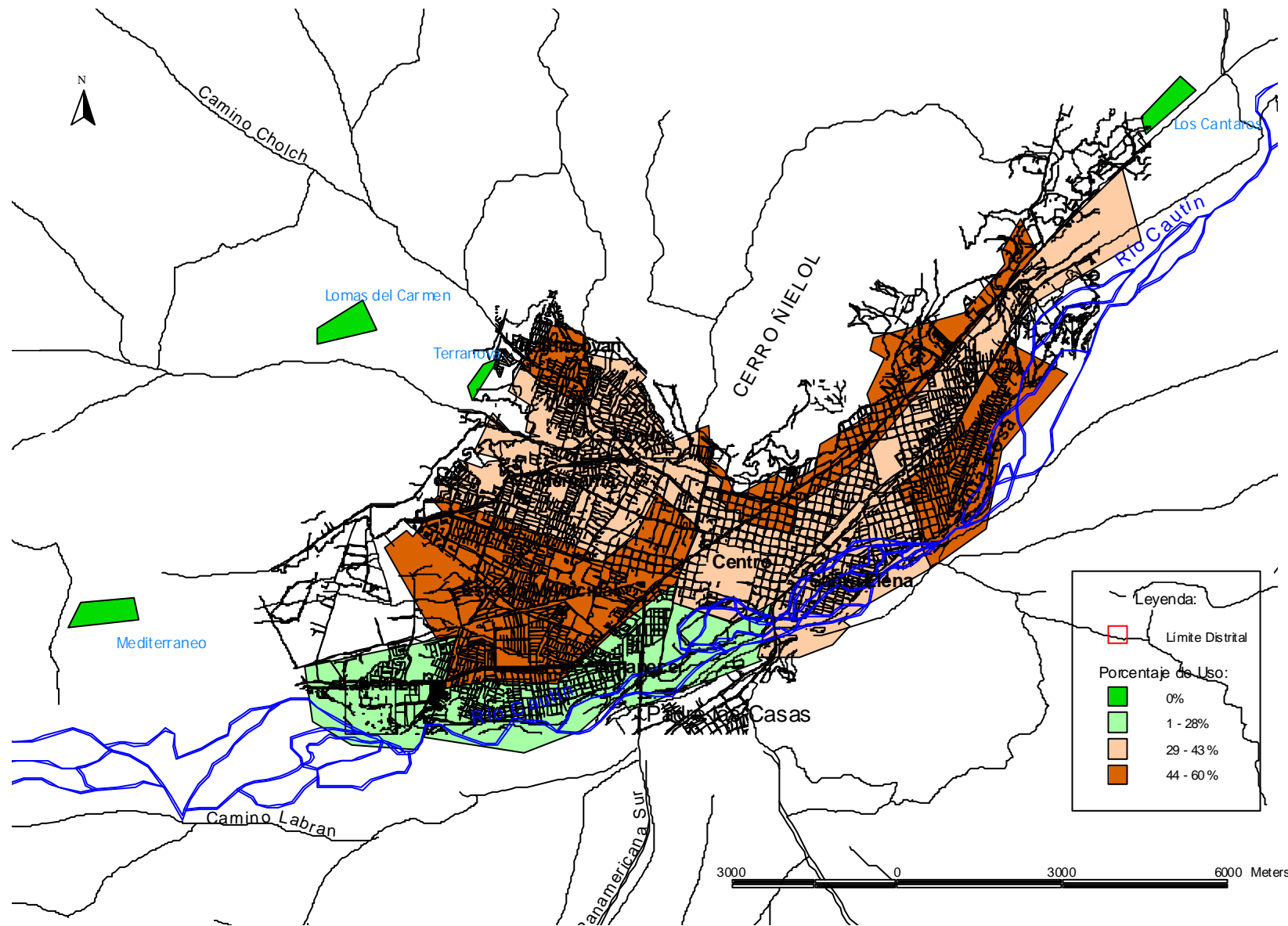


Figura N° 20d: Porcentaje de uso de Leña (Combustible) para distritos censales en Temuco, año 2001.



