

LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG), UNA GRAN HERRAMIENTA PARA LA SILVICULTURA URBANA

Leodán Andrés Otaya Burbano¹;Robinson de Jesús Sánchez Zapata²;
León Morales Soto³ y Verónica Botero Fernández⁴

RESUMEN

Como una fase piloto, para adquirir experiencia, definir metodologías y determinar las ventajas de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) al ser aplicados en la Silvicultura Urbana, se realizó el inventario, diagnóstico, propuesta de manejo y valoración económica del Bosque Urbano del barrio La Magnolia del Municipio de Envigado, Departamento de Antioquia, Colombia. Para el manejo y análisis de los registros recolectados en campo, se diseñó una base de datos en el software Microsoft Access®. Se ubicaron las especies inventariadas en mapas digitales y se analizó la condición de las mismas por medio de algunas herramientas y extensiones de la arquitectura tecnológica ArcGIS® 8.3 en cuanto a: características, tratamientos silviculturales requeridos y conflictos con el entorno. Como resultado se determinó que el SIG del Bosque Urbano realizado para un barrio en particular se convierte en una herramienta que le permite a las autoridades ambientales y a investigadores interesados, tener acceso fácil y ágil de la información almacenada en él; permite realizar la programación de las actividades silviculturales requeridas, tener una visión general del Bosque Urbano de acuerdo a la infraestructura del barrio, apoyada con las fotografías del sector, para una mayor ilustración; permite además la inclusión o eliminación de información de una manera rápida y sencilla, facilitando así la toma de decisiones con relación al manejo del arbolado urbano y a la comparación con otros estudios similares.

¹ Ingeniero Forestal, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. A.A. 1027, Medellín, Colombia. <aobif@yahoo.es>

² Ingeniero Forestal, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. A.A. 1027, Medellín, Colombia. <rdjsz@yahoo.com>

³ Profesor Asociado, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. A.A. 1027, Medellín, Colombia. <hlmorale@unalmed.edu.co>

⁴ Profesora Asistente. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Minas. A.A. 1027, Medellín, Colombia. <vbotero@unalmed.edu.co>

Recibido: Septiembre 16 de 2005; aceptado: Marzo 29 de 2006.

Palabras claves: Base de datos, bosque urbano, silvicultura urbana, sistemas de información geográfica (SIG).

ABSTRACT

GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS (GIS), A GREAT TOOL FOR URBAN SYLVICULTURE

As a pilot phase, to acquire experience, define methodologies, and determine the advantages of Geographical Information Systems (GIS) for applying to Urban Silviculture, an inventory, diagnosis, management plan and economic appraisal were made for the Urban Forest in the Magnolia neighborhood of the Envigado Municipality, Department of Antioquia, Colombia. For the management and analysis of the data collected in field, a database was designed using the software Microsoft Access®. The species inventoried were mapped digitally and the conditions there were analyzed using some tools and extensions of technological architecture ArcGIS® 8.3 such as: characteristics, silvicultural practices required, and environmental conflicts. It was determined that the GIS analysis of the Urban Forest conducted for a specific neighborhood can be a tool that permits environmental authorities and interested researchers to have agile and easy access to the information stored in it; it permits programming of required silvicultural activities; it also permits having a general vision of the Urban Forest according to the infrastructure of the neighborhood, complemented by photographs of the area for improved illustration; it permits the inclusion or elimination of information in a rapid and simple manner, thus facilitating decision making with relation to management of the urban woodland and for comparison with other similar studies.

Key words: Database, geographical information systems (GIS), urban forest, urban silviculture.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son una herramienta de hardware, software y procedimientos diseñados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión.

En general la arborización urbana en Colombia presenta una relativa sim-

plificación en su composición debido a la poca disponibilidad de espacios públicos, al crecimiento poblacional, al incremento en el número de viviendas y al predominio de una baja estratificación socioeconómica. En la mayoría de los casos la selección de especies a plantar se hace sin criterios técnicos, desconociendo desde un principio los requerimientos espaciales y las tasas de crecimiento, lo que se traduce posteriormente en

perjuicios tanto para el entorno físico, como para la especie en cuestión. Las especies arbustivas y arbóreas presentan comúnmente interferencia con los cables eléctricos y de teléfono y obstrucciones del alcantarillado por los sistemas radicales. Además, se resalta la ausencia de prácticas de mantenimiento como podas, limpieza, fertilización y fumigación entre otros, lo cual es especialmente crítico en aquellos árboles ubicados en las zonas industriales y expuestos en mayor grado a la contaminación (Ospina y Villa 1994, Carmona y Domínguez 2000).

