

**ARBOLSIG:
SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
PARA
ÁRBOLES URBANOS**

DANIEL RIVAS TORRES

**UNIVERSIDAD DISTRITAL “FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS”
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
SANTAFÉ DE BOGOTÁ, D.C.
2000**

**ARBOLSIG:
SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
PARA
ÁRBOLES URBANOS**

DANIEL RIVAS TORRES

Tesis para optar al título de
Especialista en Sistemas de Información Geográfica

Director

URIEL PÉREZ GÓMEZ

Ingeniero Forestal, M.Sc.

Profesor Universidad del Tolima

**UNIVERSIDAD DISTRITAL “FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS”
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
SANTAFÉ DE BOGOTÁ, D.C.**

2000

Nota de aceptación

URIEL PÉREZ GÓMEZ
Director de Tesis

Jurado

Jurado

BOGOTÁ, D. C. 21 DE NOVIEMBRE DE 2000

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

- **BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO (BID).**
- **INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI**, en particular al **CIAF**.
- **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO, MÉXICO.**
- Ingeniero **Uriel Pérez**, por la importante y entusiasta dirección del trabajo.
- Ingeniero **Carlos Infante** de **UNBIT LTDA**, por su valiosa asesoría.
- Ingeniero **Jairton Diez**, por su acertada colaboración.
- Profesores durante la especialización, con los cuales estaré siempre agradecido.
- Ingenieros: **Doris Serrano, Luz Mery Gómez, Martha Ivette Chaparro, Héctor Díaz, Hernando Melo, Alberto Boada, Jaime Alberto Maya**, por su apoyo en el trabajo final.
- Compañeros de especialización, por su afecto y simpatía.
- Personal técnico y administrativo del **CIAF**, por su diligente colaboración.
- Ingeniera **Aída Victoria Prieto**, mi esposa, compañera y colaboradora.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. EL PROBLEMA	4
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	4
1.2 OBJETIVOS	5
1.2.1 General	5
1.2.2 Específicos	5
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1 ADMINISTRACIÓN DE LOS ÁRBOLES URBANOS	6
2.1.1 Plan de manejo del arbolado urbano	6
2.1.2 Inventarios y SIG	8
2.1.3 Árboles y GPS	10
2.1.4 Factores clave para la gestión de los árboles	12
3. MARCO METODOLÓGICO	15
3.1 FLUJO DE LA INFORMACIÓN	15
3.1.1 Requerimientos de información	15
3.1.2 Flujograma	18
3.1.3 Reglas que rigen los procesos	20
3.2 MODELAMIENTO	22
3.2.1 Definición de entidades	22
3.2.2 Modelo entidad - relación	24
3.2.3 Modelo lógico	24
3.2.4 Diccionario de datos	25
3.3 GEORREFERENCIACIÓN	28
3.3.1 Método del GPS	28

3.3.2	Método de cartografía análoga	28
3.3.3	Método de fotografía digital	28
3.4	VALIDACIÓN DEL MODELO	29
3.4.1	Área de estudio	29
3.4.2	Equipos y programas	29
3.4.3	Cartografía básica	30
3.4.4	Etapa de gabinete	30
3.4.5	Trabajo de campo	31
3.4.6	Postprocesamiento de los datos del GPS	33
4.	RESULTADOS Y ANÁLISIS	35
4.1	BASE DE DATOS	35
4.2	GEORREFERENCIACIÓN	39
4.2.1	GPS	39
4.2.2	Método de cartografía análoga	40
4.2.3	Método de fotografía digital	42
4.3	INTERFASE GRÁFICA	43
5.	CONCLUSIONES	49
6.	RECOMENDACIONES	50
	BIBLIOGRAFÍA	51
	ANEXOS	53

