

# Estado actual del desarrollo de la ecología urbana en grandes ciudades del sur de Chile<sup>1</sup>

Jaime A. Cursach<sup>2</sup>, Jaime R. Rau<sup>3</sup>, Claudio N. Tobar<sup>4</sup> y Jaime A. Ojeda<sup>5</sup>

## RESUMEN

Mediante una revisión bibliográfica se determinó el estado actual del conocimiento sobre la ecología urbana en las grandes ciudades del sur de Chile: Temuco, Valdivia, Osorno, Puerto Montt y Punta Arenas. Esta revisión reveló la escasez de estudios sobre ecología urbana en donde los procesos de urbanización se incrementan considerablemente, desconociéndose los impactos que este fenómeno pueda generar sobre sus ecosistemas. Puerto Montt es la ciudad con mayor incremento poblacional urbano y, a la vez, la ciudad con menor cantidad y diversidad de estudios realizados. Los principales impactos generados por el proceso de urbanización sobre el paisaje son la contaminación de cuencas hidrográficas, contaminación atmosférica, pérdida de biodiversidad nativa y aumento de especies exóticas. Se entregan recomendaciones para aumentar y conservar la biodiversidad local dentro de los paisajes urbanos del sur de Chile, así como también se señalan las líneas de investigación necesarias por realizar.

**Palabras clave:** Bioindicadores, biodiversidad nativa, especies sinantrópicas, sustentabilidad.

## ABSTRACT

Through a literature review, we determined the current state of knowledge on urban ecology in the large cities of southern Chile: Temuco, Valdivia, Osorno, Puerto Montt and Punta Arenas. This review revealed the scarcity of studies on urban ecology where urbanization is increasing considerably, unknowing the impacts that this phenomenon may have on their ecosystems. Puerto Montt is the city with greater increase in urban population and simultaneously, the city with the lowest number and diversity of studies. The main impacts generated by the process of urbanization on the landscape are watershed pollution, air pollution, loss of native biodiversity and increasing exotic species. Suggestions are given to increase and conserve local biodiversity in the urban landscapes of southern Chile, as well as the lines of research needed to be done.

**Key words:** Bioindicators, native biodiversity, synanthropic species, sustainability.

<sup>1</sup> Los autores agradecen a las becas de financiamiento para sus estudios de postgrado, beca Nibaldo Bahamonde de la Universidad de Los Lagos y la beca del Proyecto ICM, código P05-002 otorgada por el IEB. También, se agradece a la ONG Sur-Maule. Artículo recibido el 13 de abril de 2011, aceptado el 14 de enero de 2012 y corregido el 4 de febrero de 2012.

<sup>2</sup> Laboratorio de Investigación Socioambiental, Programa Atlas, Departamento de Ciencias Sociales & Laboratorio de Ecología, Departamento de Ciencias

básicas, Universidad de Los Lagos (Chile). E-mail: jcurval@gmail.com

<sup>3</sup> Laboratorio de Ecología, Departamento de Ciencias Básicas & Programa IBAM, Universidad de Los Lagos (Chile). E-mail: jrau@telsur.cl

<sup>4</sup> Programa de Magíster en Ciencias, Laboratorio de Ecología & Centro de Estudios en Biodiversidad (CEBCh), Universidad de Los Lagos (Chile). E-mail: claudiobiomar@gmail.com

<sup>5</sup> Programa de Magíster en Ciencias, Universidad de Magallanes (Chile). E-mail: jaimeojedav@gmail.com

A lo largo de gran parte de la historia humana, las ciudades han concentrado diversos dominios tanto políticos, económicos, religiosos y creativos de la humanidad, transformándolas en zonas críticas para problemáticas sociales y ambientales, así como también para dar solución a ellas (Grimm *et al.*, 2008; Dearborn & Kark, 2009). Muchas ciudades se establecieron originalmente en zonas ribereñas, costeras, zonas ecológicas de transición o en otros lugares naturalmente ricos en biodiversidad (Kühn *et al.*, 2004), lo que crea tanto problemas como oportunidades para la biología de la conservación, debido a que si se protege la biodiversidad local dentro del paisaje urbano, se generan oportunidades para conocer y enseñar los procesos ecológicos y de conservación a un gran número de personas, incluyendo a aquellas que carecen de los medios o la motivación para viajar a las zonas no urbanas donde tradicionalmente la vida silvestre ha sido enseñada (Dearborn & Kark, 2009). Estas actividades de enseñanza o educación ambiental enfocadas al paisaje urbano fomentan el desarrollo de éticas ambientales y obligaciones morales de la ciudadanía hacia la valoración intrínseca e instrumental de la biodiversidad, junto con su actuar hacia el medio ambiente que la rodea. Por lo tanto, una ciudadanía que fomenta la presencia y conservación de la naturaleza (i.e. ecosistemas y sus componentes de flora y fauna) dentro de su ámbito de hogar (i.e. ciudad), garantiza la mantención de los servicios ambientales (e.g. agua, aire, alimentos, salud física y emocional) que brinda la naturaleza a la sociedad, tanto a escala local como regional. Ante esto, el desarrollo de actividades de investigación ecológica en la ciudad y su posterior transferencia a la sociedad, permiten conocer los efectos que genera el proceso de urbanización sobre los ecosistemas y a la vez identificar tanto las amenazas como las soluciones para la conservación de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos.

Como una subdisciplina de la ecología, la ecología urbana integra teorías y métodos de las ciencias naturales y sociales para estudiar los patrones y procesos de los ecosistemas urbanos. La evolución conceptual de la ecología urbana observa a las ciudades como paisajes heterogéneos, dinámicos, con complejos sistemas socioecológicos y de adaptación, en el cual la distribución de servicios

ecosistémicos se asocia a múltiples escalas sociales y ecológicas (Grimm *et al.*, 2008). A escala global, las ciudades se están expandiendo en casi todas las localidades, pronosticándose que la población humana que reside en zonas urbanas aumentará en más de un tercio durante los próximos 30 años (McKinney, 2006). Así como se expande la población urbana, también lo hace el paisaje urbano, el cual es considerado como una de las principales causas de cambio ambiental a múltiples escalas (McKinney, 2006; Pauchard *et al.*, 2006; Grimm *et al.*, 2008; Dearborn & Kart, 2009). Lo anterior, se debe a que la demanda por materiales de construcción y consumo humano altera el uso y cubierta del suelo, la biodiversidad y los sistemas hídricos a escala regional. A la vez, la generación y descarga de residuos urbanos afectan los ciclos biogeoquímicos y climáticos tanto locales como globales (Grimm *et al.*, 2008).

