

ÍNDICES DE ÁREA VERDE Y COBERTURA VEGETAL PARA LA CIUDAD DE PARRAL (CHILE), MEDIANTE FOTOINTERPRETACIÓN Y SIG

GREEN AREA AND VEGETATION COVER INDEXES FOR PARRAL CITY (CHILE) USING PHOTOINTERPRETATION AND GIS

Carlos Mena¹ Yony Ormazábal² Yohana Morales³ Rómulo Santelices⁴ John Gajardo⁵

RESUMEN

La importancia de las áreas verdes es creciente, toda vez que son un factor importante en la salud y bienestar del habitante urbano. Por ello, en la ciudad de Parral en Chile Central, se cuantificó y analizó la disponibilidad de áreas verdes y cobertura vegetal, empleando fotografías aéreas de escala 1:10.000 y Sistemas de Información Geográfica (SIG). En una primera etapa, se cuantificó la arborización urbana a través de un muestreo aleatorio simple de veinticuatro unidades muestrales con mediciones en terreno combinadas con mediciones en las fotografías aéreas, de lo cual se obtuvo la superficie aportada. Posteriormente, a través de la generación de coberturas espaciales SIG se obtuvo la superficie de las áreas verdes existentes y de los espacios abiertos disponibles. Además, mediante clasificación digital supervisada, se calculó la superficie ocupada por la arborización urbana en espacios privados. Los índices explicativos de cantidad arrojaron que la ciudad de Parral dispone actualmente de 12,72 ha de áreas verdes, equivalentes a 4,82 m²/hab, lo cual implica una frecuencia de áreas verdes de 0,022 m²/m². Estos valores podrían mejorarse, si se incorporan los espacios abiertos disponibles, llegando con ello a 12,06 m²/hab. En cuanto a los índices explicativos de disponibilidad, se estableció que la accesibilidad promedio a un área verde existente es de 327,2 m. A su vez, considerando una zona de influencia de 200 m en torno a las áreas verdes, se determinó que existen 5.160 viviendas que disponen del servicio básico (56,4%). Al incorporar los espacios abiertos disponibles, estos valores disminuyen considerablemente obteniéndose una accesibilidad promedio de 213,7 m y una cobertura de servicio de 79,2%. Finalmente, se estimó que la cobertura vegetal existente al interior de las manzanas urbanas (arborización urbana en espacios privados) representa un recurso importante, 17,8 veces mayor que la arborización urbana de calles, por lo que debería ser considerado dentro de los planes y políticas municipales.

Palabras claves: área verde urbana; accesibilidad; Teledetección; SIG.

ABSTRACT

The importance of the green areas is increasing since they are an important factor in the health and welfare of urban population. Therefore, in Parral city, in Central Chile, it was quantified and analyzed the availability of green areas and vegetation cover, using aerial photographs scale 1:10000 and Geographic Information Systems (GIS). In a first stage, urban street trees were quantified through a simple random sample of twenty-four units with field measurements combined with measurements on aerial photographs, from which it was obtained the surface provided. Subsequently, through the creation of GIS layers, the surface of existing

1. Cartógrafo, Dr., Professor Asociado, Fac. Cs. Forestales y Centro de Geomática de la Universidad de Talca. Avda. Lircay s/n, Talca, Chile. cmena@utalca.cl.
2. Ingeniero Forestal, Ms., Professor Conferenciante, Centro de Geomática de la Universidad de Talca. Lircay s/n, Talca, Chile. yormazabal@utalca.cl.
3. Ingeniera Forestal, Mg., Asistente de Investigación, Centro de Geomática de la Universidad de Talca. Lircay s/n, Talca, Chile. ymorales@utalca.cl.
4. Ingeniero Forestal, Dr., Professor Adjunto, Departamento de Cs. Forestales y Centro de Desarrollo Para el Secano Interior, Fac. Cs. Agrarias y Forestales, Universidad Católica del Maule. Avda. San Miguel N°3605, Talca, Chile. rsanteli@ucm.cl.
5. Ingeniero Forestal, Professor Asistente, Fac. Cs. Forestales y Centro de Geomática de la Universidad de Talca. Lircay s/n, Talca, Chile. jgajardo@utalca.cl

Recebido para publicação em 10/12/2009 e aceito em 6/07/2010

green areas and available open spaces were obtained. In addition, through supervised digital classification, the surface covered by urban forestry in private spaces was calculated. Quantity indexes show that Parral city currently has 12.72 ha of green areas, equivalent to 4.82 m²/hab, which implies a green area frequency of 0.022 m²/m². These values could be improved, if the available open space are incorporated and thereby reach 12.06 m² per inhabitant. In relation with availability indexes it was established that the average of accessibility to a green area is 327.2 m. Moreover, assuming a buffer of 200 m around the green areas, it was determined that there are 5160 houses with the basic service (56.4%). By incorporating the available open spaces, these values decrease significantly obtaining an average of accessibility to a green area of 213.7 m and coverage of basic service of 79.2%. Finally, it was estimated that the existing vegetation within the urban blocks (urban forest in private spaces) represents an important resource 17.8 times larger than urban street trees, so it should be considered within the municipal plans and policies.

Keywords: urban green area; accessibility; Remote Sensing; GIS.

INTRODUCCIÓN

Las áreas verdes juegan un importante rol en el mejoramiento de la calidad del ambiente urbano, debido a que estos espacios al interior de las ciudades, y especialmente aquellos que contienen un alto porcentaje de cobertura vegetal, pueden proveer varios beneficios ecológicos, destacándose: el aminoramiento de la intensidad de las islas de calor (AKBARI y KONOPACKI, 2005), el secuestro de CO₂ y la reducción de la polución del aire (McPHERSON, 1996; MCPHERSON y SIMPSON, 1998; NOWAK et al., 2006). Estos aspectos están directamente relacionados con la salud y bienestar del habitante urbano, puesto que impactan sobre su calidad de vida al mejorar las condiciones del aire, regular la temperatura y ofrecer espacios para realizar actividades físicas y recreacionales que aportan a la reducción del estrés (KAPLAN y KAPLAN, 1989; SCHIPPERIJN et al., 2010).