El empleo de la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), ha sido ampliamente aprovechada en muchas áreas para el manejo de los recursos naturales, pero su implementación en el manejo del arbolado urbano apenas se está iniciando, en especial en los países en desarrollo. La capacidad de los SIG para el almacenamiento, recuperación, y manipulación de datos espaciales, hacen de estos una herramienta ideal para el inventario y manejo de los árboles urbanos, logrando con ello obtener datos visuales y poder relacionar los más datos espaciales mas variados, de diferentes géneros, para respuestas integradas a los problemas que plantean las zonas verdes urbanas, de una manera rápida y económica (Wood 1999).

El objetivo principal del presente trabajo fue estudiar la condición de la cubierta arbórea y sus conflictos con

el entorno en el barrio La Magnolia perteneciente al Municipio de Envigado, Antioquia-Colombia, y como objetivos específicos se planteó: 1. Diseñar una base de datos espacial para el manejo de información arbórea en ambientes urbanos; 2. Inventariar los árboles de acuerdo a sus atributos para su caracterización y mantenimiento; 3. Evaluar la condición del árbol urbano en cuanto a: características de los individuos, tratamientos silviculturales requeridos y conflictos con el entorno, por medio de algunas herramientas y extensiones de la plataforma tecnológica ArcGIS® 8.3. Lo cual permitirá adquirir conocimientos y experiencia sobre la aplicación de los SIG en la Silvicultura Urbana y así, poder replicar los resultados a otros lugares no sólo del Municipio de Envigado, Antioquia-Colombia, sino del país.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. El estudio se realizó en el barrio La Magnolia, perteneciente al Municipio de Envigado, en el Departamento de Antioquia, Colombia. Las coordenadas del Municipio son: 6° 10' 19" Latitud Norte y 75° 35'09" al Oeste del Meridiano de Greenwich. Su elevación está entre los 1.530 y los 2.880 msnm. La temperatura promedio en la cabecera municipal es de 22 °C, con una precipitación promedio de 2.000 mm/año. En el barrio La Magnolia hay 1.044 predios, 819 viviendas, 26 manzanas,

3.416 habitantes, su extensión es de 149.514 m², predomina el estrato tres, con algunas manzanas en el estrato cuatro y se encuentra dentro de la zona de vida bosque húmedo pre-montano (bh-PM) (POT de Envigado 2000).

Información necesaria para llevar a cabo el estudio. Para realizar el censo y la ubicación de los árboles se empleó la siguiente información:

Información sobre planos: Los árboles se ubicaron usando cartografía básica en escala 1:1000 suministrada por la Secretaría de Hacienda del Municipio de Envigado. Previamente se enumeraron las manzanas siguiendo un orden adecuado al sector estudiado y las casas en el orden de las manecillas del reloj, para facilitar la ubicación en campo y posteriormente en el plano digital en oficina. Debido a la cantidad de elementos a ser localizados, todos los árboles se caracterizaron como puntos, estos se dibujaron en el plano con una ubicación aproximada, teniendo como referencia la casa más próxima frente a ellos, siguiendo un orden en sentido de las manecillas del reloj. A los árboles se les asignó un número único, que permitió su identificación y registro en una forma ordenada. La numeración se dio de acuerdo al orden en que se inventariaron los árboles.

Información contenida en formularios: Para el censo de los árboles,

su diagnóstico, propuesta de manejo y ubicación en los planos digitales, los formularios se diseñaron de tal manera que permitieran registrar el lugar y la fecha del inventario; la dirección donde estaba ubicado el árbol; su número; la clasificación taxonómica; la distancia desde un punto de referencia al árbol; la distancia perpendicular desde la respectiva casa al árbol; la distancia desde el borde del andén hasta el árbol; el ancho y características del espacio de plantación; las características morfométricas; las limitaciones entre los árboles, la infraestructura y la población; la condición de las especies; y finalmente las observaciones que fueran necesarias para complementar el inventario y la ubicación de los árboles.

El inventario de los árboles se hizo teniendo en cuenta los individuos que fueran mayores a 1,30 m de altura, sin considerar las especies vegetales herbáceas típicas de jardinería. En algunos casos se inventariaron especies menores a 1,30 m de altura, de acuerdo al tipo de especie y a las dimensiones que podrían alcanzar en el estado adulto. También se hizo un levantamiento de los cables más bajos presentes en el barrio, registrando su ubicación, dirección y la altura a la cual se encontraban. Se tomaron fotografías de la zona inventariada para una mayor ilustración.