América del Sur no escapa a la tendencia mundial de la urbanización del paisaje, observándose una sustitución de zonas rurales-naturales por zonas urbanas en expansión (Ryder & Brown, 2000; Azócar *et al.*, 2003; Romero & Órdenes, 2004; Pauchard *et al.*, 2006). Este proceso tiene importantes consecuencias debido a la alta densidad poblacional de las ciudades de América del Sur, junto al auge de desarrollo económico de algunos países, lo que está generando nuevas presiones para la expansión de las ciudades y el desarrollo de los barrios suburbanos (Leao *et al.*, 2004; Qadeer, 2004).

En las últimas décadas, Chile se ha convertido en un país predominantemente urbano con más del 87% de sus 15 millones de habitantes viviendo en ciudades (INE, 2005), siguiendo el patrón evidenciado a nivel mundial, en el cual el tamaño de la población humana que vive en zonas urbanas aumenta de forma exponencial, mientras que la población rural decrece (Cohen, 2003; Grimm *et al.*, 2008). Lo anterior, evidencia que la urbanización de los paisajes naturales aumenta continuamente, tornándose cada vez más necesario evaluar los potenciales impactos que genera la rápida e incontrolada expansión urbana sobre los diversos y valiosos ecosistemas que aún existen en el sur de Chile.

El estado del conocimiento sobre los impactos de la expansión urbana en países sudamericanos está muy poco desarrollado, la mayoría de las investigaciones analizan situaciones particulares de la población humana y su economía, pero muy pocos discuten las posibles consecuencias ecológicas de la expansión urbana sobre los sistemas naturales (Pauchard *et al.*, 2006). Es por ello que en este trabajo se analizó, mediante una revisión bibliográfica, el estado de desarrollo de la ecología urbana en las ciudades más habitadas del sur de Chile, detectando las carencias, fortalezas y tendencias del conocimiento, orientando su análisis hacia la sustentabilidad de estos paisajes y sus componentes, proponiendo futuras líneas de investigación y de gestión necesarias de desarrollar en el sur del país.

## Materiales y métodos

### *Ciudades más habitadas del sur de Chile*

Se entiende como "entidad urbana" a cualquier conjunto de viviendas concentradas con más de 2.000 habitantes, definiendo como "ciudad" a toda entidad urbana que posee más de 5.000 habitantes (INE, 2005). Bajo esta definición y según el Censo del año 2002, en Chile existen 225 ciudades, con un promedio nacional de 55.562,92 habitantes por ciudad y una desviación estándar de 77.182,91 habitantes. Por esta razón, las ciudades que poseen valores superiores a dicho promedio de habitantes pueden ser consideradas como ciudades "grandes" a nivel de escala nacional.

De manera cotidiana, se reconoce como sur de Chile a todo el territorio nacional existente desde la Región de La Araucanía (38° S) hacia el sur (Di Castri y Hayek, 1976), por lo cual, y bajo los anteriores antecedentes, las ciudades de Temuco, Valdivia, Osorno, Puerto Montt y Punta Arenas son consideradas como las actuales grandes ciudades del sur de Chile (Figura N° 1). Ante ello, y reconociendo que los procesos de urbanización son más fáciles de evidenciar en ciudades de mayor tamaño, el presente trabajo enfocó su análisis hacia los estudios ecológicos desarrollados en las ciudades ya mencionadas, entregando a continuación una breve descripción de cada una de ellas: la ciudad de Temuco (38°44' S; 72°35' O) se ubi-

ca geográficamente en la depresión intermedia o valle central, emplazada dentro de las terrazas fluviales del río Cautín, es la ciudad capital de la Región de La Araucanía y durante el año 2002 fue habitada por 227.086 personas (INE, 2005). La ciudad de Valdivia (39°48' S; 73°14' O) se emplaza en la ribera de los ríos Valdivia, Calle-Calle y Cruces, en un paisaje dominado por humedales y distante a 17 km de la costa, es la ciudad capital de la Región de Los Ríos y durante el año 2002 fue habitada por 127.750 personas (INE, 2005). La ciudad de Osorno (40°34' S; 73°08' O) se ubica geográficamente en la depresión intermedia dentro de las terrazas fluviales de los ríos Rahue y Damas, durante el año 2002 fue habitada por 132.245 personas (INE, 2005). La ciudad de Puerto Montt (41°28' S; 72°56' O) se ubica en la costa norte del seno de Reloncaví, es la capital de la Región de Los Lagos y durante el año 2002 fue habitada por 153.118 personas (INE, 2005). La ciudad de Punta Arenas (53°09' S; 70°54' O) se ubica en la costa norte del estrecho de Magallanes, siendo atravesada por el río Las Minas, durante el año 2002 fue habitada por 116.005 personas, siendo esta la ciudad capital de la Región de Magallanes y la Antártica Chilena (INE, 2005).

### *Búsqueda bibliográfica*

Durante el primer semestre del año 2010, se realizó una búsqueda sistemática de los trabajos publicados en revistas de ciencias naturales y de ciencias sociales sobre estudios relacionados con la ecología urbana en las grandes ciudades del sur de Chile. Dicha búsqueda fue realizada en las editoriales electrónicas de *ISI Web of Knowledge*, *Scielo*, *SpringerLinks*, *Wiley-Blackwell* y *Google Académico*. Las palabras clave de búsqueda fueron: *Temuco city*, *Valdivia city*, *Osorno city*, *Puerto Montt city* y *Punta Arenas city*. Una vez recopilada la totalidad de los trabajos encontrados, estos fueron ordenados arbitrariamente según su relación con los siguientes temas: Contaminación ambiental, Biodiversidad, Zoonosis de especies sinantrópicas y Planificación territorial.

### *Tasa intrínseca de crecimiento poblacional*

Para conocer la tasa de crecimiento o decrecimiento poblacional en aproximada-

mente 10 años de cada una de las grandes ciudades del sur de Chile, se calculó la tasa intrínseca de crecimiento poblacional ( $r$ ), expresada en porcentaje (%), mediante la fórmula  $r = (\ln N - \ln N_0)/t^6$  y utilizando los datos de los censos poblacionales generados por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) de los años 1970, 1982, 1992 y 2002, asumiendo que las poblaciones crecen o decrecen exponencialmente.

## Los estudios de ecología urbana sobre las grandes ciudades del sur de Chile

En total, se encontraron 43 estudios relacionados con la ecología urbana de las grandes ciudades del sur de Chile, de las cuales el 80,95% fue publicado en revistas de ciencias

naturales, mientras que el porcentaje restante (20,05) fue publicado en revistas de ciencias sociales.

El tema de investigación más frecuente fue el de Contaminación Ambiental con 12 trabajos publicados, seguido por Biodiversidad y Zoonosis de especies sinantrópicas, ambos con 11 trabajos publicados respectivamente (Figura N° 2).