Dependiendo del tipo de ciudad, existe una alta variabilidad en el indicador de metros cuadrados (m²) por habitante, lo que podría asociarse a los niveles socioeconómicos de los habitantes y al tipo de ciudad y sociedad. De acuerdo a lo señalado por Ros Orta (1996), la disponibilidad promedio de áreas verdes en Francia es de 25 m² por habitantes, mientras que en España ronda los 12 m² y ello considerando que las grandes ciudades como Madrid elevan esa media. Por otra parte, la ciudad de Curitiba en Brasil cuenta en la actualidad con 20 millones de m² de área verde, lo que representa 52,2 m² de área verde por habitante, superando largamente la propuesta de la Sociedad Brasileña de Arborización Urbana (SBAU) de 15 m² por habitante (SBAU, 1996). En el caso de Chile, la diferencia entre las grandes metrópolis y las

ciudades más pequeñas es notoria, encontrándose diferencias apreciables incluso dentro de las mismas ciudades, en función del nivel socioeconómico de sus habitantes. En Santiago de Chile, varía entre 1 y 3 m² de áreas verdes *per capita*. Sólo un reducido número de municipios posee más de 9 m² por habitante (CEBALLOS, 1998; CONAMA, 2002), siendo los de mayor nivel socio económico del país. Por otra parte, ciudades como Valparaíso, Antofagasta y Vallenar presentan un déficit muy alto de áreas verdes, puesto que disponen sólo de 0,6, 1,2 y 1,5 m² por habitante, respectivamente (CEBALLOS, 1998).

En este contexto y considerando que las transformaciones asociadas al crecimiento urbano imponen dinámicas internas particulares en las ciudades, la planificación y manejo de las áreas verdes debería considerarse dentro de las políticas públicas, a nivel de gobiernos locales, tal como se contempla desde hace ya un tiempo en algunos países desarrollados (NILSSON y RANDRUP, 1997). De acuerdo a Sorensen et al. (1998), indican que se deberían establecer proyectos prioritarios y definir criterios de manejo y metas cuantitativas específicas. En este marco, la Teledetección y la informática son herramientas modernas que pueden simplificar y hacer más eficiente este tipo de trabajos.

La utilización de sistemas informáticos que permiten generar un "plano dinámico" es una alternativa para la obtención de información confiable que facilite la planificación urbana y la realización de estudios retrospectivos con la posibilidad de actualización rápida, de menor costo y acorde a las necesidades del momento (COMAS y RUIZ, 1993). De esta forma, dichos sistemas se transforman en una herramienta importante para planificadores y administradores en cuanto al

conocimiento y manejo de los recursos naturales y del medio ambiente.

Por otro lado, la implementación de un plano de áreas verdes urbana con el objeto de establecer modelos de distribución espacial, requiere de la cuantificación de los recursos existentes y también de los lugares posibles de arborizar (MILANO, 2000). En este sentido, la composición paisajística de las ciudades se encuentra estrechamente ligada a su carácter espacial, que puede ser asociado a bases de datos referenciadas (OTERO, 1999; TEREZINHA y BIONDI, 2003). Se debe contemplar la existencia de múltiples objetos de información dentro de un centro urbano, considerando además que cada sector no debe ser tratado de forma independiente puesto que forma parte de un sistema dinámico que debe ser actualizado continuamente (WEBER, 2000). Atendiendo a esta necesidad, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son capaces de almacenar, manipular, gestionar y representar gráficamente datos con algún tipo de componente espacial (CHUVIECO, 2002). Esto significa que la información que albergan, sean mapas de suelo, climáticos o de otra variable territorial, está georreferenciada y por ello puede relacionarse de diversas maneras. Dicha información brinda los mejores resultados si es apoyada por datos ilustrativos que permita generar una expectativa de la realidad y así facilitar el aumento de los archivos jurisdiccionales de las ciudades en desarrollo. En este sentido, la Fotointerpretación complementa este tipo de manejo de información y en muchas ocasiones se convierte en la alternativa más económica y fácil de trabajar (ESCADA, 1992). De este modo, la interacción y utilización de la Fotointerpretación, los Sistemas de Información Geográfica y la Planificación Urbana pueden configurar una valiosa herramienta para el desarrollo económico, social y ambiental sostenible.

El objetivo de este trabajo fue cuantificar y determinar la disponibilidad de las áreas verdes urbanas de la comuna de Parral, mediante el uso de fotografías aéreas verticales y de un Sistema de Información Geográfica. Dicha información será esencial para un conocimiento detallado del recurso que permita analizar, manejar y planificar espacios verdes en equilibrio con el desarrollo urbano y la sociedad.

MATERIAL Y MÉTODO

Según Schipperijn et al. (2010), áreas verdes

urbanas son todos aquellos espacios de propiedad y acceso público, que se caracterizan por un alto grado de cobertura vegetal (e.g. parques, zonas boscosas y áreas naturales). Estas áreas pueden o no estar diseñadas o planificadas, o tener un carácter más natural. En general, son espacios destinados al esparcimiento y reposo.

