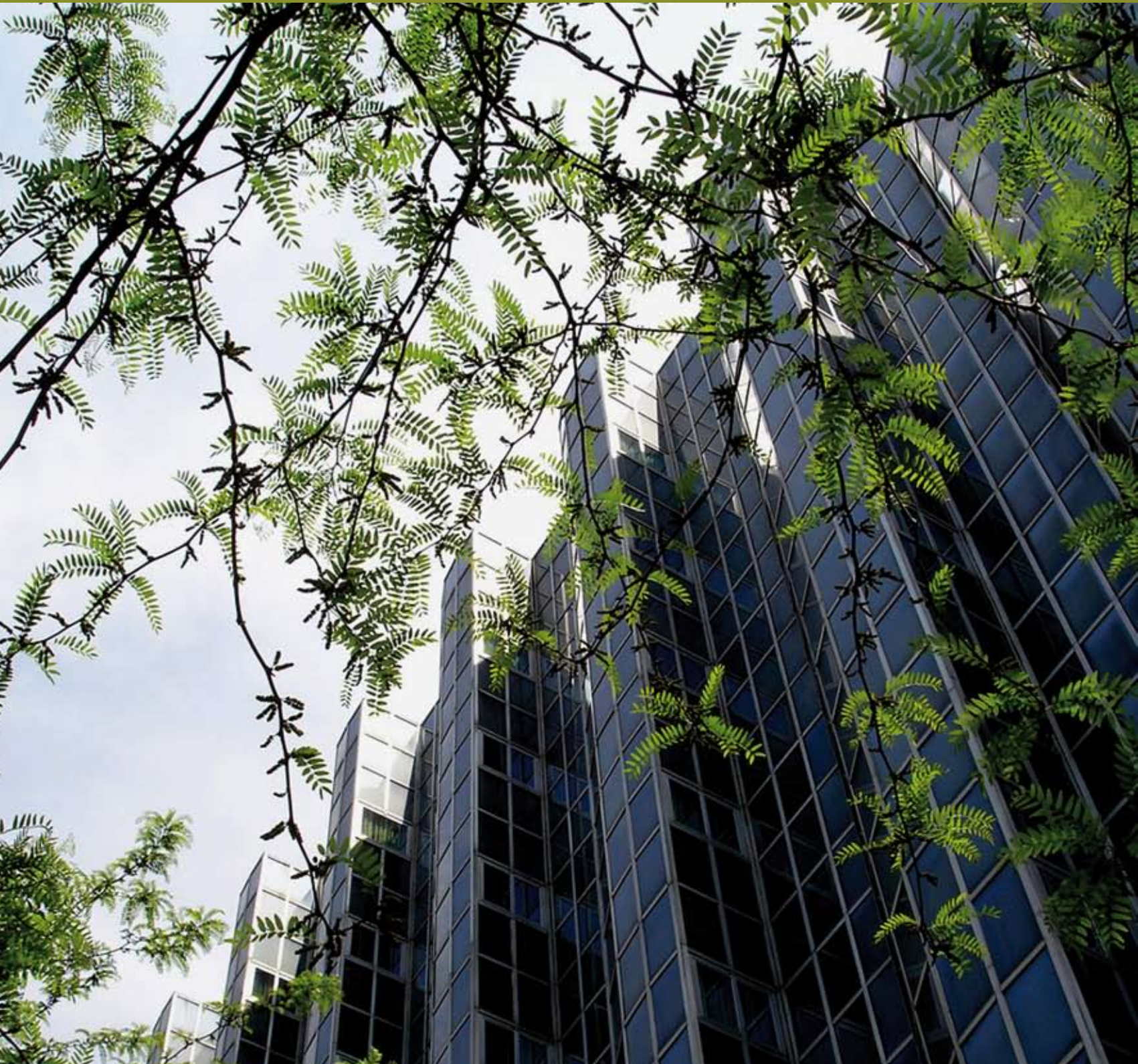


---

# Hacia la valoración del arbolado de las ciudades chilenas

---

Marco A. Peña  
Magíster en Gestión y Planificación Ambiental  
E-mail: mpena@teledeteccion.cl