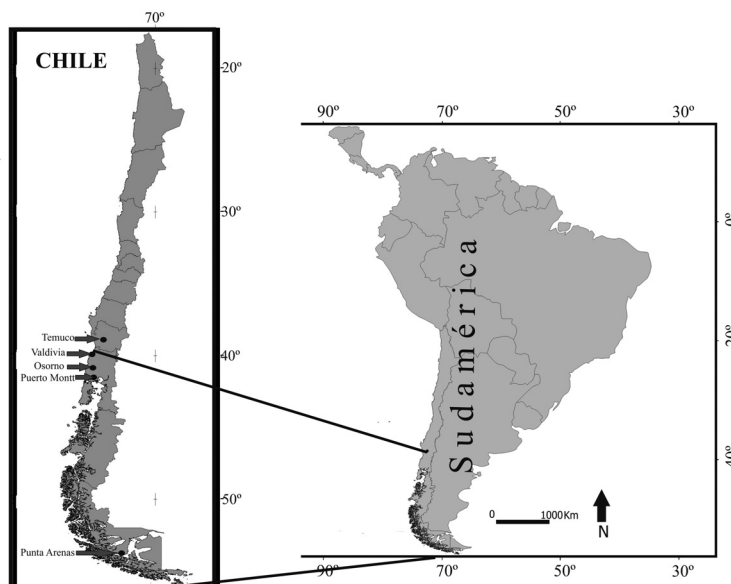
Para la ciudad de Valdivia se registró el mayor número de trabajos publicados (13), seguida por las ciudades de Temuco (10) y Osorno (9). Lo contrario ocurrió con la ciudad de Puerto Montt, sobre la cual se registró el menor número de trabajos publicados y temas de investigación desarrollados (Figura N° 2).

Los resultados del cálculo de la tasa intrínseca de crecimiento poblacional indican que a nivel comunal la población humana que vive en zonas urbanas posee un importante y

<sup>6</sup> Para más detalles ver Rau (1997).

Figura N° 1

Detalle de la ubicación geográfica de las grandes ciudades del sur de Chile: Temuco, Valdivia, Osorno, Puerto Montt y Punta Arenas



acelerado aumento, mientras que la población rural decrece (Figura N° 3, Cuadro N° 1). La ciudad de Puerto Montt destacó por poseer el mayor valor de crecimiento poblacional, seguida por las ciudades de Temuco y Punta Arenas. Mientras que las comunas de Osorno y Puerto Montt lideraron los valores de decrecimiento en la poblacional rural, seguidas por la comuna de Temuco (Cuadro N° 1).

Cuadro N° 1

Resultados de la tasa intrínseca de crecimiento poblacional decenal  $r$  (%), urbano y rural, en las comunas donde se ubican las grandes ciudades del sur de Chile

$r$ (%)	Urbano	Rural
Temuco	18,1	-24,2
Valdivia	11,3	-3,5
Osorno	15,5	-24,8
Puerto Montt	22,3	-24,8
Punta Arenas	15,8	-3,8

Fuente: Elaboración propia en base a los censos de la población chilena realizados por el Instituto Nacional de Estadísticas, Gobierno de Chile.

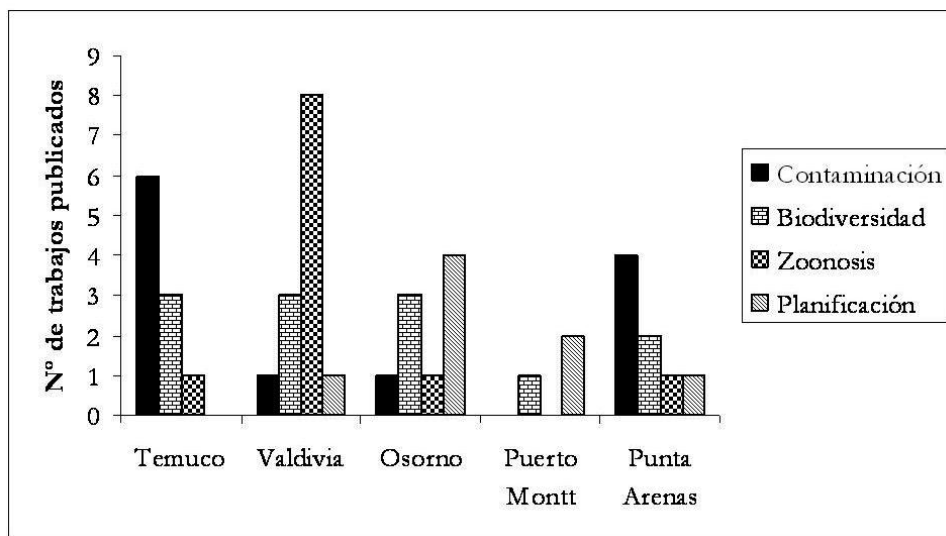
## Principales problemáticas de las ciudades grandes del sur de Chile

Pese a que la ecología urbana es una disciplina integradora de las ciencias naturales y sociales, la mayoría de los estudios realizados en las ciudades más habitadas del sur de Chile fueron publicados en revistas de ciencias naturales, denotando un mayor avance en el desarrollo de investigaciones afrontadas desde el enfoque de la ecología tradicional, en desmedro de las aproximaciones de estudios con enfoques socioculturales.

Gran parte del universo de artículos encontrados estuvo dirigido a investigaciones relacionadas con la contaminación y pérdida de los servicios ecosistémicos, enfocados hacia la contaminación del aire y sistemas acuáticos. Para el caso del aire, la atmósfera urbana suele contener gran cantidad y variedad de partículas en suspensión, siendo alguna de ellas contaminantes (Capelli de Steffens *et al.*, 2001). Las primeras determinan un aumento en la temperatura debido a su capa-

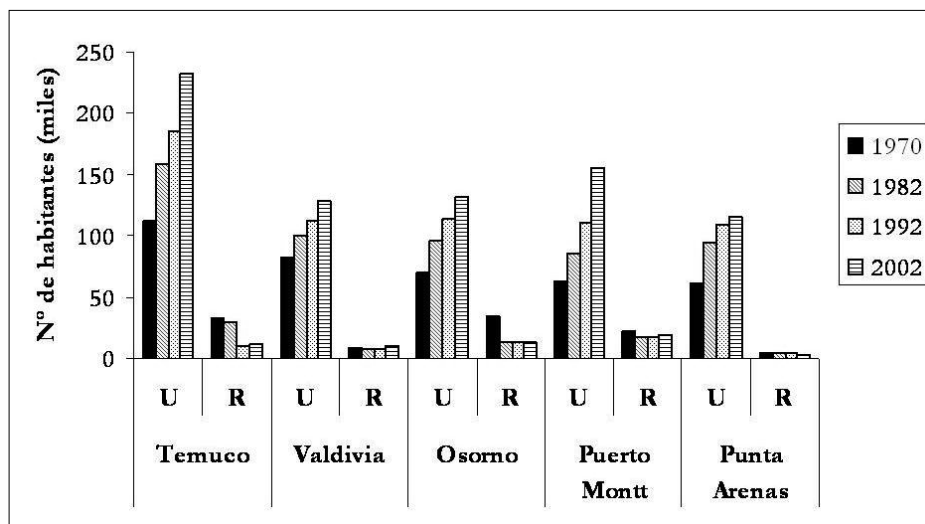
Figura N° 2

Cantidad de trabajos publicados sobre temas relacionados con la ecología urbana de las grandes ciudades del sur de Chile, indicando el número de estudios por temas de investigación para cada ciudad