En la realización de la presente investigación se consideraron las indicaciones de Lima et al. (1994), quienes sugieren estandarizar los términos que son empleados en estudios relacionados con áreas verdes urbanas. De esta forma, se entenderá por:

- **Área Verde:** espacio con predominio de vegetación arbórea, englobando plazas, jardines públicos y parques urbanos. También incluyen los prados y jardines de bandejoneras centrales en vías públicas.
- **Arborización Urbana:** elementos vegetales de tipo arbóreo dentro de la zona urbana. Bajo este enfoque, los árboles plantados en las calzadas forman parte de la arborización urbana, pero no integran el sistema de áreas verdes.
- **Espacio Abierto:** espacio libre de obstáculos. Aunque no existe consenso respecto del tamaño de estos espacios, en el presente estudio corresponderán a aquellos espacios libres de construcciones que se encuentren disponibles para pasar a conformar el sistema de áreas verdes.

Cabe señalar que se consideran estos segmentos debido a que en conjunto representan la proporción más importante del recurso dentro de la zona de estudio. Por otra parte, permiten el cálculo de indicadores diferenciados y a su vez, otorgan la posibilidad de análisis global en función de la comprensión cabal de la zona en estudio.

Área de estudio

El estudio se realizó en la zona urbana de la ciudad de Parral, Provincia de Linares, Región del Maule, Chile. Geográficamente se encuentra ubicada entre las coordenadas UTM (244.205-247.803) Este y (5.994.718-5.999.118) Norte. La ciudad se caracteriza por encontrarse en un entorno de características agrícolas. De acuerdo al Censo poblacional realizado el año 2002, existe una población total de 26.397 habitantes dentro del área urbana (INE, 2002).

Este territorio presenta un clima mediterráneo con temperaturas que oscilan entre

7°C en invierno y 31°C en la época estival, con precipitaciones totales para un año normal que alcanzan los 750 mm (SANTIBÁÑEZ y URIBE, 1993).

Levantamiento y procesamiento de la información de las áreas verdes

En el presente estudio se utilizaron fotografías aéreas color del año 2005 a escala 1:10.000, con un recubrimiento longitudinal de 60% y lateral de 30%. También se consideraron coberturas vectoriales urbanas correspondientes a: red vial, drenaje primario y secundario, deslindes y construcciones habitacionales. La información del último Censo poblacional, realizado en el año 2002, también fue utilizada. En el análisis y procesamiento de información espacial se utilizaron los software ArcGIS y Erdas Imagine, un estereoscopio de espejo, una plantilla de medición de diámetros de copa en fotografías aéreas, y cinta métrica. En la tabulación de datos y análisis estadísticos se utilizaron los programas SPSS y Microsoft office.

Para facilitar el tratamiento, manejo y análisis de la información base utilizada, se consideraron tres etapas principales de trabajo:

i) Cuantificación de “Arborización Urbana”

La cuantificación del sector arborización urbana (AU) se realizó mediante un inventario con mediciones en terreno y en fotografías áreas verticales. Para ello, se subdividió el área urbana en N unidades muestrales. Se delimitó el área efectiva de cada fotografía con las cuales se confeccionó un mosaico que permitió diferenciar las masas arbóreas de la ciudad, mediante un proceso de fotointerpretación de las mismas.

a) Ejecución del inventario en terreno: Las variables consideradas en la selección del tipo de muestreo que se utilizó en el inventario fueron las características de la ciudad. De esta forma, se optó por el Muestreo Aleatorio Simple debido a que no se observaron diferencias significativas en las especies arbóreas existentes en el área urbana de Parral. A continuación se describen las etapas del inventario en terreno:

- *Selección de las unidades pre-muestrales.* Fueron seleccionadas aleatoriamente diez unidades pre-muestrales de las N totales existentes en la población. En ellas se midieron las variables de interés que pudieran brindar información adicional.

- *Medición de variables de interés.* La variable de mayor interés correspondió al área de

copa. En este sentido, dicha área generó cifras en metros cuadrados para cada una de las unidades pre-muestrales seleccionadas con las cuales se calculó el número óptimo de unidades muestrales a medir.

- *Determinación de áreas de copas (AC).* Se ejecutó midiendo los radios orientados en cada uno de los puntos cardinales (Norte, Sur, Este y Oeste), y a través de la aplicación de la fórmula de áreas de copas [1] se obtuvo la variable de interés para cada una de las unidades pre-muestrales.

$$AC = \left(\frac{\sqrt{d1^2 + d2^2}}{4} \right)^2 \times \pi \quad (1)$$

Donde: d1 y d2 corresponden a los diámetros medidos en la fotografía con orientación norte - sur y este - oeste, respectivamente.

b) Ejecución del inventario en la fotografía aérea: El método seleccionado para completar las unidades muestrales faltantes correspondió a mediciones directas en los pares estereoscopios mediante fotointerpretación, puesto que se logró una buena visibilidad de los individuos por cada unidad muestral seleccionada. La medición se realizó sobre fotografías aéreas mediante la superposición de la plantilla de diámetros de copa y la posterior utilización de tablas de conversión. De esta forma, efectuada la transformación a unidades reales (metros) se calculó el área de copa para cada individuo, completando la información necesaria de las “n” unidades muestrales para la realización del inventario de arborización urbana.

ii) Cuantificación de “Áreas verdes” y “Espacios abiertos disponibles”

La cuantificación de áreas verdes existentes (AV) y espacios abiertos disponibles (EA), fue realizada mediante fotointerpretación digital sobre fotografías aéreas previamente rectificadas. Es preciso señalar que debido a que las ciudades son ambientes dinámicos de sucesivos cambios y considerando que el presente estudio se realizó con imágenes del año 2005, fue fundamental para el presente estudio la comprobación de cada medición en terreno al momento de determinar y aplicar criterios de identificación y selección de los elementos que conformarían cada segmento considerado.

a) Rectificación de fotografías: consistió en el reposicionamiento de todos los píxeles a partir del uso de funciones de transformación de coordenadas.

Para la obtención de la nueva imagen se utilizó el algoritmo de convolución cúbica, considerado el método más lento en términos de tiempo de cálculo pero el que mejor preserva la definición original de las imágenes.