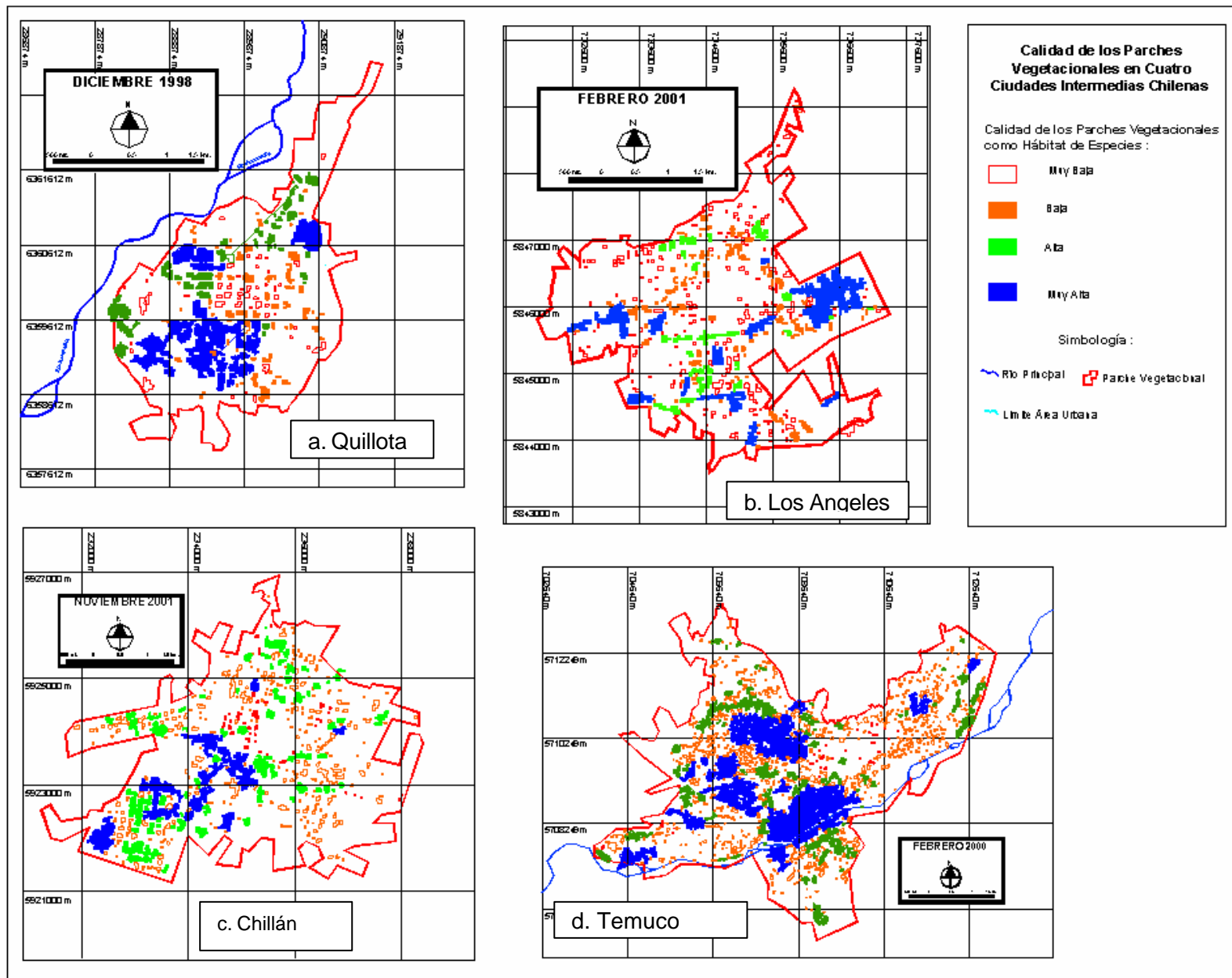


Fig. 21: calidad de los parches vegetacionales en cuatro ciudades intermedias chilenas

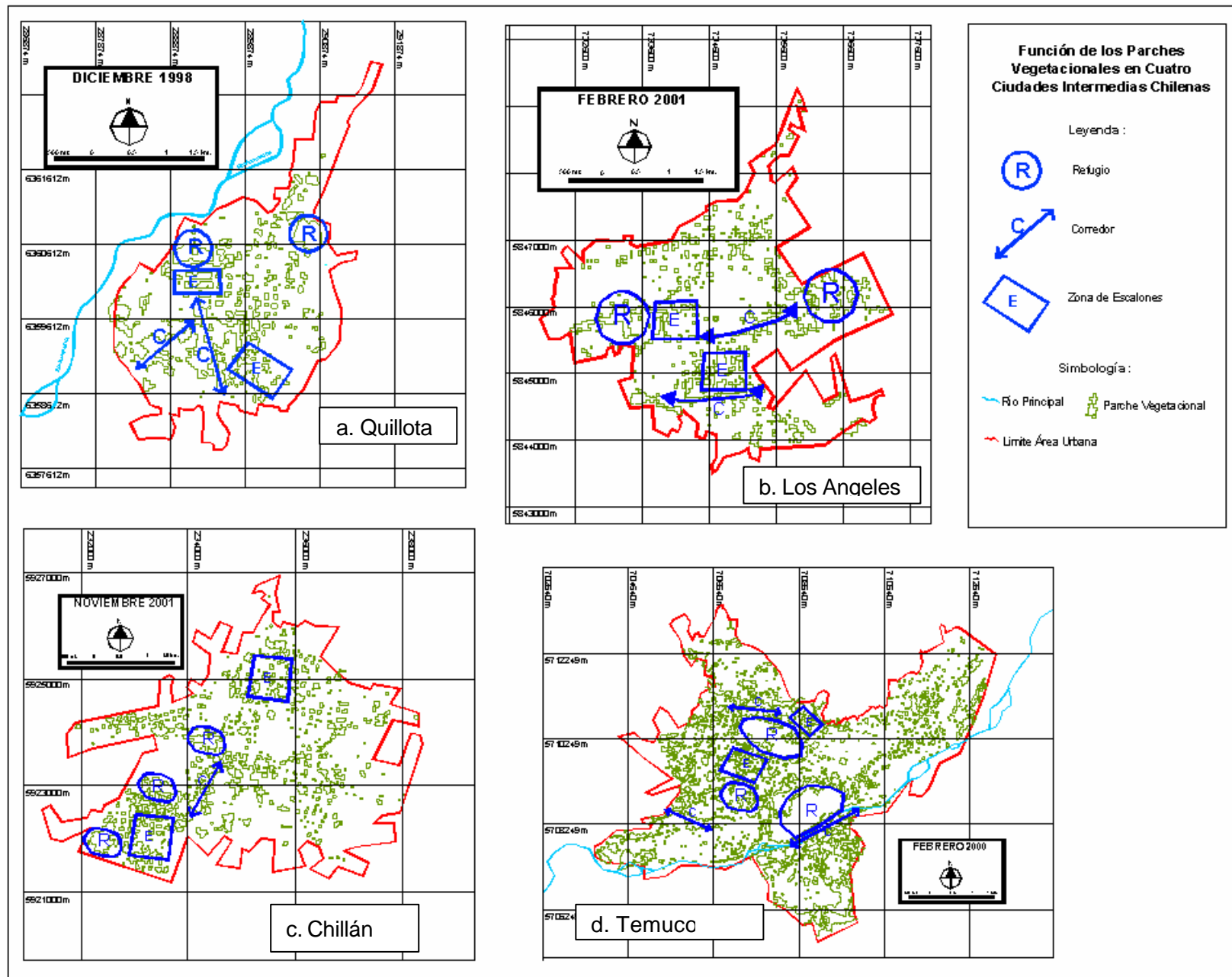


Fig. 22: Función de los parches vegetacionales en cuatro ciudades intermedias chilenas.