Los materiales empleados fueron: planos, formularios, lápiz, lapicero, borrador, calculadora, tabla para apoyar, cinta métrica, Relascopio de

Bitterlich., binoculares, cámara fotográfica, prensa o bolsas plásticas (para la toma de las muestras botánicas), tizas (para marcar los árboles), tijeras de podar.

Valoración económica del árbol urbano. Para valorar económicamente el Bosque Urbano inventariado se empleó el modelo de Hoyos (2003), desarrollado para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, el cual es un modelo multiplicativo, que sirve como herramienta a funcionarios adscritos a las diferentes entidades municipales encargadas del manejo, control y vigilancia del árbol urbano. Este modelo responde a la necesidad por parte de la autoridad ambiental correspondiente, de imponer sanciones de tipo económico cuando las personas atenten contra los árboles que hacen parte del amoblado urbano. El modelo arroja un valor que debe ser multiplicado por el salario mínimo diario legal vigente y así, obtener la valoración económica del árbol. La expresión de dicho modelo es la siguiente:

$$VEau = DAP * Fsp * Fes * Csp * L$$

Donde:

VEau: Valoración económica del árbol urbano.

DAP: Diámetro a la altura del pecho en cm, al cual se le asigna un valor de acuerdo a la clase diamétrica a la que pertenece, así: 1-10 = 1; 11-20

= 2; 21-30 = 3; 31-40 = 4; 41-50 = 5; 51-60 = 6; 61-70 = 7; >70 = 8.

Fsp: Factor de especie, es la clasificación por grupo de especies así: arbustos = 2; especies de rápido crecimiento = 3; especies de medio crecimiento = 4; palmas = 5; especies de lento crecimiento = 6.

Fes: Factor de estrato, estrato dado por parte de las Empresas Públicas de Medellín (EPM) para el cobro de servicios públicos, así: estrato 1 = 1; estrato 2 = 2; estrato 3 = 3; estrato 4 = 4; estrato 5 y 6 = 5.

Csp: Condición de especie, así: nativa rara = 5; exótica rara = 3; común (nativa o exótica) = 1.

L: Localización, valor en función del lugar dentro de la zona urbana, así: espacio histórico-cultural = 8; espacio de parques = 4; espacio de andenes = 3; espacio único = 1.

Medición de la biodiversidad. Para el análisis del arbolado urbano, se calcularon los índices de diversidad más relevantes, con el fin de poder observar la variedad y abundancia de las especies dentro de un mismo ambiente. Para la diversidad α se calcularon los índices de Simpson, Shannon, Berger-Parker, Margalef y el índice de Equidad de Shannon.

Diseño de la base de datos. La base de datos se diseñó en el software Microsoft Access®, el cual es un sistema gestor de bases de datos relacionales (SGBD) que incluye herramientas para ayudar a precisar el

diseño de la base de datos. Se diseñaron tres tablas en el software Microsoft Access®, donde las entidades son los árboles, y los atributos son las características registradas en el formulario de campo, evitándose el uso de tildes, espacios y "ñ" en el nombre de las tablas y atributos,

para evitar problemas más adelante en el funcionamiento de la base de datos. El Modelo Entidad Relación (MER) garantiza la organización de todas las entidades con sus relaciones en un solo esquema de representación de las cosas como son en realidad (ver Figura 1).