Previo al ingreso de los puntos de control de terreno fue necesario indicar los datos cartográficos para el archivo de salida, tales como proyección, datum y tipo de coordenadas. En este caso se utilizó la proyección Universal Transversal de Mercator (UTM), zona 18 Sur y el datum Provisorio Sudamericano de 1956 (PSAD 56), como parámetros de salida. Con las imágenes desplegadas y la cubierta vectorial de caminos, se procedió a seleccionar puntos de control como registro de imagen a imagen (origen y destino). Se consideraron entre 9 a 12 puntos de control en cada fotografía aérea y su ubicación en el archivo vectorial.

b) Fotointerpretación digital y medición de áreas verdes y espacios abiertos disponibles: con el propósito de facilitar el análisis digital, se generó un mosaico con las imágenes corregidas, el cual fue incorporado a un Sistema de Información Geográfica para identificar, digitalizar y cuantificar las áreas verdes existentes y espacios abiertos disponibles, teniendo en cuenta restricciones para cada subsector. Para ser considerada área verde existente, ésta no debe poseer más de un 25% de edificaciones o construcciones dentro de ella; en el caso de los espacios abiertos disponibles debieron estar exentos de construcciones, no importando su calidad de propiedad (pública o privada). Diferenciados los segmentos mencionados, se procedió a crear los atributos para cada una de las coberturas generadas (área y perímetro).

iii) Cuantificación de "Arborización urbana en espacios privados"

Para cuantificar la arborización urbana en espacios privados (AP), mediante un proceso

de clasificación digital supervisada se procedió a delimitar la superficie urbana cubierta por masa vegetal arbórea. Luego, a través de filtros, extracción y superposición de coberturas, se identificaron las áreas de copa existentes al interior de las manzanas urbanas (espacios privados). Si bien se estableció un alto nivel de confianza para la capa obtenida en este proceso (confiabilidad global = 97%), esta información sólo se generó para ponderar la proporción del recurso existente, de manera de vislumbrar su importancia en relación a los espacios públicos. Los cálculos en los índices de cantidad y disponibilidad, no incluyeron esta superficie.

Determinación de índices explicativos

Los índices de áreas verdes corresponden a cifras explicativas que permitieron una mejor apreciación de estos recursos, la cantidad disponible y su distribución espacial. Ello facilita la confección de futuros planes de implantación, manejo, mantención y monitoreo frecuente de dichos recursos (FIALHO et al., 2006).

a) Índices de Cantidad

- *Áreas verdes por habitante:* Para el cálculo de los distintos índices de cantidad, se emplearon los resultados obtenidos en la etapas descritas previamente (puntos i, ii y iii), además del número total de habitantes dentro de la zona urbana (HUT). En la Tabla 1, se indica la fórmula de cálculo para cada índice.

- *Frecuencia de áreas verdes:* Para el cálculo de los índices de frecuencia fue necesario calcular la superficie urbana total (SUT) de la ciudad de Parral, mediante SIG. En la Tabla 1, se indica la fórmula de cálculo empleada para cada índice.

b) Índices de Disponibilidad

- *Distancia de accesibilidad:* Mediante herramientas de análisis espacial SIG, se calculó la distancia euclidiana desde cada una de las

TABLA 1: Índices de cantidad (área y frecuencia).

TABLE 1: Quantity indexes (area and frequency).

Índices	Notación	Fórmula	Unidad
Índice área verde	IAV	AV/HUT	m ² /hab
Índice cobertura vegetal	ICV	AU/HUT	m ² /hab
Índice espacios abiertos disponibles	IEA	EA/HUT	m ² /hab
Frecuencia de áreas verdes	FAV	AV/SUT	m ² /m ²
Frecuencia de cobertura vegetal	FCV	AU/SUT	m ² /m ²
Frecuencia de espacios abiertos disponibles	FEA	EA/SUT	m ² /m ²

construcciones habitacionales hasta el área verde más cercana. Con los valores obtenidos se procedió a calcular el promedio que indica la media de distancia de accesibilidad a un área verde dentro de la ciudad.

- *Áreas de influencia:* Se estableció una distancia de 200 m desde el borde de un área verde, como zona de cobertura efectiva del servicio básico asociado a disponer de áreas destinadas a la recreación y esparcimiento de la población. De esta forma, mediante herramientas de análisis espacial SIG se generó un polígono de influencia de 200 m de radio en torno a cada una de las áreas verdes de la ciudad. Finalmente, mediante selección por locación, se calculó el número de viviendas ubicadas dentro de las zonas de influencia obtenidas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2 se presentan las constantes utilizadas para la realización del inventario. El N poblacional se obtuvo a partir de la división de la superficie total del área urbana por el área de las unidades muestrales medidas. El valor de t de Student correspondió al obtenido con 23 grados de libertad y con probabilidad de 5%.

A partir de los datos obtenidos en terreno y del análisis estadístico realizado, se estableció que el intervalo de confianza para la media muestral y para la media poblacional fueron $79,4 < x < 101,1$ y $28.248,9 < X < 36.006,8$ respectivamente. Este último valor describe el real aporte de la arborización urbana y cuyo valor alcanza los 32.127,9 m².

En la Tabla 3 se presentan los metros cuadrados de superficie de áreas verdes existentes y espacios abiertos disponibles, obtenidos a partir de la interpretación digital sobre fotografías áreas rectificadas de la ciudad de Parral (Figura 1).

Las áreas verdes existentes correspondieron a espacios públicos cuya cobertura predominante fue la vegetación, tales como parques y jardines

TABLA 2: Variables utilizadas para el inventario.

TABLE 2: Variable used for the inventory.