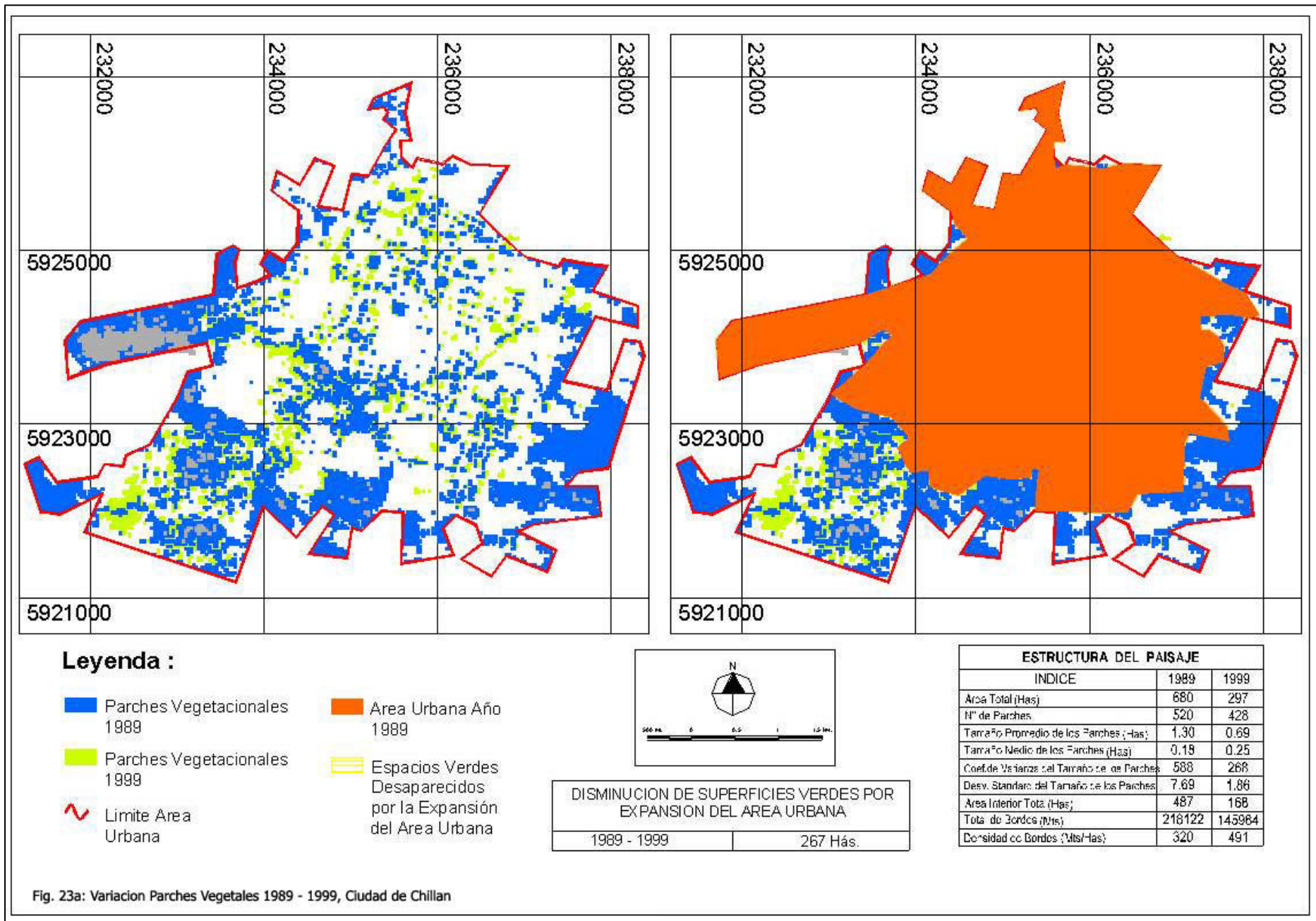
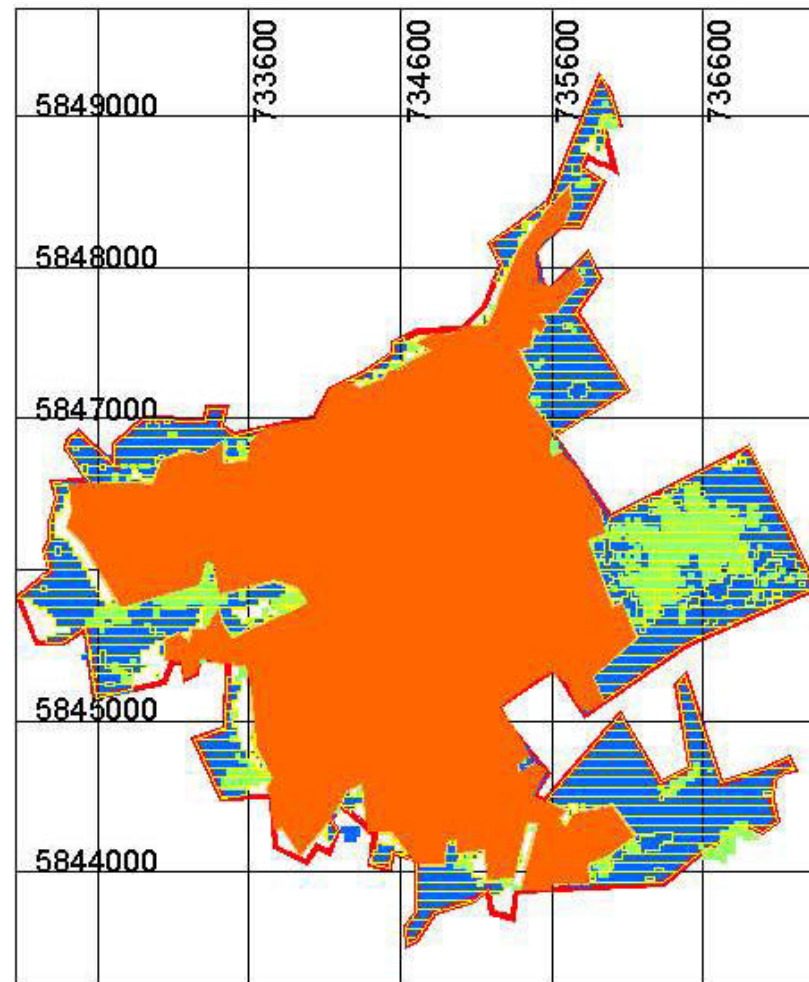
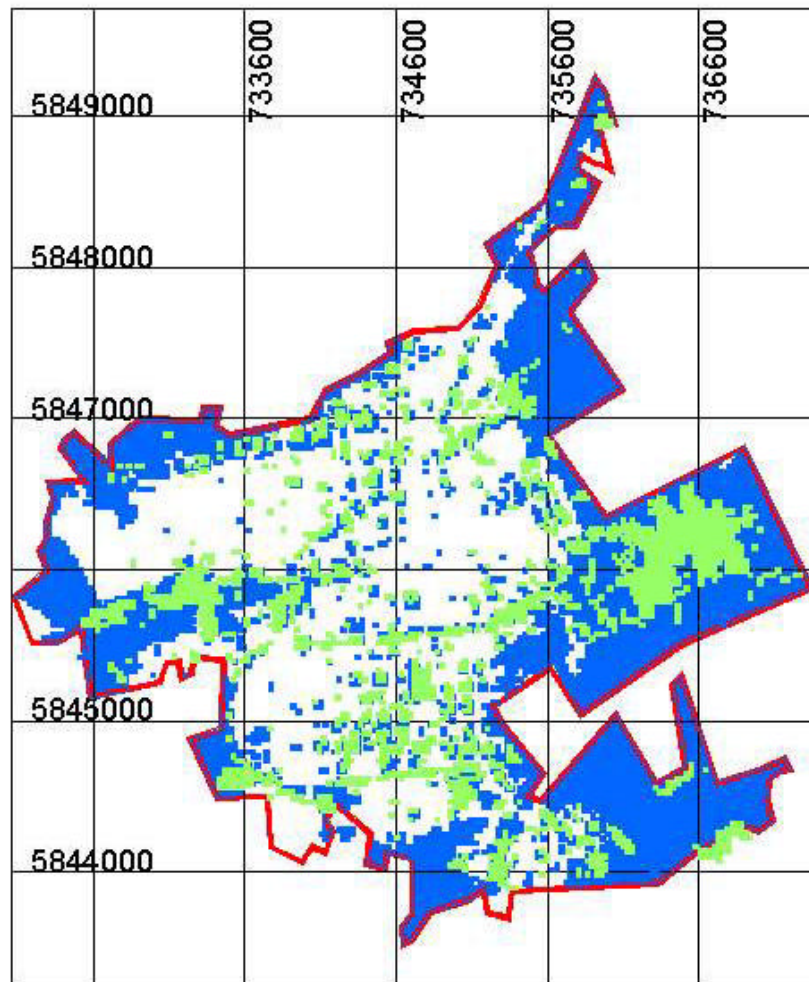
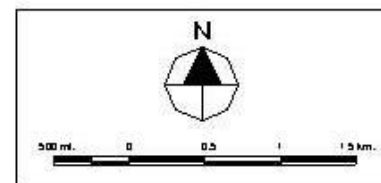