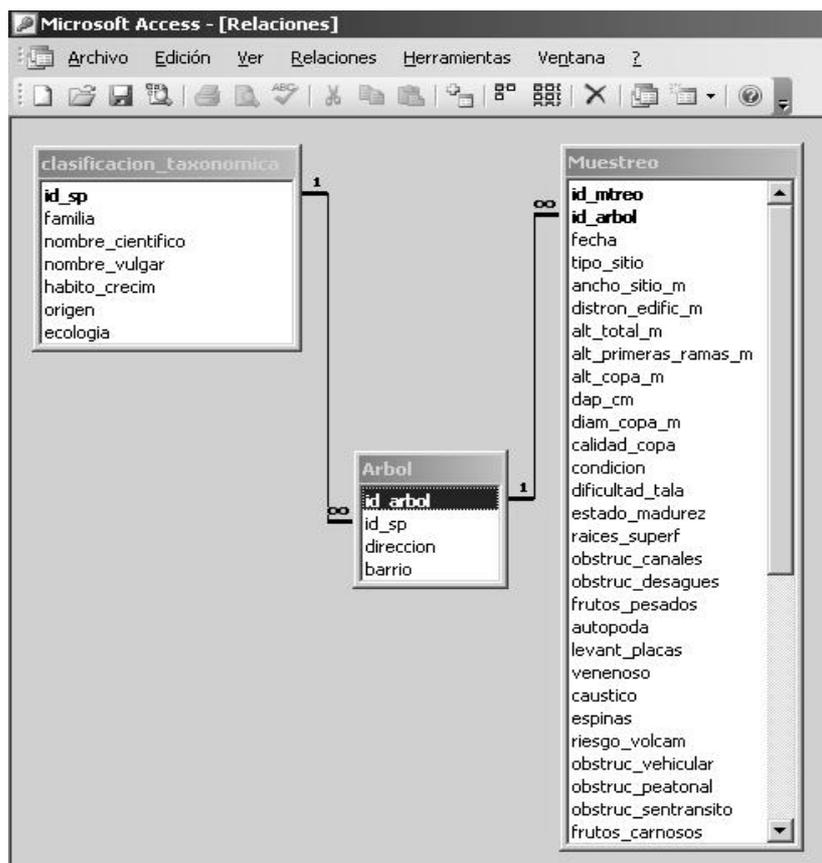


Figura 1. Modelo Entidad Relación (MER) empleado para estudios de silvicultura urbana en el municipio de Envigado, Antioquia-Colombia.

La tabla "clasificación taxonómica" está conformada por un listado de todas las especies registradas en el Valle de Aburrá (Antioquia), la cual a su vez puede ser alimentada con los registros de nuevas especies inventariadas. La tabla "Muestreo" corresponde a todos los datos recolectados en campo por medio de formularios, la tabla árbol es la principal, que enlaza a las demás, y corresponde al registro de cada árbol estudiado.

Para el ingreso organizado y ágil de los datos recolectados en campo se diseñó un formulario principal, que incluyó las tres tablas presentes en la Figura 1, con lo cual se facilita el ma-

nejo, exploración, actualización y análisis de los datos del inventario. La base de datos permite hacer varios registros del mismo individuo, por medio del formulario Muestreo, ubicado en el formulario principal, mediante la opción "Nuevo registro", localizado en la parte inferior de los subformularios, esto ofrece grandes ventajas porque, se puede crear una base de datos histórica de un mismo individuo, permitiendo así determinar el comportamiento de sus características a lo largo del tiempo. Los datos ingresados por medio del formulario principal quedan almacenados en tablas, para mayor ilustración ver las Figuras 2 y 3.

Figura 2. Formulario registro-muestreo, empleado para estudios de silvicultura urbana en el municipio de Envigado, Antioquia-Colombia.

	id_arbol	id_sp	direccion	barrio
▶ +	1	94	TV 31 Sur con Cra 43, Envigado	La Magnolia
+	2	14	TV 31 Sur No. 32 D 78, Envigado	La Magnolia
+	3	94	TV 31 Sur No. 32 D 76, Envigado	La Magnolia
+	4	135	TV 31 Sur No. 32 D 70, Envigado	La Magnolia
+	5	91	TV 31 Sur No. 32 D 59, Envigado	La Magnolia

Figura 3. Tabla árbol elaborada para estudios de silvicultura urbana en el municipio de Envigado, Antioquia-Colombia.

Implementación del SIG. Se trabajó con la plataforma tecnológica ArcGIS® 8.3. Primero se ubicaron los árboles en los planos digitales del barrio La Magnolia, representados por un punto. La ubicación se realizó utilizando toda la información geográfica de la cual se disponía (información sobre planos y tablas). Esto se hizo digitalizando directamente los puntos en ArcMap®, previa determinación del lugar donde estaban ubicados, usando para ello las distancias que se midieron en campo. El código identificador de cada árbol fue el mismo que se asignó a los individuos en el inventario. Luego se dibujó en los mapas digitales las copas de los árboles, empleando para ello su diámetro promedio, las cuales fueron representadas por un polígono de forma circular. Una vez completado el mapa con la ubicación de los árboles, se procedió a importar la base de datos desde Microsoft Access® para que la información

correspondiente a cada individuo quedara asociada a los identificadores de los árboles presentes en el mapa digital, esto se hizo usando "Joins". También se realizó un "Shapefile" de los cables más bajos presentes en la zona estudiada, para realizar el análisis de los conflictos de los árboles con el entorno.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Base de datos. El empleo de la base de datos diseñada en el software Microsoft Access® ofrece muchas ventajas, como el ingreso fácil y organizado de los datos recolectados en campo, así como la exploración, visión y análisis de los registros. Siendo fácil de actualizar, manejar y presentando vínculos con Office, con lo cual es posible combinar la base de datos con Microsoft Word®, publicar con Microsoft Word® y analizarla con Microsoft Excel®.