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 3  
Cambios en la población urbana (U) y rural (R) en las comunas donde se ubican las grandes ciudades del sur de Chile, entre los años 1970 y 2002



Fuente: Elaboración propia en base a los censos de la población chilena realizados por el Instituto Nacional de Estadísticas, varios años.

ciudad de absorción de calor, mientras que las partículas contaminantes pueden llegar a producir episodios que alteran la calidad de vida de sus habitantes (Molina & Molina 2004; Pataki *et al.*, 2006). La totalidad de los trabajos publicados sobre contaminación atmosférica en los paisajes urbanos del sur de Chile han sido realizados en la ciudad de Temuco. Esta ciudad posee uno de los mayores niveles de polutantes en el aire, con respecto a todo el país, generando graves consecuencias sobre la salud de la población humana residente en la ciudad (Sanhueza *et al.*, 2006).

Por otra parte, las emisiones antropogénicas de compuestos químicos a la atmósfera han generado una disminución de la capa de ozono, localizada en el Polo Sur del planeta (Sánchez, 2008). Las moléculas de ozono absorben aproximadamente el 99% de la radiación ultravioleta entrante desde el Sol (UV-B), protegiendo a la superficie terrestre de sus perjudiciales rayos (Abarca & Casiccia, 2002; Sánchez, 2008). La ciudad de Punta Arenas se ubica próxima al "agujero de ozono antár-

tico", registrándose elevados niveles de UV-B, superiores a los 4.947 J/m<sup>2</sup>, asociados a un aumento de enfermedades cutáneas en la población residente (Abarca & Casiccia, 2002).

Así también, el proceso de urbanización es causante del fenómeno "isla de calor", el cual se define como el exceso de calor generado en un ambiente urbano por efecto de la acción antrópica e indica que las ciudades son en general más cálidas que su periferia, situación concordante con lo evaluado en la ciudad de Temuco (Capelli de Steffens *et al.*, 2001). Debido a que la mayoría de los asentamientos humanos del sur de Chile comparten parte de las anteriores problemáticas socioecológicas, y que hasta el momento no existen evaluaciones publicadas, se hacen evidentes las necesidades de investigación sobre estos temas.

Las ciudades cuentan con medios de rápido escurrimiento del agua de lluvia a través de alcantarillas, desagües y colectores (Capelli de Steffens *et al.*, 2001) que descargan di-

rectamente a los ríos u otros cuerpos de agua, lo que convierte a las ciudades en puntos calientes de nitrógeno, fosfato y metales pesados (Kaye *et al.*, 2006). Pese a la importante presencia de ríos dentro de los paisajes urbanos del sur de Chile, tan solo se registraron dos trabajos publicados sobre estos sistemas. Uno de ellos analizó la distribución espacial de la macroinfauna bentónica en la cuenca del río Damas en la ciudad de Osorno (Figueroa *et al.*, 2003), mientras que el trabajo de Dutka *et al.* (1996) demostró la presencia de sustancias organocloradas en el agua utilizada directamente para beber y cocinar en la ciudad de Temuco. Estas últimas sustancias provienen de los herbicidas utilizados en las zonas agrícolas, los cuales ingresan a las aguas mediante los procesos de escorrentía (Liu *et al.*, 1995) y su ingestión en seres humanos provoca la iniciación temprana de la menstruación en mujeres, la disminución del número de espermatozoides en los hombres y un mayor número de defectos de nacimiento (ver Dutka *et al.*, 1996). A nivel mundial, se ha registrado un aumento en la descarga directa de aguas residuales sin tratamiento o tratamiento insuficiente, hacia cuencas de ríos y ecosistemas costeros urbanizados (Grimm *et al.*, 2008). Durante los últimos años, en la ciudad de Puerto Montt se registró un importante aumento en los casos de infecciones causadas por *Vibrio parahemolyticus*, asociándose este fenómeno al rápido crecimiento de la población humana y al aumento de aguas residuales descargadas directamente al mar (Córdova *et al.*, 2002; González-Escalona *et al.*, 2005). Con lo anterior, queda de manifiesto la necesidad de realizar investigaciones sobre los impactos que genera la urbanización sobre los sistemas acuáticos tanto de agua dulce como de mar en el sur de Chile, destacando que la totalidad de las ciudades estudiadas están asentadas a orillas de ríos o mar, y más aún, para el caso de la ciudad de Valdivia que se emplaza dentro una matriz de paisaje dominada por un complejo sistema de humedales.

En continuación a la frecuencia de estudios sobre contaminación ambiental, investigaciones sobre las temáticas de biodiversidad y zoonosis de especies sinantrópicas en las grandes ciudades del sur de Chile, lideraron en el número de trabajos publicados. Para el primer caso, cabe destacar que las ciudades

son hábitats construidos casi exclusivamente para satisfacer las demandas de una sola especie, el *Homo sapiens*, resultado de ello es una homogeneización del paisaje urbano en todo el mundo: calles, edificios y las viviendas residenciales en los suburbios son casi indistinguibles entre una ciudad y otra (McKinney, 2006). Esta fuerza homogeneizadora del paisaje terrestre y acuático genera una pérdida de biodiversidad nativa y un aumento de especies exóticas o introducidas (Habit & Parra, 2001; Williams *et al.*, 2009).

En paisajes urbanos del centro-sur de Chile (Concepción, 36°S) se han registrado 113 especies de plantas exóticas en calles y terrenos abandonados del centro de la ciudad, mientras que solo unas pocas especies nativas logran sobrevivir dentro del área urbana (Pauchard *et al.*, 2006). Los únicos trabajos publicados sobre vegetación urbana en las ciudades del sur de Chile, fueron realizados en las ciudades de Valdivia (Finot y Ramírez, 1996) y Punta Arenas (Rozzi *et al.*, 2003), en donde también se registraron importantes disminuciones de la flora nativa y un considerable aumento de la vegetación introducida o exótica. La escasez de estudios sobre esta temática en ciudades del sur de Chile es preocupante, pues la apropiada presencia de vegetación boscosa dentro del paisaje urbano se relaciona positivamente con la buena calidad del aire (Vilela, 2004), por lo cual una planificada restauración e ingreso de vegetación boscosa nativa al paisaje urbano puede mitigar los altos niveles de polución que existen en el aire de la ciudad de Temuco (Sanhueza *et al.*, 2006) y en la mayoría de las ciudades del centro y sur de Chile.