Fig. 23a: Variación Parches Vegetales 1989 - 1999, Ciudad de Chillan



**Legenda :**

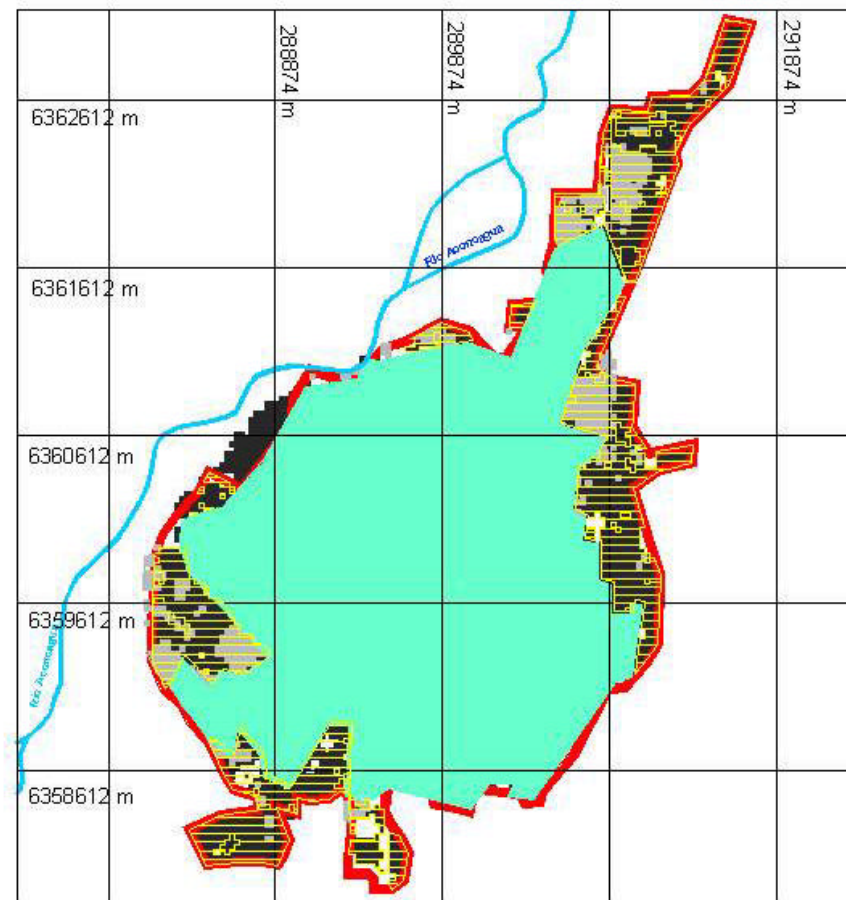
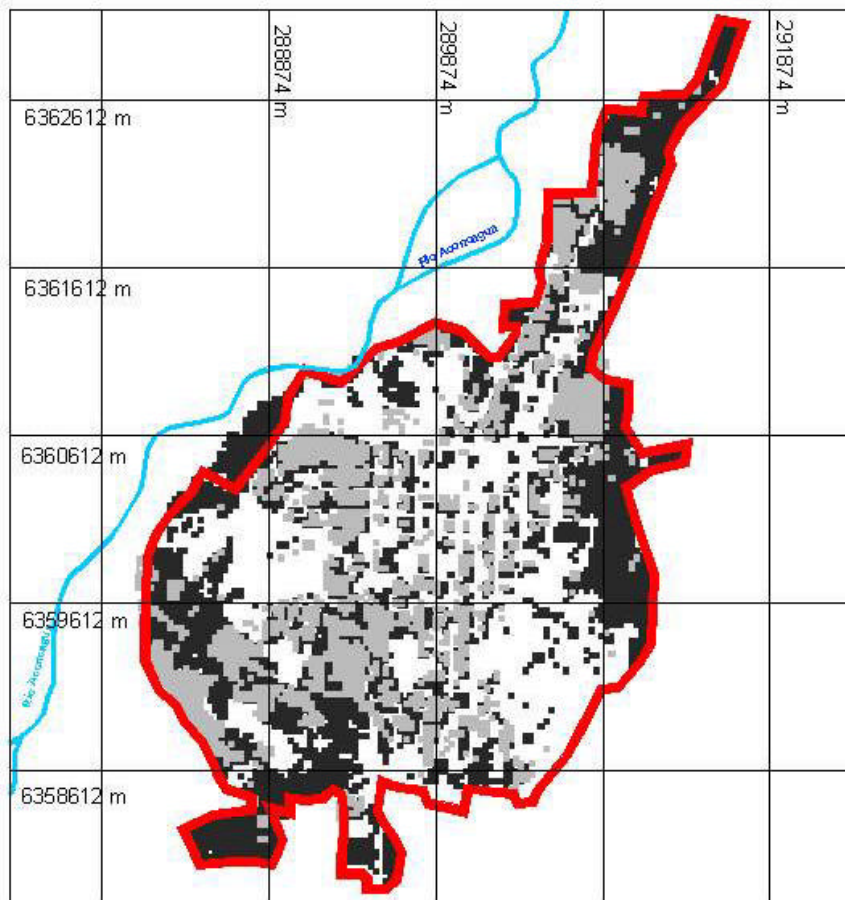
- Parches Vegetacionales 1989
- Area Urbana Año 1989
- Parches Vegetacionales 2001
- Espacios Verdes Desaparecidos por la Expansión del Area Urbana
- Limite Area Urbana