Constante	Valor
Superficie urbana (m ²)	5.821.790,4
Superficie unidad muestral (m ²)	15.625
N poblacional	373
n muestral	24
t de Student	2,40
Error admitido	0,2

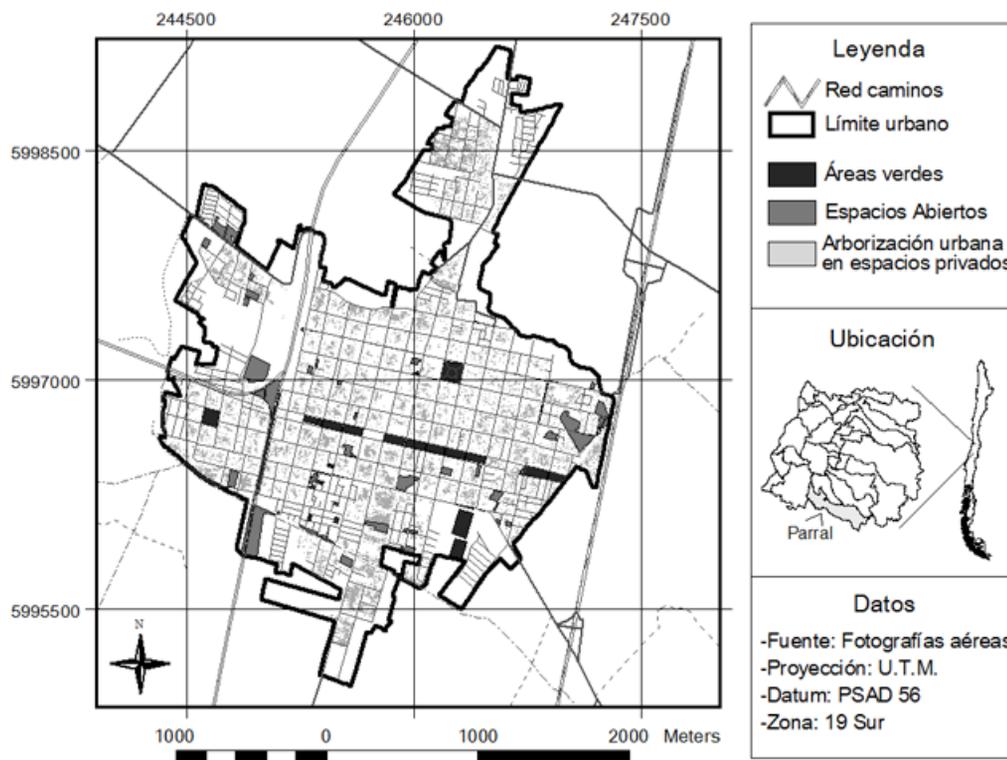


FIGURA 1: Áreas verdes de la ciudad de Parral.
 FIGURE 1: Urban green areas of Parral city.

TABLA 3: Superficies obtenidas para los sectores seleccionados.

TABLE 3: Areas calculated for selected sectors.

Subsectores	Superficie (m ²)
Áreas verdes	127.235,6
Espacios abiertos disponibles	191.191,8

públicos, alamedas y corredores viales, también áreas sociales de carácter privado pero con acceso a segmentos significativos de la población. Se debe tener en cuenta que esta categoría fue considerada real, mientras que los espacios abiertos disponibles sólo indican una proyección futura de áreas posibles de utilizar para tales fines.

Por otra parte, la superficie existente de arborización urbana en espacios privados (áreas de copa al interior de manzanas urbanas) se cuantificó en 573.228 m², valor 17,8 veces mayor que la superficie ocupada por la arborización urbana de calles. Esta gran superficie, si bien representa un área existente, no está abierta a la comunidad, por lo que presta servicios de recreación y esparcimiento sólo a quienes tienen derecho de propiedad sobre ella. Sin embargo, es evidente el gran impacto que tiene en la calidad del aire de la zona urbana y todos los beneficios para la población que esto representa.

Los índices explicativos dieron a conocer el comportamiento de las áreas verdes dentro de la ciudad de Parral. En la Tabla 4, se presentan los resultados obtenidos para los índices de cantidad. El primero fue el índice IAV y el índice FAV asociado, correspondiente a los valores reales aportados por las áreas verdes existentes; mientras que los índices ICV

TABLA 4: Índices de cantidad obtenidos.

TABLE 4: Quantity indexes obtained.

Índices	Notación	Valor	Unidad
Índice área verde	IAV	4,820	m ² /hab
Índice cobertura vegetal	ICV	1,217	m ² /hab
Índice espacios abiertos disponibles	IEA	7,243	m ² /hab
Frecuencia de áreas verdes	FAV	0,022	m ² /m ²
Frecuencia de cobertura vegetal	FCV	0,006	m ² /m ²
Frecuencia de espacios abiertos disponibles	FEA	0,055	m ² /m ²

y FCV, están relacionados con la arborización urbana presente en las calles, lo cual conceptualmente no se consideran áreas verdes, pero indudablemente aportan beneficios directos a la población; por su parte, IEA y FEA, corresponden a índices aportados por los espacios abiertos disponibles que presentan la potencialidad de ser utilizados como áreas verdes.

El índice de cantidad IAV representa la sumatoria simple de las superficies de áreas verdes existentes en la ciudad, en relación con el tamaño poblacional dentro del perímetro urbano. Por su parte, el índice FAV representa la superficie de áreas verdes existente en un metro cuadrado de superficie urbana. Ambos índices en conjunto representan una parte importante del concepto de habitabilidad para condiciones metropolitanas, que cuantifica en forma indirecta oportunidades o elementos que configuran la calidad de vida del ambiente urbano.

La accesibilidad a zonas verdes urbanas se consideró como “la distancia promedio que un ciudadano tiene que recorrer desde su lugar de residencia hasta la zona verde más cercana”. La Tabla 5 muestra la distancia promedio de accesibilidad, considerando dos escenarios: 1) el conjunto áreas verdes existentes, y 2) el conjunto áreas verdes existentes y espacios abiertos disponibles.