Así también, la presencia de vegetación boscosa dentro del paisaje urbano brinda control a los procesos de escorrentía e inundaciones, reduce los niveles de ruido y estrés en las personas debido al embellecimiento de las ciudades, junto con permitir la creación de hábitat para la vida silvestre (McPherson, 1992; Mörtberg, 2001; Díaz y Armesto, 2003). A la vez, el desarrollo de investigaciones sobre la vegetación urbana permitiría generar avances en el conocimiento teórico y práctico sobre temáticas de importancia para la biología de la conservación, como el caso de la restauración ecológica. Por ejemplo, planteamientos teóricos como la hipótesis de

Heterogeneidad Ambiental y la hipótesis del Área *per se*, proponen que ambientes estructuralmente más complejos y con mayor área de hábitat permiten la existencia de una alta biodiversidad (MacArthur & Wilson, 1969; MacArthur, 1972). Para la primera hipótesis, el término de heterogeneidad ambiental se refiere a los procesos que estructuran la comunidad vegetal de un ambiente, generando heterogeneidad en su composición y función ecológica (Li & Reynolds, 1995). Por lo tanto, los ambientes que poseen una mayor heterogeneidad en su estructura vegetal permiten que un mayor número de especies de flora y fauna los habiten, debido a la variedad de nichos que se generan en estos ambientes. En diversos paisajes urbanos del mundo se ha constatado que la heterogeneidad ambiental de la vegetación urbana se relaciona positivamente con la riqueza de aves que habitan estos ambientes (Leveau & Leveau, 2004; Manhães & Loures-Ribeiro, 2005). De manera similar, en paisajes urbanos de Chile se ha registrado una fuerte relación entre la heterogeneidad de la estructura vegetal y la riqueza de aves presentes (Urquiza y Mella, 2002; Díaz y Armesto, 2003). Ante ello, y debido a que el sotobosque característico del bosque nativo del sur de Chile posee una relevante complejidad y heterogeneidad estructural (Reid *et al.*, 2004; Díaz *et al.*, 2005), se hace muy recomendable fomentar su presencia dentro de las ciudades del sur del país, así como también utilizarlo como ejemplo estructural o guía a seguir para los procesos de restauración de áreas verdes urbanas.

Por otra parte, se ha evidenciado una relación potencial entre el área de los parques urbanos y la riqueza de las especies de aves que los habitan (Urquiza y Mella, 2002; Chace & Walsh, 2004), por ello es importante destinar mayor superficie a las áreas boscosas urbanas para así brindar una mayor diversidad de refugios y alimentos a la flora y fauna nativa. Aun así, poseer parques urbanos de gran tamaño carece de sentido si se mantiene el aislamiento entre ellos, debido a que el aislamiento entre áreas verdes afecta negativamente la riqueza de especies, principalmente aquellas con reducidas capacidades de dispersión (Beier, 1993). Así también, el grado de aislamiento de los parques urbanos puede influir sobre la riqueza de aves presentes en ellos (Urquiza y Mella, 2002). Para

dar continuidad a los fragmentos de hábitat o parques urbanos se deben crear archipiélagos de "islas boscosas" conectadas mediante corredores biológicos. Estos corredores reducen los efectos negativos del aislamiento al permitir la dispersión de las especies entre las islas boscosas e incrementar la disponibilidad de hábitat, favoreciendo el intercambio genético y la persistencia de las especies en el paisaje (Cowling *et al.*, 1999; Margules & Pressey, 2000; Rouget *et al.*, 2006).

Para el paisaje fragmentado del sur de Chile se ha recomendado unir las islas boscosas mediante corredores ribereños con un ancho no menor a 25 m, evitando de este modo los efectos de borde generados por la fragmentación del bosque (Sieving *et al.*, 2000). Los corredores ribereños, también conocidos como riparianos, junto con su alto valor ecológico también ofrecen muchos servicios ambientales que incluyen la recreación, mitigación de inundaciones, recarga de acuíferos y el mantenimiento de la calidad de aguas superficiales y subterráneas (Freeman & Ray, 2001). Estos ambientes ribereños son hábitat fuertemente seleccionados por las aves residentes para desplazarse dentro del fragmentado paisaje urbano (Tremblay & St. Clair, 2009). Lamentablemente, los sistemas ribereños de todo el mundo están sometidos a la degradación por acción antrópica, por lo cual se hace cada vez más necesario rehabilitar estos sistemas para conservar la biodiversidad y los servicios ambientales que ellos producen (Kyle & Leishman, 2009). Para el caso de las ciudades del sur de Chile, la mayoría de ellas son atravesadas por ríos que conectan distintos sectores intra e interurbanos, cuyas riberas al ser reforestadas permitirían el correcto flujo de la biodiversidad nativa tanto dentro como fuera de las ciudades (*e.g.*, especies de aves que realizan migraciones altitudinales), así como también una amplia gama de servicios ambientales para la sociedad.

Dentro de las ciudades, también existen especies animales que están fuertemente asociadas con la vida de los seres humanos en áreas altamente urbanizadas, estas reciben el nombre de especies sinantrópicas (McKinney, 2006). La diversidad y abundancia de las especies sinantrópicas por lo general no dependen de la presencia de vegetación, sino de los alimentos importados desde las



zonas periféricas y el hábitat que en ambos casos les proporcionan los seres humanos (Mackin-Rogalska *et al.*, 1988; McKinney, 2006). Algunos ejemplos clásicos de especies sinantrópicas son el perro doméstico (*Canis lupus familiaris*), el gato doméstico (*Felis catus*), el ratón (*Mus musculus*), el gorrión (*Passer domesticus*) y la paloma (*Columba livia*) (Fernández-Juricic, 2001; McKinney, 2006; Pauchard *et al.*, 2006). Estas especies, al ser “subvencionadas” por la acción del ser humano, no solo son capaces de adaptarse y colonizar las ciudades, sino que pueden alcanzar elevadas densidades poblacionales (Buijs & Van Wijnen, 2001). Estos incrementos poblacionales son asociados al aumento de problemas ecológicos y de salud pública dentro y fuera de las ciudades (Mercado *et al.*, 2004). Para el caso de las ciudades del sur de Chile, se han estudiado intensamente las problemáticas relacionadas a la zoonosis de mamíferos e insectos sinantrópicos (Figueroa-Roa & Lindares, 2004; Betancourt *et al.*, 2009). Sin embargo, no se encontraron en esta revisión trabajos publicados sobre las implicancias socioecológicas que generan las abundantes poblaciones de especies sinantrópicas en los paisajes urbanos del sur de Chile, pese a las crecientes denuncias por ataques de perros vagos al ser humano y el conocido potencial que poseen algunas aves urbanas como portadores de agentes zoonóticos de importancia en salud pública (González-Acuña *et al.*, 2007).