DISMINUCION DE SUPERFICIES VERDES POR EXPANSION DEL AREA URBANA.  
 1989: 2101      362 Héc.

| ESTRUCTURA DEL PAISAJE                    |        |        |
|---|--------|--------|
| INDICE                                    | 1989   | 2001   |
| Area Total (Has)                          | 670    | 183    |
| Nº de Parches                             | 292    | 352    |
| Tamaño Promedio de los Parches (Has)      | 2.29   | 0.52   |
| Tamaño Medio de los Parches (Has)         | 0.18   | 0.18   |
| Coeff. Varianza del Tamaño de los Parches | 7.0    | 43.7   |
| Desv. Estándar del tamaño de los parches  | 16.3   | 2.28   |
| Area Interior Total (Has)                 | 542    | 97.9   |
| Toler. de Bordos (Mts)                    | 141763 | 101043 |
| Densidad de Bordos (Mts Has)              | 211    | 549    |

Fig. 23b: Variación Parches Vegetales 1989 - 2001, Ciudad de Los Angeles.



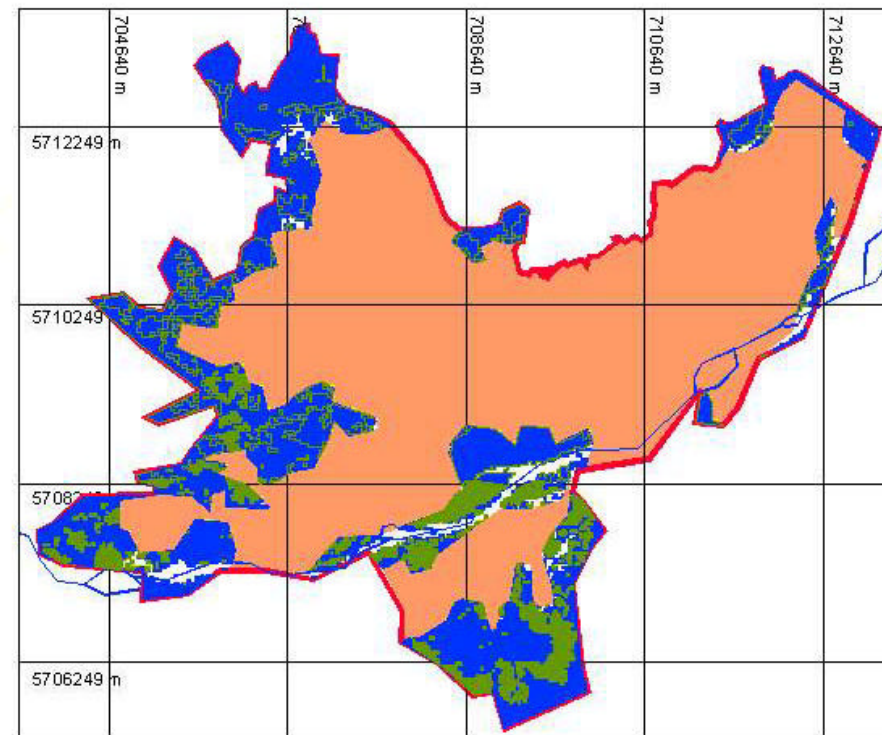
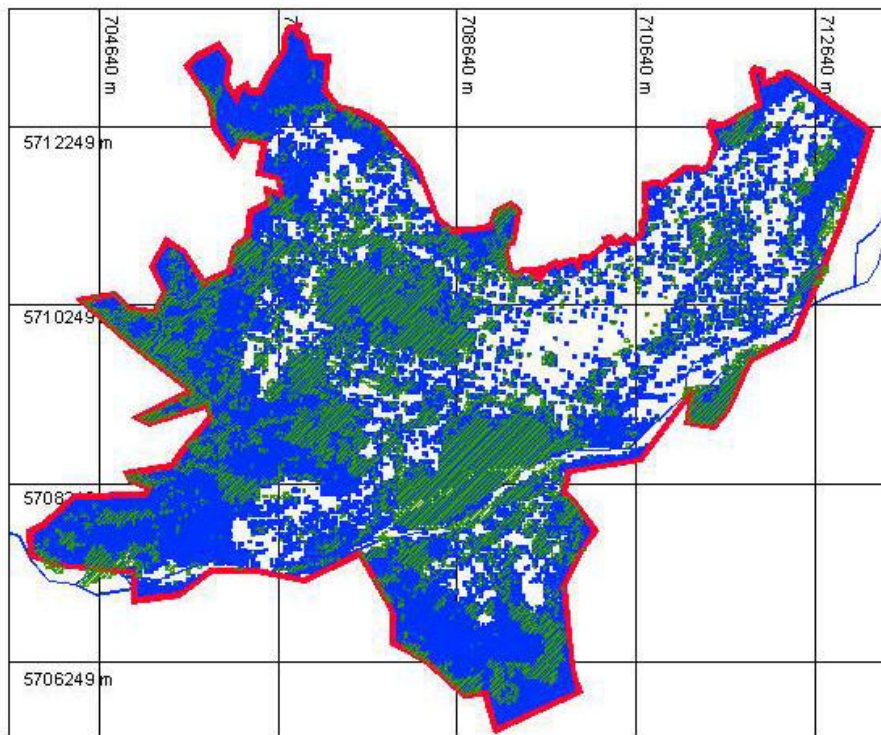
**Legenda :**