En un segundo análisis de accesibilidad, se generaron zonas de influencia entorno a las áreas verdes para luego identificar y cuantificar el número de viviendas influenciadas favorablemente por cada espacio de recreación y esparcimiento. En la Tabla 6 se muestra el número de viviendas que se encuentran cubiertas por las zonas de influencia considerando dos escenarios: 1) áreas verdes existentes, y 2) áreas verdes existentes y espacios abiertos disponibles. En este sentido, toda aquella infraestructura habitacional que se encuentran al interior de las zonas de influencia fue considerada vivienda con accesibilidad a un espacio verde en suelo urbano. En las Figuras 2 y 3 se observan gráficamente las zonas de influencia generadas para cada uno de los dos escenarios indicados.

TABLA 5: Índices de disponibilidad obtenidos (Distancia de Accesibilidad).

TABLE 5: Availability indexes obtained (Distance Accessibility).

Índices	Notación	Distancia promedio (m)
Distancia de accesibilidad	DA (AV)	327,2
	DA (AV + EA)	213,7

TABLA 6: Índices de disponibilidad obtenidos (Áreas de influencia).
 TABLE 6: Calculated availability indexes (Spatial influence).

Índices	Notación	Viviendas cubiertas	Viviendas no cubiertas
Área de influencia	AI (AV)	5.160	3.993
	AI (AV + EA)	7.253	1.900

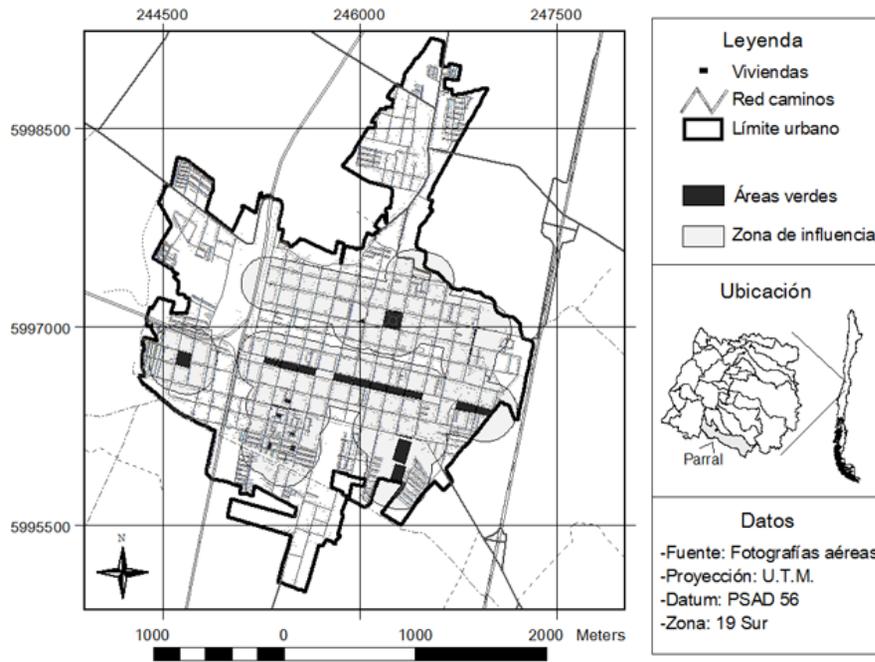


FIGURA 2: Zona de influencia considerando áreas verdes existentes.
 FIGURE 2: Spatial influence considering the existing urban green areas.

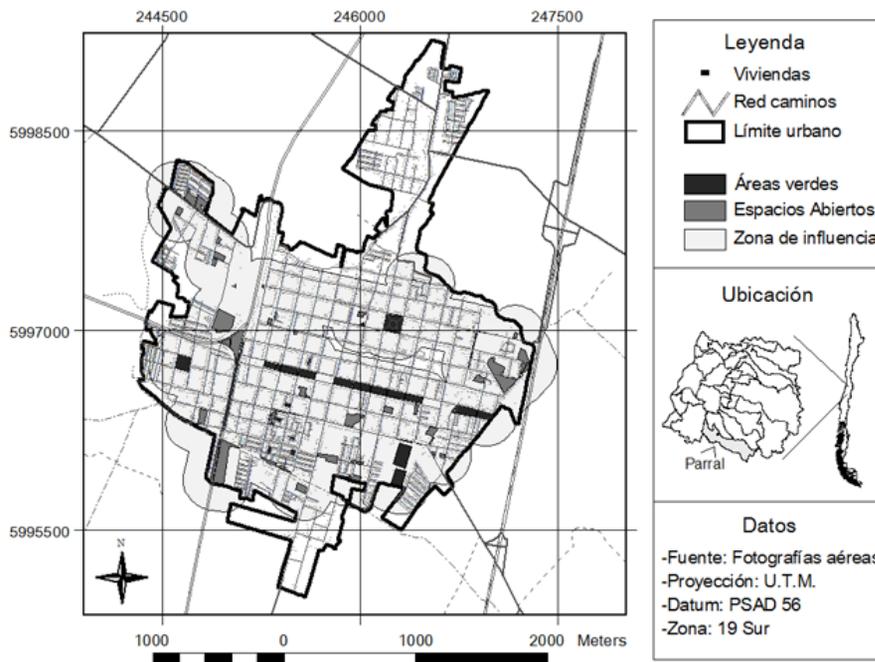


FIGURA 3: Zona de influencia considerando áreas verdes existentes y espacios abiertos disponibles.
 FIGURE 3: Spatial influence considering the existing urban green areas and the available open spaces.