La población urbana mundial bordea el 50% (en 2005 correspondía a 47% y en 2010 alcanzará el 52%), esperándose que continúe aumentando como resultado de la constitución de nuevas ciudades y de la migración de población rural hacia áreas urbanas y suburbanas (para 2030 se espera que esta cifra sobrepase el 70%). A raíz de la continúa urbanización mundial, ha aumentado el interés en mejorar la habitabilidad y lograr la sustentabilidad ambiental de las ciudades, siendo considerado el arbolado urbano como uno de los principales elementos que contribuyen a mitigar los efectos negativos asociados a este entorno.

En Chile, la población urbana alcanzó el 86,6% en el año 2002, y se proyecta que continúe aumentando ligeramente y en 2030 superará el 90%. Esta creciente urbanización se ha expresado en la densificación y expansión de las superficies de las ciudades a expensas de la mantención o reducción de los espacios vegetados, de modo que las urbes en la actualidad cuentan con una inadecuada cobertura arbórea, que por lo demás muchas veces se encuentra deteriorada y distribuida desigualmente. Debido a lo anterior, se han visto diezmados los diversos beneficios que brinda el arbolado en una ciudad, situación que ha impactado tanto en el medio ambiente urbano como en la calidad de vida de los ciudadanos.

El arbolado conforma un elemento estructural de primer orden dentro de la vegetación de una ciudad, pues aporta una significativa proporción de su biomasa, maximizando los múltiples servicios ecológicos que ésta puede brindar. Así por ejemplo, en el plano ambiental contribuye a secuestrar carbono y otros contaminantes atmosféricos, mitigar ruidos y temperaturas extremas, generar brisas locales, atenuar erosión y escorrentías superficiales, brindar hábitat para la fauna y preservar el clima local. En el ámbito social incrementa la habitabilidad de los centros urbanos, mediante el mejoramiento de los espacios de recreación y esparcimiento y la reducción de problemas vinculados a delincuencia y patologías psicológicas. En el plano económico, en tanto, ayuda a ahorrar energía destinada a sistemas de enfriamiento y refrigeración, incentiva la actividad económica y el comercio, e incrementa el valor del suelo.

No obstante, la creación y mantención de los espacios arbolados de las ciudades chilenas no han sido apropiadamente encauzadas por los gobiernos locales y regionales y los servicios públicos competentes, debido principalmente a la carencia de instrumentos y recursos destinados a la implementación de estas acciones. Más aún, las posibilidades de aumentar y mejorar el arbolado urbano se han visto fuertemente restringidas por la carencia de metodologías, con una conveniente razón costo-eficiencia, destinadas a generar líneas de base que contribuyan a evaluar de forma precisa el estado actual de este recurso en los diversas ciudades del país, facilitando así su posterior manejo.

Para corregir esta situación, la Corporación Nacional Forestal (Conaf) asumió, como parte de la Política de Fomento del Arbolado en la Ciudad, la tarea de participar en la generación de políticas públicas que aporten al desarrollo sustentable de los centros urbanos, mediante el fomento de la ordenación del arbolado urbano. Para ello, busca generar una base de datos que dé cuenta de la cantidad y calidad del patrimonio arbóreo de las capitales regionales y provincia-

# GEONOVA

Imagen satelital Quickbird de la ciudad de Rancagua, sobre la que ha sido superpuesta la grilla de porcentajes de cobertura arbórea clasificada, así como el límite de la superficie urbanizada y las principales calles y avenidas.