De entre todas las grandes ciudades del sur de Chile, para la ciudad de Puerto Montt se registró el menor número de trabajos publicados y temas de investigación desarrollados en ecología urbana, deficiencia de conocimientos que se agrava al reconocer a esta ciudad como la urbe con mayor incremento poblacional para todo el universo analizado en este estudio. Se hace entonces urgente comenzar a desarrollar investigaciones sobre la ecología urbana en esta ciudad, sin desmedro de las demás ciudades presentes en el sur del país.

#### *Evaluación de los impactos del crecimiento urbano sobre la biodiversidad en el sur de Chile*

Un enfoque común para analizar los impactos de la urbanización sobre los sistemas

naturales es el uso del gradiente urbano-rural, el cual permite analizar los cambios en los parámetros físicos o biológicos a lo largo de un transecto a través de varias partes del ambiente urbano y rural, en donde los cambios físicos a lo largo del gradiente influyen sobre el hábitat disponible para las especies (McKinney, 2006). Esta influencia puede ser evaluada mediante la utilización de bioindicadores, los cuales son especies o grupos de especies que proporcionan información a largo plazo sobre la calidad, los cambios y fluctuaciones del ambiente que habitan (McGeoch, 1998). Para evaluar la calidad ambiental de ecosistemas acuáticos (sistemas fluviales y marinos) se ha recomendado la utilización de macroinvertebrados bentónicos, debido a su naturaleza sedentaria (bioacumuladores), su presencia en la mayoría de los sistemas acuáticos, su facilidad de manipulación y la disponibilidad de métodos e índices validados para el análisis de su información (Toro *et al.*, 2003; Córdova *et al.*, 2009). En el sur de Chile, el trabajo realizado por Figueroa *et al.* (2003) en la cuenca del río Damas en la ciudad de Osorno, reveló un gradiente en la riqueza específica de macroinvertebrados bentónicos a lo largo de la cuenca de este río, registrando una alta diversidad de especies en la cabecera o nacimiento del río y una drástica disminución de esta riqueza en la parte baja o terminal del río, dentro de la ciudad de Osorno, donde solo dominaron especies de gran tolerancia a la contaminación del río. Para el caso de los ecosistemas marino-costeros, ensayos sobre la utilización del filtrador bentónico *Choromytilus chorus* argumentan la utilidad de esta especie como un bioindicador para evaluar el impacto ambiental de la polución en bahías antropizadas del centro y sur del país (Toro *et al.*, 2003).

Dentro del mismo tema, pero enfocado a los ambientes terrestres, la composición y abundancia del ensamble de aves está estrechamente relacionada con la condición de los hábitats, ya que muchas especies resultan altamente sensibles a la perturbación, lo cual las convierte en un grupo indicador de alteración o cambios en los ecosistemas (Canterbury *et al.*, 2000; Chace & Walsh, 2006). Las experiencias de estudios realizados sobre aves en ciudades del sur de Chile, indican que la riqueza y abundancia de las

aves disminuyen a través de un gradiente desde la zona rural hacia la zona urbana, donde en esta última el ensamble es dominado por unas pocas especies pertenecientes al gremio omnívoro y granívoro (Cursach y Rau, 2008a; 2008b).

Pese a que la utilización de comunidades de aves y macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad ambiental está ampliamente validada en paisajes urbanos nacionales e internacionales, aún persisten vacíos de conocimiento y aplicación en ciudades del sur de Chile y del país en general, sobre lo cual corresponde considerar la fuerte influencia ecorregional que puedan tener algunos grupos taxonómicos frente a la diversidad climática latitudinal que posee Chile.

## Consideraciones finales

Existe un avanzado conocimiento sobre las implicancias en la calidad atmosférica de la ciudad de Temuco y la zoonosis de especies sinantrópicas en la ciudad Valdivia, destacando que en ambas ciudades se ha desarrollado gran parte del conocimiento sobre ecología urbana en el sur de Chile.

Los principales vacíos de información sobre la ecología urbana de las grandes ciudades del sur Chile, tienen relación con la evaluación de los impactos generados sobre los abundantes ecosistemas acuáticos presentes en dichas ciudades, tanto de agua dulce como marinos. De forma similar, la inexistencia de investigaciones sobre la huella de los residuos sólidos emitidos desde las ciudades, así como también estudios sobre las dinámicas poblacionales de especies sinantrópicas y sus implicancias en la salud pública, requieren con urgencia ser abordados y estudiados.

Un aspecto de importancia por destacar, es la necesidad de realizar investigaciones interdisciplinarias complementadas entre ciencias naturales y sociales, que permitan determinar las implicancias que genera la pérdida de los servicios ambientales para la calidad de vida de la ciudadanía y, a la vez, los beneficios sociales obtenidos mediante la restauración ecológica de sitios abandonados y/o estropeados en su condición natural. Lo

anterior permitirá fomentar la valoración de la naturaleza y sus beneficios para la humanidad tanto dentro como fuera de la ciudad, con lo cual se garantiza la sustentabilidad de los paisajes y sus habitantes durante el tiempo. Otra temática de estudio necesaria de realizar es la evaluación de los efectos generados por el fenómeno "isla de calor" sobre variables bióticas (e.g. biodiversidad) y abióticas (e.g. humedad relativa) dentro y fuera de la ciudad. De manera similar, pero al nivel de gestión y planificación, se requieren crear corredores ribereños que conecten las áreas verdes urbanas y permitan el movimiento de la biodiversidad nativa a nivel local y regional.

La presente revisión identificó los impactos, conocidos hasta el momento, que está generando el incontrolado proceso de expansión urbana sobre los ecosistemas del sur de Chile, quedando de manifiesto la urgente necesidad de aumentar los esfuerzos de investigación en la evaluación y valorización de estos impactos. Debido a esto, se hace imperante proponer la creación de grupos interdisciplinarios de investigación que impulsen la creación y mantención en el tiempo de programas de estudios que permitirán asesorar, con información actualizada, la toma de decisiones y la gestión sobre la sustentabilidad urbana y la conservación del patrimonio natural y cultural del sur de Chile.