Uno de los elementos básicos para asegurar una buena calidad de vida para los habitantes urbanos es la disponibilidad de espacios verdes (KAPLAN y KAPLAN 1989; SCHIPPERIJN et al., 2010). En este contexto, la ciudad de Parral cuenta con 12,72 hectáreas de áreas verdes, lo cual equivale a 4,82 m² de áreas verdes disponible por habitante. Al comparar este valor respecto a otras ciudades del país, principalmente en la Región Metropolitana de Chile, se observa que la zona de estudio (Parral) está dentro del promedio posible de encontrar, exceptuando algunas comunas ya mencionadas. Sin embargo, si se incorporan los espacios abiertos disponibles como nuevas áreas verdes se podría alcanzar los 12,06 m² por habitante, valor más cercano a lo registrado para otras ciudades a nivel internacional (ROS ORTA, 1996).

Por otra parte, al contrastar la superficie correspondiente a arborización urbana (AU) existente en espacios públicos (calles) con la superficie ocupada por la arborización urbana en espacios privados (AP), queda de manifiesto la gran diferencia entre ambas. En este sentido, el papel del sector privado en el mejoramiento del entorno de la ciudad de Parral resulta altamente relevante dada la gran extensión ocupada, por lo que debería ser considerado en las políticas públicas al momento de la planificación de estos espacios. Un ejemplo claro de la importancia de AP, es el hecho de que si se agrega su aporte en el cálculo de la frecuencia de cobertura vegetal, se pasa de 0,006 a 0,0985 m²/m², reflejando la real proporción de cobertura arbórea existente en la ciudad y la influencia y beneficios que esta masa vegetal representa en el sistema urbano.

En cuanto a la accesibilidad de la población a las áreas verdes existentes (espacios públicos que sirven de lugar de reunión y vida comunitaria para todos los habitantes de la ciudad), se determinó que existen 5.160 viviendas, equivalentes al 56,4% del total, que se encuentran dentro de las zonas de influencia efectiva de los espacios verdes actualmente existentes. Este escenario mejora notablemente al considerar dentro del análisis a los espacios abiertos disponibles que presentan potencialidad de convertirse en áreas verdes, lo cual incrementaría en un 23,2% el número de viviendas que acceden a un área verde y con ello podría posibilitar casi el 80% de cobertura.

La determinación de índices explicativos del comportamiento de las áreas verdes urbanas aportan al desarrollo de las ciudades en proyección,

otorgando cifras que funcionan como referencia respecto de cantidad y calidad, además de representar un punto de partida para el control, planificación, creación y manejo de las áreas verdes urbanas. En el caso del área estudiada, al considerar las áreas verdes actualmente existentes en Parral, se observa que la distancia promedio de accesibilidad de las viviendas a estas zonas es de 327,2 m, valor superior al indicado como parámetro recomendable (200 m). Sin embargo, si al análisis se incorporan los espacios abiertos disponibles, la distancia promedio se reduce un 34,7% respecto de dicho valor. Se debe tener presente que las distancias mencionadas equivalen a valores promedios, pudiendo encontrarse sectores de la población que superan ampliamente los parámetros establecidos, situación fácilmente observable en los análisis de zonas de influencias realizados anteriormente. En este sentido sería interesante analizar estas variables en función del nivel socioeconómico del habitante, ya que de acuerdo a lo planteado por García y Guerrero (2006) y por Guerrero y Culós (2007), las áreas verdes son un indicador del estatus social con lo cual sería esperable que sectores con valores bajos de accesibilidad correspondan a zonas que presentan carencias en cuanto a infraestructura urbana.

Respecto de la utilización de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para evaluar el estado actual de las áreas verdes, sus capacidades de análisis permiten establecer formas de gestión más efectivas que las empleadas en los actuales planes de ordenación. Esta tecnología junto con la Teledetección, permiten la identificación y delimitación precisa de las áreas verdes urbanas, su medición con un alto nivel de exactitud, además del análisis de la distribución espacial de sus componentes, todo lo cual representa claras ventajas respecto de otras metodologías tradicionales de manejo y análisis de información (COMAS y RUIZ, 1993; HERRERO et al., 2006). En el caso de la ciudad de Parral, los planos de áreas verdes generados entregaron una gran cantidad de información que resulta difícil de manipular. En este caso, la integración de la fotografía aérea y los Sistemas de Información Geográfica, proporcionaron las herramientas necesarias para el control y administración de los recursos arbóreos urbanos. Por ello, debería considerarse su uso en la planificación y administración de las áreas verdes por parte de los gobiernos locales, tal como se realiza en países adelantados en estas materias (NILSSON y RANDRUP, 1997).

CONCLUSIONES

Los índices asociados a la cantidad de recursos urbanos permiten obtener parámetros de acción para planes futuros de creación de áreas verdes y parques urbanos. En este marco, los 4,82 m² de áreas verdes por habitante para la ciudad de Parral se encuentran por debajo de lo recomendado. Esta situación podría mejorar sustancialmente al incorporar los espacios abiertos disponibles como áreas verdes, pudiendo alcanzar los 12,06 m²/hab.

La distancia de accesibilidad promedio a un área verde existente, fue calculada en 327,2 m. A su vez, considerando una zona de influencia de 200 m en torno a las áreas verdes, se determinó que existen 5.160 viviendas que disponen del servicio básico de acceso a un área verde. Al incorporar los espacios abiertos disponibles se disminuiría la distancia de accesibilidad promedio a 213,7 m, mientras que el servicio de acceso a un área verde (viviendas dentro de la zona de influencia) alcanzaría el 79,6% de cobertura, lo cual contribuiría notablemente al mejoramiento de la calidad de vida de la población urbana de la zona de estudio.