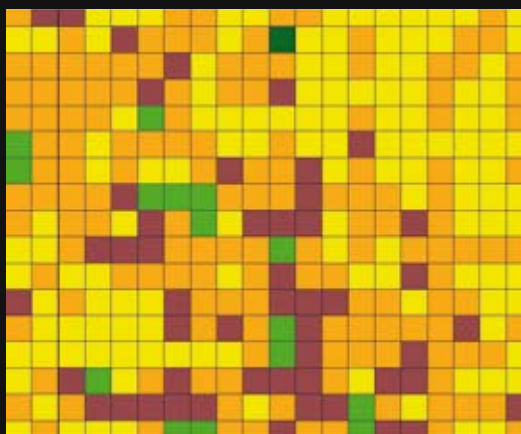


Figura 1: La identificación y cálculo del porcentaje de arbolado urbano comenzó con la preparación de una imagen compuesta que permitió visualizar la vegetación en color rojo, facilitando así la interpretación del dosel arbóreo (imagen superior izquierda). Sobre esta imagen fue vectorizado el contorno del dosel arbóreo en la forma de polígonos (imagen superior derecha). Luego, fue calculado el porcentaje que ocupan estos polígonos dentro de cada una de las celdas que conforman una grilla regular de 100 m (imagen inferior izquierda). Las imágenes presentadas corresponden a una parte del casco urbano de Rancagua y los porcentajes de cobertura arbórea fueron discretizados en las siguientes clases: (1) < 8% (amarillo), (2) entre 8 y 15% (naranja), (3) entre 15 y 23% (café), (4) entre 23 y 30% (verde claro), (5) entre 30 y 58% (verde oscuro).

les del país, a partir de la aplicación de procedimientos cartográficos y de análisis espacial estandarizados. En pos de ese objetivo, durante el último trimestre de 2007, fue implementado y ejecutado el proyecto piloto "Propuesta Metodológica para Identificar y Caracterizar la Cobertura Arbórea de Tres Ciudades de Chile", tomando como áreas de estudio las ciudades de Talca, Rancagua y Coquimbo.

Los objetivos principales de este proyecto fueron: identificar la distribución espacial del arbolado urbano; y estimar el porcentaje de cobertura arbórea de cada ciudad estudiada. Luego de la evaluación favorable de los resultados obtenidos, Conaf pretende replicar los mismos procedimientos metodológicos en los restantes centros urbanos del país, contribuyendo así a cumplir la política establecida.

### Propuesta metodológica

Las ciudades de Talca, Rancagua y Coquimbo fueron seleccionadas como áreas de estudio debido a que por su condición de capitales regionales cuentan con una considerable superficie urbana, a la vez que se insertan en zonas climáticas claramente diferenciables entre sí (Talca: clima mediterráneo, Rancagua: templado-cálido, Coquimbo: semi-árido).

Una meta principal del proyecto fue diseñar una metodología cuantitativa

de alta precisión espacial, fácilmente replicable y actualizable, así como relativamente económica. Debido a lo anterior, se optó por aprovechar las ventajas que ofrecen las nuevas tecnologías de observación remota de alta resolución espacial (hiperespacial) para rastrear y evaluar recursos de interés de la superficie terrestre. Específicamente, fueron empleadas imágenes satelitales adquiridas por el sensor multiespectral Quickbird II, cuya resolución espacial (elemento mínimo observable) de 60 cm (la mayor existente en el mercado) permitió la visualización detallada del dosel arbóreo de las ciudades. Las imágenes corresponden a los veranos de 2006 y 2007, estación en que la vegetación se encuentra más vigorosa, facilitando su reconocimiento y evaluación. El sensor Quickbird II adquiere imágenes en las fechas seleccionadas por el usuario, lo que permite la replicabilidad de los métodos empleados y la actualización de la información generada. Por otra parte, el costo de estos productos en relación con la calidad de la información que de ellos se puede derivar, conforma una clara ventaja en comparación con el levantamiento y procesamiento de datos a través de métodos de terreno.