- Parches Vegetacionales 1989
- Parches Vegetacionales 2001
- Espacios Verdes Desaparecidos por la Expansión del Area Urbana
- Area Urbana Año 1989
- Limite Area Urbana
- Rio Principal



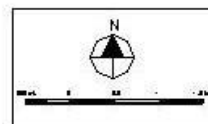
| ESTRUCTURA DEL PAISAJE                      |        |       |
|---|--------|-------|
| INDICE                                      | 1989   | 2001  |
| Area Total (Has)                            | 455    | 175   |
| N° de Parches                               | 227    | 228   |
| Tamaño Promedio de los Parches (Has)        | 2      | 0.77  |
| Tamaño Medido de los Parches (Has)          | 0.18   | 0.18  |
| Coef. de Varianza del Tamaño de los Parches | 6.32   | 274   |
| Desv. Standard del Tamaño de los Parches    | 12     | 2.12  |
| Area Interior Total (Has)                   | 353    | 103   |
| Total de Bordes (Mts)                       | 114003 | 82952 |
| Densidad de Bordes (Mts/Has)                | 250    | 471   |

Fig 23c: Variación Parches Vegetales 1989 - 2001, Ciudad de Quillota



**Legenda :**

- Parches Vegetacionales 1987
- Parches Vegetacionales 2000
- Limite Area Urbana
- Río
- Area Urbana Año 1987
- Espacios Verdes Desaparecidos por la Expansión del Area Urbana



| DISMINUCION DE SUPERFICIES VERDES POR EXPANSION DEL AREA URBANA |          |
|---|----------|
| 1987 - 2000   | 609 Hás. |

| ESTRUCTURA DEL PAISAJE                     |        |        |
|--|--------|--------|
| INDICE                                     | 1987   | 2000   |
| Area Total (Has)                           | 2403   | 1008   |
| N° de Parches                              | 894    | 958    |
| Tamaño Promedio de los Parches (Has)       | 2.68   | 1.05   |
| Tamaño Medio de los Parches (Has)          | 0.18   | 0.16   |
| Coef.de Varianza del Tamaño de los Parches | 1548   | 635    |
| Desv. Standard del Tamaño de los Parches   | 41.62  | 6.69   |
| Area Interior Total (Has)                  | 1171   | 690    |
| Total de Bordes (Mts)                      | 477085 | 357063 |
| Densidad de Bordes (Mts/Has)               | 198    | 353    |

Fig 23d: Variacion Parches Vegetales 1987 - 2000, Ciudad de Temuco.

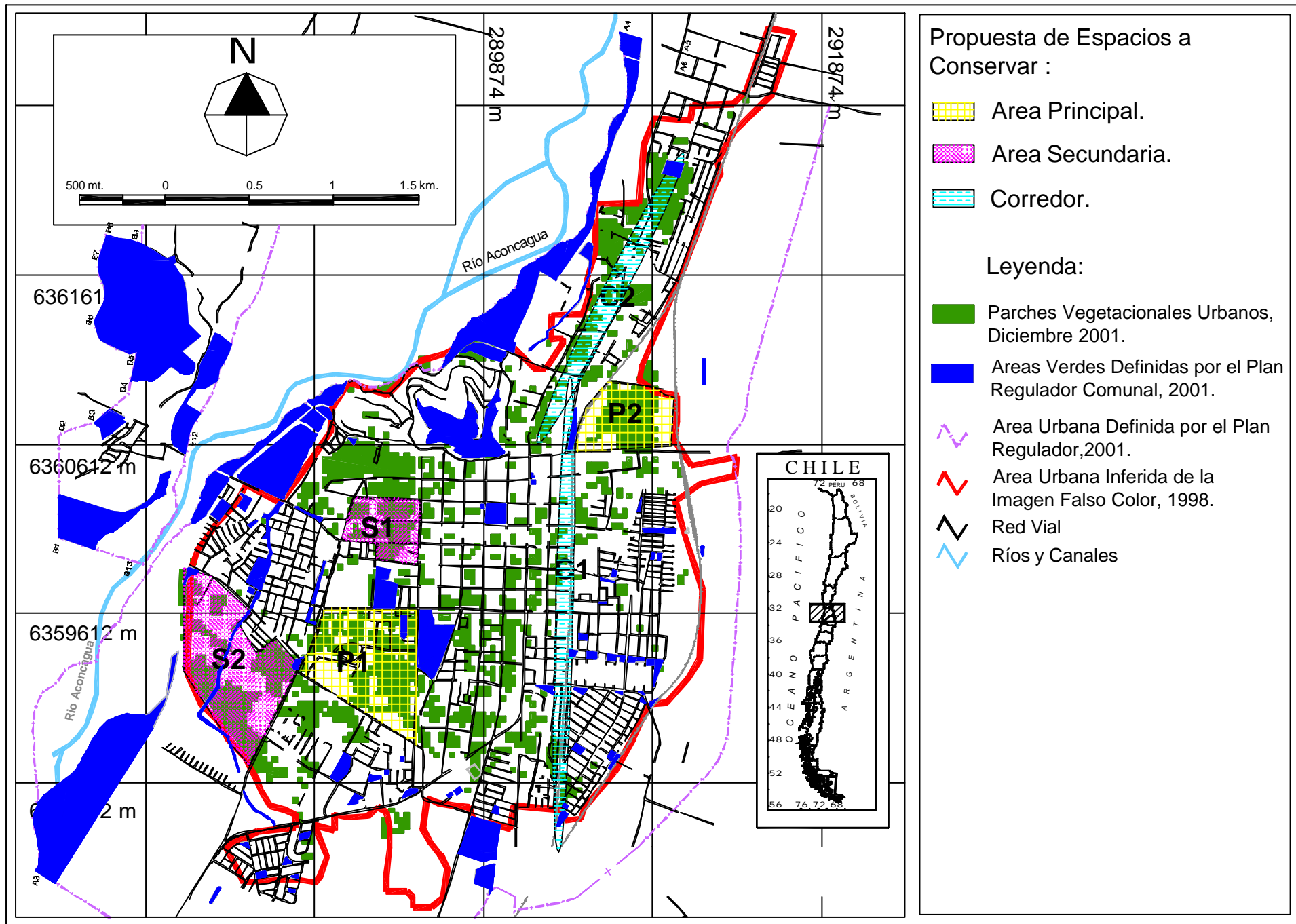


Fig. 24: Áreas críticas para la conservación de la vegetación al interior de la ciudad de Quillota