La superficie de vegetación arbórea existente al interior de las manzanas urbanas (arborización urbana en espacios privados) supera en 17,8 veces a la superficie ocupada por la arborización urbana de calles de la ciudad. Esto representa un importante recurso que podría ser considerado dentro de los planes y políticas de fomento de espacios verdes en la ciudad, de manera de asegurar su mantenimiento y con ello, los beneficios que aportan a la salud de la población urbana.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKBARI, H. S.; KONOPACKI, S. Calculating energy-saving potentials of heat-island reduction strategies. **Energy Policy**, v. 33, n. 6, p.721-756, Apr 2005.

BASCUÑÁN, F.; WALKER, P.; MASTRANTONIO, J. Modelo de cálculo de áreas verdes en planificación urbana desde la densidad habitacional. **Urbano**, v. 10, n. 15, p. 97-101, mayo 2007.

CEBALLOS, W. Enverdecimiento urbano en Chile. In: SEMINARIO INTERNACIONAL ÁREAS VERDES URBANAS EN LATINOAMÉRICA Y EL CARIBE, 1., 1996, Ciudad de México. **Áreas Verdes Urbanas en Latinoamérica y el Caribe**. Chapingo: CADS UACH, 1998, p. 231-251.

CHUVIECO, E. **Teledetección Ambiental. La observación de la Tierra desde el espacio**. Barcelona: Ariel, 2002. 586 p.

COMAS, D.; RUIZ, E. **Fundamentos de los Sistemas de Información Geográfica**. Barcelona: Ariel Geográfica. 1993. 295 p.

CONAMA (Comisión Nacional del Medio Ambiente). **Áreas verdes en el gran Santiago**. Santiago: CONAMA Región Metropolitana. 2002. 11 p. Disponible en: <http://www.conama.cl/rm/568/articulos-28333_publicacionareasverdes.pdf> Visitado el: 02 de octubre de 2009.

ESCADA, P. **Utilización de técnicas de sensoramiento remoto para la planificación de áreas verdes de uso colectivo**. San José de los Campos, Brasil: INPE. 1992. 133 p.

FIALHO, I.; SALVADOR, R.; REIS, A. Índices de áreas verdes para las plazas del Municipio de Vinhedo, SP. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 277-282, 2006.

GARCÍA, S.; GUERRERO, E. Indicadores de sustentabilidad ambiental en la gestión de espacios verdes. Parque urbano Monte Calvario, Tandil. Argentina. **Revista Norte Grande**, Santiago, n. 35, p. 45-58, julio 2006.

GUERRERO, M.; CULÓS, G. Indicadores ambientales en la gestión de espacios verdes. El parque Cerro La Movediza. Tandil, Argentina. **Revista Espacios**, Caracas, v. 28, n. 1, p. 57-73, 2007.

HERRERO, T. et al. Estudio de accesibilidad a las zonas verdes urbanas mediante sistemas de información geográfica. En: CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA GRÁFICA, 18., 2006, Barcelona. Documento digital. Disponible en: <<http://www.ingegraf.es/XVIII/PDF/Comunicacion17054.pdf>> Visitado el: 09 de noviembre de 2009.

INE (Instituto Nacional de Estadísticas). **Censo de Población y Vivienda 2002**. Disponible en: <http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/censos_poblacion_vivienda/censo2002/mapa_interactivo/mapa_interactivo.htm> Visitado el: 02 de octubre de 2009.

KAPLAN, R.; KAPLAN, S. **The Experience of Nature**. Cambridge: Cambridge University Press. 1989. 340 p.

LIMA, A.M.L.P. et al. Problemas de utilização na Conceituação de termos como espaços livres, áreas verdes e correlatos. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 2., 1994, São Luiz. **Anais...** São Luiz: Imprensa EMATER/MA,

1994, p. 539-550.

McPHERSON, E. G. Atmospheric carbon dioxide reduction by Sacramento's urban forest. **Journal of Arboriculture**, v. 24, n. 4, p. 215-223, July 1998.

McPHERSON, E. G.; SIMPSON, J. R. Air pollutant uptake by Sacramento's urban forest. **Journal of Arboriculture**, v. 24, n. 4, p. 224-234, July 1998.

MILANO M. **Arborización de Vías Públicas**. Río de Janeiro: BIOSYS Consultoría. 2000. 204 p.

NILSSON, K.; RANDRUP, T. Urban and peri-urban forestry. In: WORLD FORESTRY CONGRESS, 11., 1997, Antalya. **Forest and tree resources**. Bakanlikar, 1997, p. 97-110. v. 1.

NOWAK, D.; CRANE, D.; STEVENS, J. Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 4, n. 4, p.115-123, Apr. 2006.

OTERO, I. **Paisaje, Teledetección y SIG**. Madrid: Fundación Conde del Valle de Salazar. 1999. 436 p.

ROS ORTA, S. **La empresa de jardinería y paisajismo**. Madrid: Mundi-Prensa. 1996. 362 p.

SANTIBÁÑEZ, F.; URIBE, J. **Atlas agroclimático**

de Chile, Regiones VI, VII, VIII, y IX. Santiago: Universidad de Chile. 1993. 99 p.

SCHIPPERIJN, J. et al. Influences on the use of urban green space - A case study in Odense, Denmark. **Urban Forestry and Urban Greening**, v. 9, n. 1, p. 25-32, 2010.

SBAU (Sociedad Brasileña de Arborización Urbana). **SBAU Informativo Trimestral**, v. 3, n. 5, p. 2-3, 1996.

SORENSEN, M. et al. **Manejo de las Áreas Verdes Urbanas**. Washington: BID. 1998. 63 p.

TEREZINHA, C.; BIONDI, D. La valoración paisajística aplicada a la planificación ambiental urbana. En: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., Belo Horizonte, 2003. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2003, p. 1847-1854.

WEBER, E. **Derivación de nuevas informaciones catastrales para la planificación urbana a través de sistemas de información geográfica**. Porto Alegre, Brasil: UFRGS Centro de Geología. 2000. 158 p.