Para identificar el arbolado de cada ciudad, las imágenes Quickbird fueron utilizadas con su máxima resolución espacial y con una combinación

de colores favorable para la distinción de la cobertura arbórea. Sobre cada imagen fue delimitado visualmente el contorno de los doseles arbóreos de las ciudades, para luego estimar el porcentaje que dichos polígonos ocupan dentro de una grilla de celdas regulares de 100 m que fue superpuesta a cada una de ellas. Este tamaño de celda fue seleccionado debido al carácter operativo que posee la dimensión de una cuadra (de aproximadamente 100 m por lado) para los servicios públicos competentes con el manejo del arbolado urbano. La secuencia metodológica descrita es graficada en la figura 1.

### Principales resultados

Una vez identificado el arbolado de cada ciudad fue posible calcular la superficie que éste ocupa en relación con el área urbana total. De acuerdo a la tabla 1, en Talca y Rancagua una fracción ligeramente inferior a la décima parte de la superficie de la ciudad corresponde a arbolado. En el caso de Coquimbo en cambio, sólo alrededor de una vigésima parte de la superficie de la ciudad se encuentra cubierta por arbolado.

En cuanto a los porcentajes de cobertura arbórea de cada ciudad, los valores obtenidos para las celdas fueron discretizados en cinco clases según la distribución de los datos en torno a la media. De acuerdo a la tabla 2, en las tres ciudades predominan las celdas correspondientes a la clase de cobertura arbórea más baja (clase 1), mientras que las celdas de las clases restantes disminuyen ostensiblemente a medida que aumenta el porcentaje de cobertura arbórea que representan.

Las tablas 3, 4 y 5 muestran la superficie arbolada que concentra cada una de las cinco clases de cobertura arbórea. En las tres ciudades la mayor superficie arbolada se concentra dentro de las celdas correspondientes a la clase 2, alcanzando un 39,4%, 37,8% y 40,1% del total de superficie arbolada de Talca, Rancagua y Coquimbo, respectivamente. En Talca y Rancagua la menor superficie arbolada se concentra en las celdas correspondientes a la clase 5, sumando respectivamente, 8,1% y 5,7% del total de superficie arbolada, mientras que en Coquimbo se concentra en la clase 4, seguida estrechamente de la clase 5, que suman 7,7% y 9,9%, respectivamente.

Tabla 1: Superficie del arbolado urbano según ciudad.

Tipo de área	Superficie según ciudad					
	Talca		Rancagua		Coquimbo	
	Ha	%	Ha	%	Ha	%
Arbolada	284,56	9,69	275,05	9,27	68,91	5,47
No arbolada	2651,43	90,3	2689,4	90,72	1190,66	94,52
Total	2935,99	100	2964,45	100	1259,57	100

Tabla 2: Superficie porcentual de las clases de cobertura arbórea según ciudad.

Ciudad	Superficie porcentual de las clases de cobertura arbórea					
	1	2	3	4	5	Total
Talca	61,27	27,75	7,19	2,21	1,64	100
Rancagua	55,85	27,26	11,41	2,79	1,23	100
Coquimbo	61,27	27,75	7,19	2,12	1,64	100

Los rangos de porcentajes de cobertura de cada clase son diferentes según ciudad, ya que fueron calculados según su distribución en torno de la media.

Tabla 3: Superficie arbolada de las clases de cobertura arbórea en Talca.

Clase de cobertura arbórea	Superficie	
	Ha	%
1 (0 a 9%)	68,62	24,11
2 (9 a 17%)	112,23	39,43
3 (17 a 26%)	56,87	19,98
4 (26 a 35%)	23,66	8,31
5 (35 a 86%)	23,18	8,14
Total	284,56	100

Tabla 4: Superficie arbolada de las clases de cobertura arbórea en Rancagua.

Clase de cobertura arbórea	Superficie	
	Ha	%
1 (0 a 8%)	59,55	21,65
2 (8 a 15%)	103,98	37,8
3 (15 a 23%)	71,49	25,99
4 (23 a 30%)	24,29	8,83
5 (30 a 54%)	15,74	5,72
Total	275,05	100

Tabla 5: Superficie arbolada de las clases de cobertura arbórea en Coquimbo.