## Referencias bibliográficas

- ABARCA, J. & CASICCIA, C. Skin cancer and ultraviolet-B radiation under the Antarctic ozone hole: southern Chile, 1987-2000. *Photodermatol Photoimmunol Photomed*, 2002, Vol. 18, p. 294-302.
- AZÓCAR, G.; SANHUEZA, R. y HENRÍQUEZ, C. Cambio en los patrones de crecimiento en una ciudad intermedia: el caso de Chillán en Chile central. *EURE*, 2003, Vol. 29, N° 87, p. 79-92.
- BEIER, P. Determining minimum habitat areas and habitat corridors for cougars. *Conservation Biology*, 1993, Vol. 7, p. 94-108.
- BETANCOURT, O.; SALAS, V.; OTAROLA, A.; ZAROR, L.; SALAS, E. & NEUMANN,

J. *Microsporium canis* on dermatologically healthy cats in Temuco city, Chile. *Revista Iberoamericana de Micología*, 2009, Vol. 26, p. 206-210.

BUIJS, J. & VAN WIJNEN, J. Survey of feral rock doves in Amsterdam. *Urban Ecosystems*, 2001, Vol. 5, p. 235-241.

CANTERBURY, G.; MARTIN, T.; PETIT, D.; PETIT, L. & BRADFORD, D. Bird communities and habitat as ecological indicators of forest condition in regional monitoring. *Conservation Biology*, 2000, Vol. 14, p. 544-558.

CAPELLI DE STEFFENS, A.; PÍCCOLO, M.; HERNÁNDEZ, J. y NAVARRETE, G. La isla de calor estival en Temuco, Chile. *Papeles de Geografía*, 2001, Vol. 33, p. 49-60.

CHACE, J. & WALSH, J. Urban effects on native avifauna: a review. *Landscape and Urban Planning*, 2006, vol. 74, p. 46-69.

COHEN, J. Human Population: The Next Half Century. *Science*, 2003, Vol. 302, p. 1172-1175.

CÓRDOVA, J.; ASTORGA, J.; SILVA, W. & RIQUELME, C. Characterization by PCR of *Vibrio parahaemolyticus* isolates collected during the 1997-1998 Chilean outbreak. *Biological Research*, 2002, Vol. 35, p. 433-440.

CÓRDOVA, S.; GAETE, H.; ARÁNGUIZ, F. y FIGUEROA, R. Evaluación de la calidad de las aguas del estero Limache (Chile central), mediante bioindicadores y bioensayos. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 2009, Vol. 37, p. 199-209.

COWLING, R.; PRESSEY, R.; LOMBARD, A.; DESMET, P. & ELLIS, A. From representation to persistence: requirements for a sustainable system of conservation areas in the species rich Mediterranean climate desert of southern Africa. *Diversity and Distributions*, 1999, Vol. 5, p. 51-71.

CURSACH, J. y RAU, J. Influencia de las perturbaciones humanas sobre la diversidad del ensamble de aves costeras en el Seno de

Reloncaví, sur de Chile. *Boletín Chileno de Ornitología*, 2008a, Vol. 14, p. 92-97.

CURSACH, J. y RAU, J. Avifauna presente en dos parques urbanos de la ciudad de Osorno, sur de Chile. *Boletín Chileno de Ornitología*, 2008b, Vol. 14, p. 98-103.

DEARBORN, D. y KART, S. Motivations for conserving urban biodiversity. *Conservation Biology*, 2009, Vol. 24, p. 432-440.

DI CASTRI, F. y HAYEK, E. *Bioclimatología de Chile*. Santiago de Chile: Universidad Católica de Chile, 1976.

DÍAZ, I. y ARMESTO, J. La conservación de las aves silvestres en ambientes urbanos de Santiago. *Revista Ambiente y Desarrollo*, 2003, Vol. 19, p. 31-38.

DÍAZ, I.; ARMESTO, J.; REID, S.; SIEVING, K. & WILLSON, M. Linking forest structure and composition: avian diversity in successional forests of Chiloé Island, Chile. *Biological Conservation*, 2005, Vol. 123, p. 91-101.

DUTKA, B.; MCLINNIS, R.; JURKOVIC, A.; LIU, D. & CASTILLO, G. Water and sediment ecotoxicity studies in Temuco and Rapel river basin, Chile. *Environmental Toxicology and Water Quality*, 1996, Vol. 11, p. 237-247.

FERNÁNDEZ-JURICIC, E. Avian spatial segregation at edges and interiors of urban parks in Madrid, Spain. *Biodiversity and Conservation*, 2001, Vol. 10, p. 1303-1316.

FIGUEROA, R.; VALDOVINOS, C.; ARA-YA, E. y PARRA, O. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 2003, Vol. 76, p. 275-285.

FIGUEROA-ROA, L. & LINHARES, A. (2004). Synanthropy of muscidae (Diptera) in the city of Valdivia, Chile. *Neotropical Entomology*, 2004, Vol. 3, p. 647-651.

FINOT, V. y RAMÍREZ, C. Fitosociología de la vegetación ruderal de la ciudad de Valdivia (X región-Chile). 1. Vegetación nitrófila. *Studia Botanica*, 1996, Vol. 15, p. 159-170.

FREEMAN, R. & RAY, R. Landscape ecology practice by small scale river conservation groups. *Landscape and Urban Planning*, 2001, Vol. 56, p. 171-184.

GONZÁLEZ-ACUÑA, D.; SILVA, F.; MORENO, L.; CERDA, F.; DONOSO, S.; CABELLO, J. y LÓPEZ, J. Detección de algunos agentes zoonóticos en la paloma doméstica (*Columba livia*) en la ciudad de Chillán, Chile. *Revista Chilena de Infectología*, 2007, Vol. 24, p. 199-203.

GONZÁLEZ-ESCALONA, N.; CACHICAS, V.; ACEVEDO, C.; RIOSECO, M.; VERGARA, J. & CABELLO, F. *Vibrio parahaemolyticus* diarrea, Chile, 1998 and 2004. *Emerging Infectious Diseases*, 2005, Vol. 11, p. 129-131.

GRIMM, N.; FAETH, S.; GOLUBIEWSKI, N.; REDMAN, C.; WU, J.; BAI, X. & BRIGGS, J. Global change and the ecology of cities. *Science*, 2008, Vol. 319, p. 756-760.

HABIT, E. y PARRA, O. Impactos ambientales de los canales de riego sobre la fauna de peces. *Ambiente y Desarrollo*, 2001, Vol. 17, p. 50-56.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS (INE). *Chile: Ciudades, Pueblos, Aldeas y Caseríos*. Instituto Nacional de Estadísticas, Gobierno de Chile, 2005.

KAYE, J.; GROFFMAN, P.; GRIMM, N.; BAKER, L. & POUYAT, R. A distinct urban biogeochemistry? *Trends in Ecology and Evolution*, 2006, Vol. 21, p. 192-199.

KÜHN, I.; BRANDL, R. & KLOTZ, S. The flora of German cities is naturally species rich. *Evolutionary Ecology Research*, 2004, Vol. 6, p. 749-764.