Aplicación de los SIG En la Figura 4 pueden observarse todos los individuos localizados por medio del SIG, y en la Figura 5 las copas de los mismos individuos dibujadas por medio de las herramientas del SIG mediante el empleo del diámetro promedio de copa.

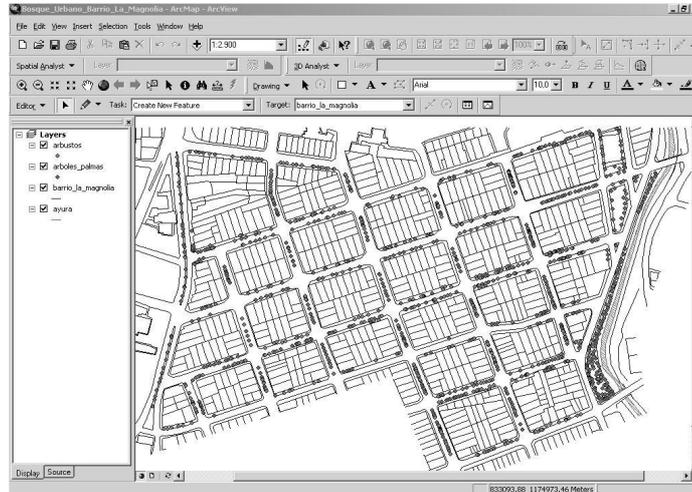


Figura 4. Bosque Urbano del barrio La Magnolia, municipio de Envigado, Antioquia-Colombia.

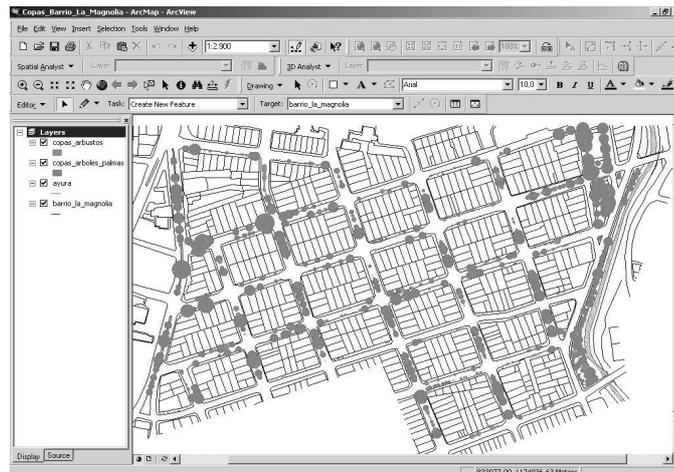


Figura 5. Copas del Bosque Urbano estudiado en el barrio La Magnolia, municipio de Envigado, Antioquia-Colombia.

Gracias a las herramientas de edición que ofrece la plataforma tecnológica ArcGIS® 8.3, se pueden adicionar nuevos individuos al plano digital, así como borrar individuos ya ubicados. La información adquirida, tanto en los planos digitales, como en la base de datos, siempre podrá ser actualizada rápida y eficazmente, lo que representa un menor costo tanto en dinero, como en tiempo para los nuevos inventarios.

Luego de procesada la información gráfica y alfanumérica en la base de datos espacial diseñada para el manejo de información arbórea en ambientes urbanos, ésta puede ser consultada y analizada de manera rápida y sencilla. Algunas consultas generales pueden referirse a diferentes aspectos tales como: Familia, nombre científico, nombre vulgar; ubicación geográfica respectiva de cada árbol; dirección donde se encuentra ubicado cada individuo; características morfométricas y la condición de los árboles; tratamientos silviculturales requeridos por los individuos inventariados; conflictos con el entorno entre la infraestructura presente, la población y las especies vegetales; valoración económica del árbol urbano.

Igualmente se pueden realizar mapas en donde se muestren las zonas de conflicto tanto para redes de energía, cables de teléfono y posibles riesgos hacia la población o se puede determinar la densidad de siembra de los individuos inventariados. Por medio de las fotografías incluidas en la infor-

mación alfanumérica, se puede obtener una idea mas clara de la condición del arbolado urbano (Figura 6).

Toda la información contenida en la base de datos puede superponerse con otra información municipal, tal como catastro, redes viales, infraestructura eléctrica, etc., facilitando la toma de decisiones y planeación de las actividades silviculturales requeridas.