Clase de cobertura arbórea	Superficie	
	Ha	%
1 (0 a 5%)	15,91	23,13
2 (5 a 10%)	27,89	40,14
3 (10 a 15%)	13,02	19,13
4 (15 a 20%)	5,3	7,69
5 (20 a 58%)	6,79	9,88
Total	68,91	100

Aunque los resultados obtenidos en las tres ciudades pueden ser considerados equivalentes, cabe destacar que sólo Talca y Rancagua presentan clases con rangos de porcentaje de cobertura arbórea similares, en tanto que en Coquimbo las clases comprenden rangos porcentuales apreciablemente menores.

Otros objetivos planteados por este proyecto fueron: estimar el estado de vigor del arbolado urbano, e identificar y categorizar la distribución de las áreas urbanas públicas desprovistas de arbolado, los cuales fueron desarrollados mediante el procesamiento digital y visual las imágenes satelitales Quickbird, y el apoyo de trabajos de terreno. A este respecto, en las tres ciudades el arbolado presentó en su mayoría niveles de vigorosidad vegetal dentro de rangos normales, en tanto que los espacios públicos que potencialmente podrían ser arbolados (como bandejones, plazas y veredas) sumaron 7,77%, 3,17% y 4,95% del total de la superficie urbana de Talca, Rancagua y Coquimbo, respectivamente. La mayor parte de esas áreas correspondió a sitios eriazos (76,31% en Talca, 63,22% en Rancagua y 82,07% en Coquimbo).

### Alcances del proyecto

Los resultados obtenidos proporcionan una base de información espacial que busca contribuir a dirigir acciones de manejo del arbolado de las ciudades estudiadas. Aunque aproximaciones tradicionalmente basadas en la simple experiencia o intuición permiten deducir la presencia de áreas urbanas con baja cobertura arbórea, ellas

adolecen de subjetividad e imprecisión. Por otra parte, la aplicación de metodologías de terreno y técnicas de fotointerpretación orientadas a identificar el arbolado urbano, involucran altos costos asociados al levantamiento y actualización de la información en el primer caso, y a la programación de vuelos en el segundo caso, que además suelen ser aplicadas parcialmente y rara vez replicadas o actualizadas. En este contexto, el proyecto piloto expuesto pretende constituir un aporte para la silvicultura urbana chilena, por cuanto busca estandarizar una secuencia metodológica costo-eficiente y de alta precisión espacial para identificar y caracterizar cuantitativamente el arbolado de las principales ciudades chilenas, de modo de contribuir eficazmente a encauzar la Política de Fomento del Arbolado de la Ciudad.

Conaf espera replicar a corto plazo esta propuesta metodológica en las restantes capitales regionales y provinciales del país, de modo que la información derivada permita construir indicadores para evaluar la calidad y habitabilidad de los espacios urbanos, facilitando la planificación y gestión del arbolado de cada ciudad por parte de los gobiernos locales y servicios públicos competentes. Al respecto, se espera que la información cartográfica generada pueda ser integrada con otras capas de información espacial, como por ejemplo usos de suelo o áreas contaminadas, de manera de orientar la forestación hacia aquellas áreas más sensibles, como podrían ser los barrios residenciales, los hospitales y las áreas de recreación y esparcimiento. Asimismo, a través de esta información se espera calcular la superficie arbolada por habitante de cada ciudad, lo cual permitirá estimar los servicios ecológicos que actualmente el arbolado provee a la ciudadanía. También se espera calcular el nivel de almacenamiento de arbolado, concepto que corresponde al porcentaje de los sitios de arborización potencial en una ciudad que efectivamente es ocupado por áreas verdes, lo cual permitirá estimar los servicios ecológicos que potencialmente podría proveer el arbolado a la ciudadanía.

La formulación y coordinación de este proyecto estuvo a cargo de Rodrigo Azolas, jefe del Departamento de Fomento Forestal, Conaf Oficina Central. | E |