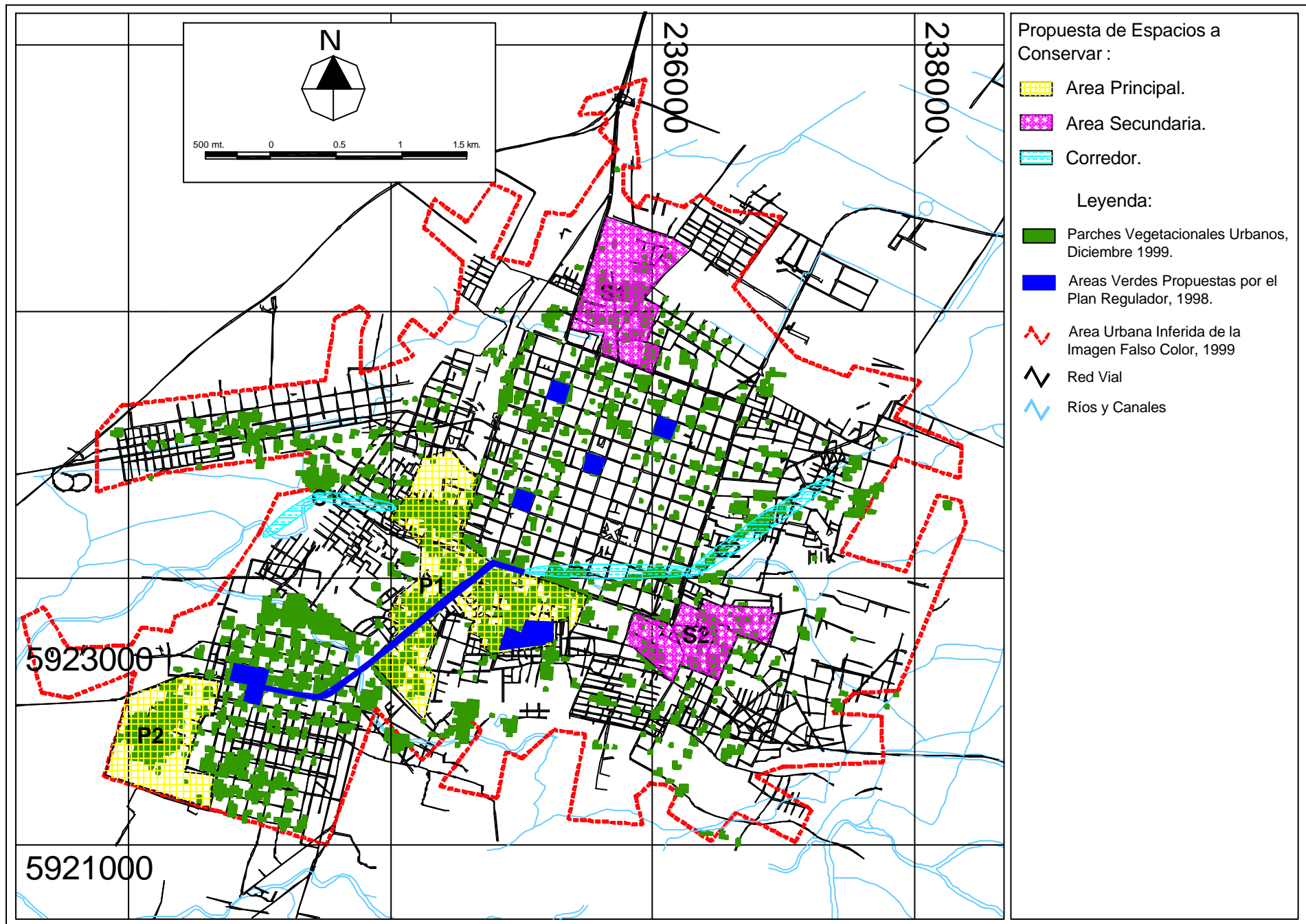


Fig. 25: Áreas críticas para la conservación de la vegetación al interior de la ciudad de Chillán