Una función muy útil que posee el SIG es la de poder buscar información de los individuos inventariados de una manera ágil y sencilla, mediante consultas por atributos almacenados en la base de datos, con lo cual se pueden sacar estadísticas, realizar análisis y programar las actividades necesarias para el manejo del Bosque Urbano, con la ayuda de más herramientas y extensiones que posee el SIG. Estas consultas pueden corresponder a preguntas simples o complejas, como por ejemplo: ¿Cuáles son los árboles que pertenecen a la especie *Ficus benjamina* L., que miden más de seis metros de altura, que necesitan poda de copas, que tienen conflictos con los cables, que están ubicados en los separadores viales y que requieren control de enfermedades?, cuya respuesta consiste en buscar en la base de datos los individuos con tales características, y presentarlos resaltados tanto en la tabla de atributos como en el mapa digital, con lo cual se puede proceder a mirar su información específica y realizar análisis y operaciones con los individuos seleccionados. A manera

Los sistemas de información....

de ilustración se ha hecho una consulta en el SIG de aquellos árboles que midan más de seis metros de altura, que sus copas

presenten conflictos con los cables y que requieran por tanto una poda de copa, la respuesta a esta consulta se presenta en la Figura 7.

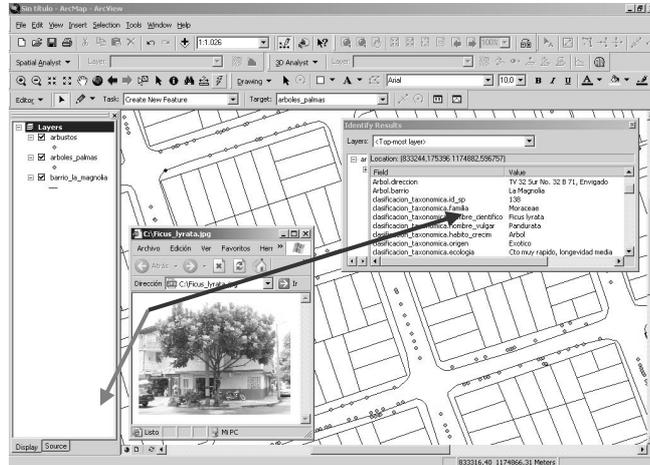


Figura 6. Fotografía e información de uno de los árboles inventariados en el barrio La Magnolia, municipio de Envigado, Antioquia-Colombia.

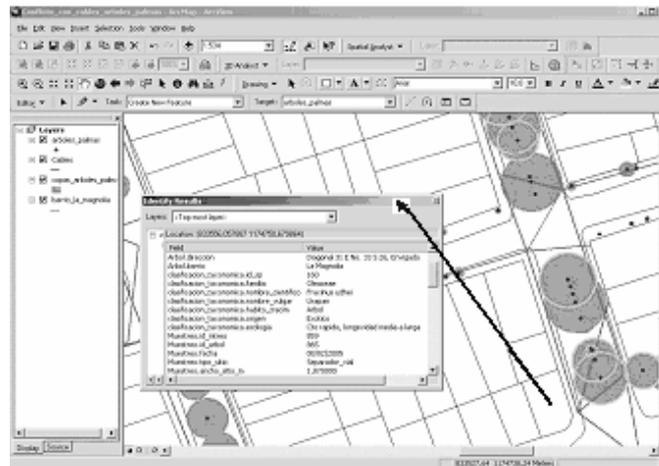


Figura 7. Conflicto entre algunas especies de árboles inventariadas y los cables presentes en el barrio La Magnolia, municipio de Envigado, Antioquia-Colombia.

Por medio del SIG es posible elaborar mapas temáticos de prácticamente cualquier atributo que posean los individuos inventariados, de la combinación de los mismos, de las respuestas a los interrogantes planteados, o procesos que se hagan con los registros, entre otros.

Diagnóstico del Bosque Urbano del barrio La Magnolia. Según el inventario realizado, el Bosque Urbano del barrio La Magnolia está conformado por 48 familias, 113 géneros, 147 especies y 1.163 individuos. Representado principalmente y en orden de abundancia por arbustos, seguidos de los árboles, palmas, plantas suculentas, plantas leñosas, y una hierba, en el cual la especie más abundante fue *Citrus sp.* seguida de la palma *Dypsis lutescens* (H. Wendl.) Beentje y J. Dransf.

Al comparar el estudio realizado por Gómez y Orjuela (2004) del Bosque Urbano de seis barrios del centro de Medellín con el presente estudio, se concluye que el Bosque Urbano del barrio La Magnolia presenta un mayor número de especies, que cada uno de los barrios estudiados del centro de Medellín, encontrándose que la suma del total de especies del trabajo realizado en el centro de Medellín, es inferior al número de éstas registradas en el barrio La Magnolia, esto se debe principalmente a que el centro de Medellín se caracteriza por ser una zona más comercial, de servicios e institucional que residencial, con menos zona

verde, mientras el área de estudio de este trabajo es principalmente residencial, con más espacios verdes y con menos presión sobre éstos.