LEAO, S.; BISHOP, I. & EVANS, D. Simulating urban growth in a developing nation's region using a cellular automata-based model. *Journal of Urban Planning and Development-Asce*, 2004, Vol. 130, p. 145-158.

LEVEAU, L. y LEVEAU, C. Comunidades de aves en un gradiente urbano de la ciudad de Mar del Plata, Argentina. *Hornero*, 2004, Vol. 19, p. 13-21.

LI, H. & REYNOLDS, J. On definition and quantification of heterogeneity. *Oikos*, 1995, Vol. 73, p. 280-284.

LIU, D.; MAGUIRE, R.; PACEPAVICUS, G.; AOYAMA, I. & OKAMURA, H. Microbial transformation of metolachlor. *Environmental Toxicology and Water Quality*, 1995, Vol. 4, p. 249-258.

MACARTHUR, R. *Geographical ecology: patterns in the distribution of species*. New York: Harper & Row Publishers, 1972.

MACARTHUR, R. & WILSON, E. *The theory of island biogeography*. New York: Princeton University Press, 1969.

MACKIN-ROGALSKA, R.; PINOWSKI, J.; SOLON, J. & WOJCIK, Z. Changes in vegetation, avifauna, and small mammals in a suburban habitat. *Polish Ecological Studies*, 1988, Vol. 14, p. 293-330.

MANHÃES, M. & LOURES-RIBEIRO, A. Spatial distribution and diversity of bird community in an urban area of southeast Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 2005, Vol. 48, p. 285-294.

MARGULES, C. & PRESSEY, R. Systematic conservation planning. *Nature*, 2000, Vol. 405, p. 243-253.

MCGEOCH, M. The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. *Biological Review*, 1998, Vol. 73, p. 181-202.

MCKINNEY, M. Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biological Conservation*, 2006, Vol. 127, p. 247-260.

MCPHERSON, E. Accounting for benefits and costs of urban greenspace. *Landscape and Urban Planning*, 1992, Vol. 22, p. 41-51.

MERCADO, R.; URETA, M.; CASTILLO, D.; MUÑOZ, V. & SCHENONE, H. Exposure to larva migrans syndromes in squares and public parks of cities in Chile. *Revista de Saude Pública*, 2004, Vol. 38, p. 729-731.

MOLINA, M. & MOLINA, L. Megacities and atmospheric pollution. *Air and Waste*

*Management Association*, 2004, Vol. 54, p. 644-680.

MÖRTBERG, U. Resident bird species in urban forest remnants; landscape and habitat perspectives. *Landscape Ecology*, 2001, Vol. 16, p. 193-203.

PATAKI, D.; ALIG, R.; FUNG, A.; GOLUBIEWSKI, N.; KENNEDY, C.; MCPHERSON, E.; NOWAK, D.; POUYAT, R. & ROMERO-LANKAO, P. Urban ecosystems and the North American carbon cycle. *Global Change Biology*, 2006, Vol. 12, p. 2092-2102.

PAUCHARD, A.; AGUAYO, M.; PEÑA, E. & URRUTIA, R. Multiple effects of urbanization on the biodiversity of developing countries: The case of a fast-growing metropolitan area (Concepción, Chile). *Biological Conservation*, 2006, Vol. 127, p. 272-281.

QADEER, M. Urbanization by implosion. *Habitat Internacional*, 2004, Vol. 28, p. 1-12.

RAU, J. Factores de impacto de la Revista Chilena de Historia Natural: 1991-1995. *Revista Chilena de Historia Natural*, 1997, Vol. 70, p. 453-457.

REID, S.; DÍAZ, I.; ARMESTO, J. & WILLSON, M. Importance of native bamboo for understory birds in Chilean temperate forests. *The Auk*, 2004, Vol. 121, p. 515-525.

ROMERO, H. & ÓRDENES, F. Emerging urbanization in the southern Andes - environmental impacts of urban sprawl in Santiago de Chile on the Andean Piedmont. *Mountain Research and Development*, 2004, Vol. 24, p. 197-201.

ROUGET, M.; COWLING, R.; LOMBARD, A.; KNIGHT, A. & KERLEY, G. Designing large-scale conservation corridors for pattern and process. *Conservation Biology*, 2006, Vol. 20, p. 549-561.

ROZZI, R.; MASSARDO, E.; SILANDER, J.; DOLLENZ, O.; CONNOLLY, B.; ANDERSON, C. y TURNER, N. Árboles nativos y exóticos en las plazas de Magallanes. *Anales del Instituto de la Patagonia*, 2003, Vol. 31, p. 27-32.

RYDER, R. & BROWN, L. Urban-system evolution on the frontier of the Ecuadorian Amazon. *Geographical Review*, 2000, Vol. 90, p. 511-535.

SÁNCHEZ, M. La capa de Ozono. *Revista Biocenosis*, 2008, Vol. 21, p. 65-68.

SANHUEZA, P.; VARGAS, C. y MELLADO, P. Impacto de la contaminación del aire por PM<sub>10</sub> sobre la mortalidad diaria en Temuco. *Revista Médica de Chile*, 2006, Vol. 134, p. 754-761.

SIEVING, K.; WILLSON, M. & DE SANTO, T. Defining corridor functions for endemic birds in fragmented south-temperate rainforest. *Conservation Biology*, 2000, Vol. 14, p. 1120-1132.

TORO, B.; NAVARRO, J. & PALMA-FLEMING, H. Use of clearance rate in *Choromytilus chorus* (Bivalvia: Mytilidae) as a non-destructive biomarker of aquatic pollution. *Revista Chilena de Historia Natural*, 2003, Vol. 76, p. 267-274.

TREMBLAY, M. & ST. CLAIR, C. Factors affecting the permeability of transportation and riparian corridors to the movements of songbirds in an urban landscape. *Journal of Applied Ecology*, 2009, Vol. 46, p. 1314-1322.

URQUIZA, A. y MELLA, J. Riqueza y diversidad de aves en parques de Santiago durante el período estival. *Boletín Chileno de Ornitología*, 2002, Vol. 9, p. 12-21.

VILELA, J. Distribución del arbolado urbano en la ciudad de Fuenlabrada y su contribución a la calidad del aire. *Ciudad y Territorio. Estudios territoriales*, 2004, Vol. 140, p. 419-430.

WILLIAMS, N.; SCHWARTZ, M.; VESK, P.; MCCARTHY, M.; HAHS, A.; CLEMANTS, S.; CORLETT, R.; DUNCAN, R.; NORTON, B.; THOMPSON, K. & MCDONNELL, M. A conceptual framework for predicting the effects of urban environments on floras. *Journal of Ecology*, 2009, Vol. 97, p. 4-9.