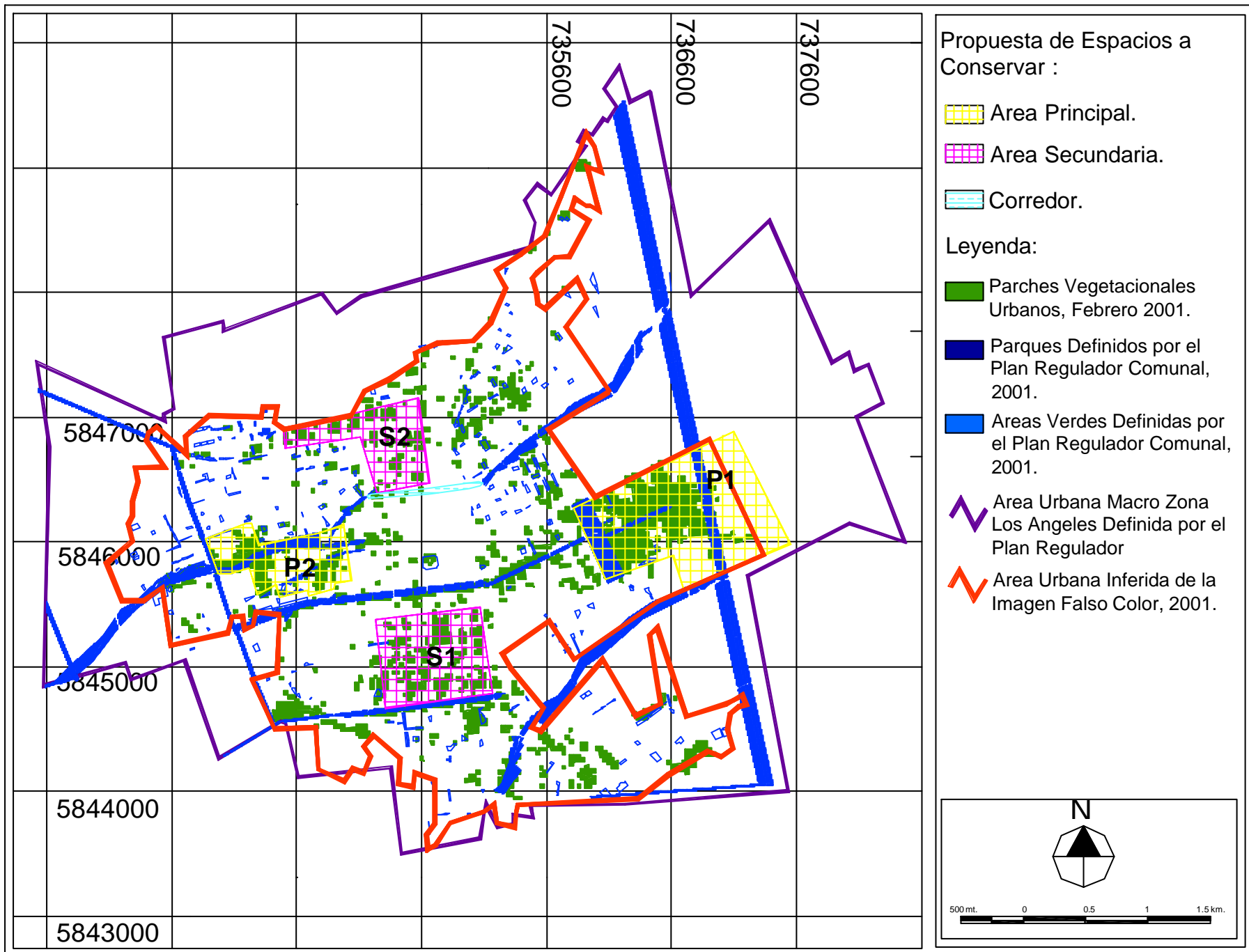


Fig. 26: Áreas críticas para la conservación de la vegetación al interior de la ciudad de Los Angeles

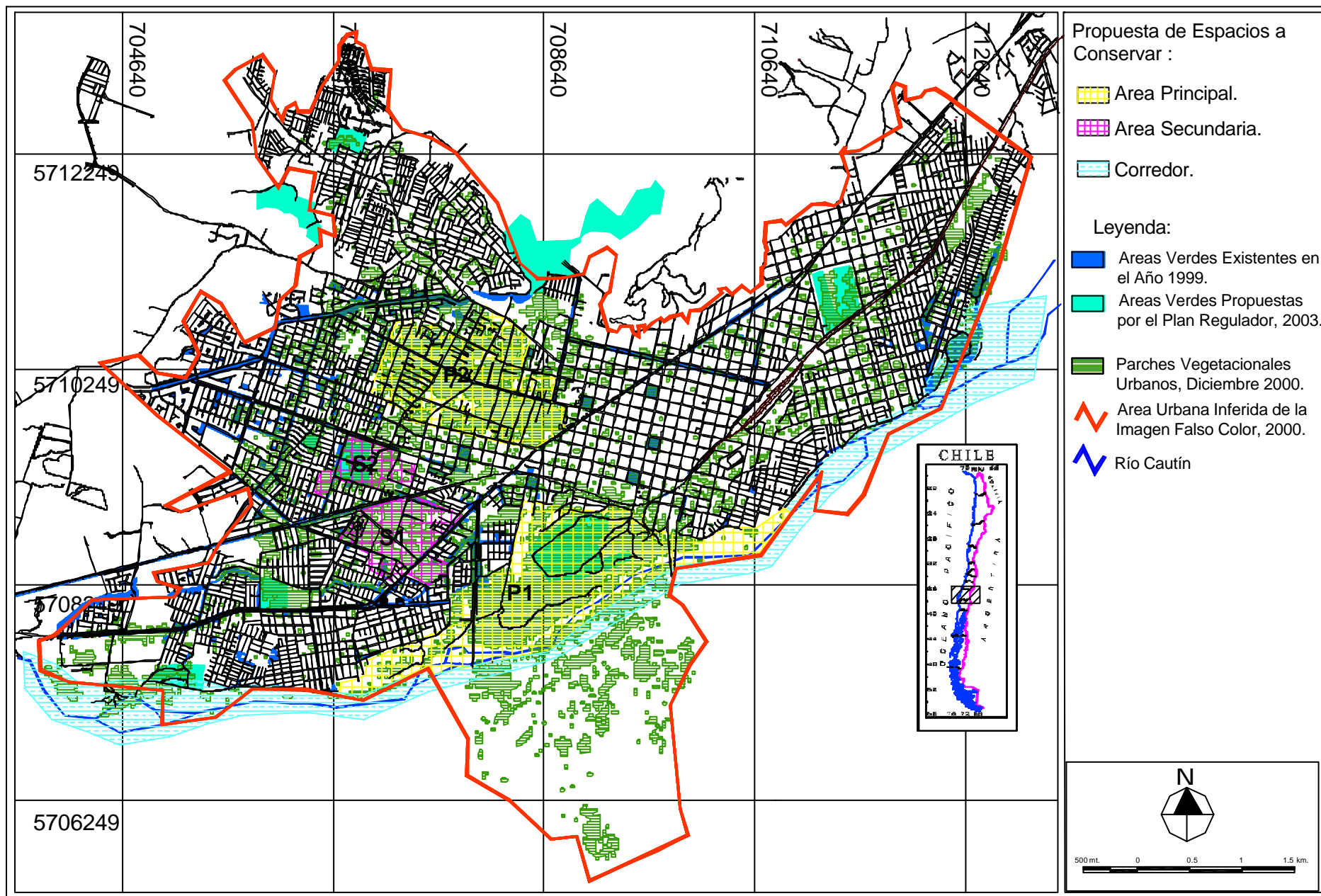


Fig. 27: Áreas críticas para la conservación de la vegetación al interior de la ciudad de Temuco