Al analizar un radio de 50 metros a partir de cada especie inventariada, se encontró que la densidad de siembra de árboles y palmas es baja, mientras que la de los arbustos es media. La mayoría de individuos se ubican en los andenes, en los separadores viales, en los antejardines y en la canalización de la quebrada La Ayurá, y en menor frecuencia en las llamadas agujas (tipo de separador vial pequeño en forma de triángulo), en el parque y unidad deportiva. En general la población puede disfrutar de un ambiente agradable y fresco gracias a la forma como están ubicados los individuos y a la cobertura arbórea al borde de la quebrada que limita el barrio. La vegetación es diversa sin dominancia de una sola especie, en general equitativamente representadas.

El Bosque Urbano estudiado en su mayoría es un adulto, en el cual todavía no se hacen necesarias muchas reposiciones, ya que los espacios están ocupados por individuos en buena condición, con una buena compensación de copas en la mayoría de las especies. La poca simetría de copas en algunos casos, puede deberse a las podas severas realizadas, generalmente para solucionar problemas con el entorno, en algunos sectores se observa una saturación de individuos, especial-

mente en los separadores viales, con individuos suprimidos, copas desviadas y poco simétricas.

Dentro de las limitaciones registradas en el sector estudiado entre la infraestructura presente, la población y las especies vegetales, se aprecia que los mayores problemas son ocasionados por los cables de energía, teléfono y televisión por cable, interferencias con el tráfico peatonal y vehicular, la presencia de espinas, las raíces superficiales, la obstrucción de desagües, la obstrucción de canales, el levantamiento de placas, el riesgo de volcamiento, y la presencia de especies con partes venenosas y/o cáusticas, generando inconformidad de algunos habitantes, por los problemas que de una u otra manera ocasionan.

Las principales intervenciones que requieren los árboles evaluados en este estudio son la poda de formación, el control de insectos, la poda sanitaria, la poda de limpieza, la reparación de heridas, el control de enfermedades, la tala a mediano plazo y finalmente la tala a corto plazo. Las actividades silviculturales recomendadas las debe hacer un personal calificado, con buena técnica, con seguridad industrial, con herramientas adecuadas y con la dirección de un profesional en Silvicultura Urbana. Debe procurarse de que las actividades a realizar no afecten a la población y a la infraestructura presente, tomando las debidas precauciones y escogiendo un horario acorde a la actividad.

Las especies que presentan más problemas fitosanitarios son los cítricos (*Citrus sp.*) afectados por escamas armadas (*Aulacaspis tubercularis* Neus) y pulgones oscuros (*Toxoptera citricida* (Kirkaldy)); los mangos (*Mangifera indica* L.) afectados por las escamas armadas y por las escamas protegidas (*Ischnaspis longirostris* Sign.); los laureles (*Ficus benjamina* L.) afectados por las escamas protegidas y por los trips cubanos del laurel (*Gynaikothrips ficorum* Marchal.); y los chiminangos (*Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth.) afectados por diferentes insectos. Resultados similares encontró Olaya (2004) en el estudio que realizó en el arbolado urbano del sector Belén La Nubia y La Gloria, ubicado al sur occidente de la ciudad de Medellín, en los alrededores de la quebrada Altavista. Por lo cual se concluye que éstos patógenos tienen un amplio rango de distribución en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

La distribución de alturas y diámetros muestran la disetaneidad de los individuos en el lugar de estudio al comportarse la distribución como una J invertida.

Con el uso de las herramientas del SIG se calculó el área de cobertura de las copas de este bosque, obteniéndose un valor de 22.335 m², lo que corresponde al 14,94% del área del barrio La Magnolia, que es de 149.514 m²; determinándose que hay 6,54 m² de cobertura de copas por habitante, con beneficios ambientales, estéticos, económicos y sociales.

Se determinó que la valoración económica del Bosque Urbano del barrio La Magnolia es de 865'356.567 pesos. Valor influenciado por el alto número de individuos encontrados en los andenes y en los separadores viales, por el estrato dominante (tres) y también por la abundancia de especies comunes (nativas o exóticas). Entre los árboles y las palmas se obtuvieron valoraciones económicas entre 114.453 y 32'046.840 pesos, con una media de 1'278.169 pesos; y para los arbustos entre 75.000 y 3'060.000 pesos, con una media de 288.204 pesos. La valoración económica permite darle la importancia que merece el componente arbóreo, e incentivar la inversión en planes de manejo y conservación, para proporcionar a los habitantes un espacio agradable y sano, sin conflictos entre las especies vegetales presentes, la infraestructura y la población.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El SIG del Bosque Urbano del barrio La Magnolia se convierte en una herramienta que le permite a la Secretaría del Medio Ambiente del Municipio de Envigado y a investigadores interesados en este tipo de estudios, tener acceso fácil y ágil a la información almacenada en él; permite realizar la programación de las actividades silviculturales requeridas; tener una visión general del Bosque Urbano y su relación con la infraestructura del barrio; e incluir o elimi-

nar información, para la toma de decisiones.

Los inventarios de las especies del Bosque Urbano podrían ser repetidos periódicamente porque el crecimiento en tamaño y su condición cambia con el tiempo. El costo de actualizar un inventario continuamente sería considerablemente más bajo que el costo de un nuevo inventario, porque para la mayoría de los árboles, su localización ya ha sido determinada y sus datos registrados; esto puede hacerse ubicando el árbol correspondiente en la base de datos y en el SIG y cambiar o añadir los datos necesarios.

Se deben hacer campañas de información sobre Silvicultura Urbana en el sector estudiado, en muchos casos, las especies vegetales presentes, han sido sembradas por los mismos habitantes del barrio, sin criterios técnicos, desconociendo las dimensiones que estos pueden alcanzar en estado adulto y los requerimientos de luz, generando conflictos entre las especies presentes, la población y la infraestructura. Además se observaron prácticas silviculturales inadecuadas, mal realizadas y sin criterios técnicos.

Se recomienda dar a conocer a los ciudadanos, especialmente a los niños, los beneficios ambientales que proporcionan los árboles en la ciudad, los cuidados que necesitan

para desarrollarse sanos y vigorosos y los efectos negativos que provocan en ellos las agresiones a que son sometidos habitualmente.

Se deben difundir las normas y decretos sobre el Bosque Urbano que, además de definir condiciones técnicas mínimas para seleccionar, plantar y conservar árboles, comprendan cuadros de valoración, tipifiquen agresiones y establezcan las sanciones aplicables a ciudadanos que atenten contra su integridad.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría del Medio Ambiente del Municipio de Envigado, por la financiación del presente estudio; al Laboratorio de Manejo Forestal de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, por el apoyo logístico; al Herbario MEDEL y al Herbario Forestal de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín; a los profesores Rodolfo Hernán Parra Sánchez y Luis Jairo Toro Restrepo y al Ingeniero Forestal Alí Marcel Santacruz Delgado, por su asesoría y colaboración; al Profesional en Gerencia de Sistemas Juan Carlos Mancipe Hoyos, por su asesoría y colaboración en el diseño de la base de datos; a los Ingenieros Forestales Jorge Pérez y Juan Manuel Cardona Granda, al profesor Darío Sánchez Sánchez y a Germán del Río Arboleda (Herbario Forestal), por su

colaboración en la identificación taxonómica.

BIBLIOGRAFÍA

Carmona, L. y Domínguez, N. 2000. Plan para el establecimiento, control y manejo del bosque urbano en el Municipio de Apartadó, Antioquia. Medellín, 216 h. Trabajo de grado Ingenieros Forestales. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Envigado. Municipio. 2000. Plan de Ordenamiento Territorial (POT). Envigado: El Municipio. 126 p.

Gómez, S. E. y Orjuela, L. L. 2004. Inventario diagnóstico y propuesta de manejo del bosque urbano del centro de Medellín. Medellín, 158 h. Trabajo de grado Ingenieros Forestales. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Hoyos, M. F. 2003. Propuesta metodológica para la valoración económica del árbol urbano. Medellín, 66 h. Trabajo de grado Especialista en Gestión Agroambiental. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Olaya, A. 2004. Estado actual del componente arbóreo sector Belén La Nubia y La Gloria. Medellín. 47 h. Trabajo de grado Ingeniero Forestal. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Ospina, C. M. y Villa, D. de J. Manejo y conservación del árbol urbano. Medellín, 1994, 480 h. Trabajo de grado Ingenieros Forestales. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Wood, J. P. 1999. Tree inventories and GIS in urban forestry. Project report submitted to the Faculty of

the Virginia Polytechnic Institute and State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master in Forestry in Forest Biology. Blacksburg, Virginia. 40 p. Disponible en Internet: [scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-012499-520/unrestricted/WOODETD.PDF].-[Consultada: 13 Jul. 2005].