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Diagrama de la metodología propuesta para el Proyecto.	16
Figura 2. Flujograma de la información para el manejo de los árboles urbanos.	19
Figura 3a. Modelo entidad – relación. El sitio.	26
Figura 3b. Modelo entidad – relación. El árbol.	27
Figura 4. Pasos para coleccionar y procesar los datos del GPS.	34
Figura 5. Tablas generadas a partir de las entidades definidas en el modelo.	35
Figura 6. Ventana de Access mostrando parte del modelo entidad – relación.	36
Figura 7. Consulta en Access sobre el impacto ambiental a los árboles.	37
Figura 8. Ventana capturada de un formulario de Access.	38
Figura 9. Ventana captura de ArcView mostrando los resultados de la corrección diferencial del GPS.	39
Figura 10. Ventana capturada de ArcInfo mostrando los puntos digitalizados.	40

Figura 11. Comparación de los puntos posicionados con GPS y los digitalizados a partir de un mapa base.	41
Figura 12. Ventana capturada de Idrisi mostrando la imagen georreferenciada.	43
Figura 13. Ventana de ArcView mostrando el script para una aplicación relacionada con la taxonomía de los árboles	44
Figura 14. Ventana de ArcView mostrando la clasificación de los árboles por familia taxonómica.	45
Figura 15. Mapa de la condición de salud de los árboles en una Zona urbana de Ibagué.	47

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Modelo lógico.	54
Anexo B. Diccionario de datos.	61
Anexo C. Formularios y tablas para el inventario.	69
Anexo D. Resumen del análisis para la georreferenciación de la fotografía aérea de la zona de estudio.	78
Anexo E. Metadato del proyecto.	80

RESUMEN

Con el propósito de responder a la necesidad de contar con un sistema de información geográfica específico para los árboles urbanos, se estudia el flujo de información en como se entiende debe ser la administración del arbolado urbano, para luego conceptualizar y diseñar un modelo entidad - relación que toma en cuenta los diferentes aspectos espaciales y no espaciales relacionados con la temática. A partir del modelo se elabora una base de datos que se implementa en Access para luego cargarse con los datos de un inventario realizado en un área urbana. Se prueban diferentes métodos de geoposicionamiento de los árboles: GPS, cartografía análoga y fotografía digital, con el fin de conocer sus alcances y limitaciones. El diseño y aplicación de una interfase gráfica, utilizando ArcView, permite trabajar en línea con la base de datos y la parte gráfica, para de esta manera visualizar la información proveniente del inventario y hacer más fácil su manejo por parte de los usuarios. Se enfatiza que este trabajo es un acercamiento al desarrollo de un SIG para los árboles urbanos, que requiere el trabajo conjunto de los temáticos de la Dasonomía Urbana, la Arboricultura y los especialistas en SIG.

INTRODUCCIÓN

Es indiscutible la importancia ambiental y social de los árboles urbanos, ornamentales y de sombra. Los árboles, principalmente los maduros, son los representantes más genuinos y conspicuos dentro de las áreas verdes; por su longevidad, resistencia, capacidad fotosintética y de purificación del aire, por su arquitectura, belleza y variedad florística, constituyen el recurso verde más valioso en las ciudades. Se calcula actualmente en un 70 por ciento la población de los países de América Latina que vive en los centros de población. Esto ha llevado a la necesidad de crear más espacios verdes, con grandes inversiones para mejorar el ambiente y proporcionar áreas para la recreación.

Desde un punto de vista técnico, los inventarios permiten disponer de la información que facilite el análisis acerca de la cuantía, distribución y condición de los árboles. Desde un punto de vista administrativo, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son las herramientas modernas que manejan las relaciones entre las diferentes entidades para una adecuada administración de los árboles en un centro de población. Un SIG gestiona las bases de datos resultantes de los inventarios a través de la captura de información, almacenamiento, manipulación, análisis y despliegue de la misma.

El presente trabajo está orientado a diseñar y desarrollar un Sistema de Información Geográfica (denominado “ArbolSig”) con el fin de manejar los inventarios de los árboles y de esta manera contribuir a la administración más eficiente de este importante recurso.

Los alcances van desde el diseño de una base de datos específica para los inventarios, pasando por el método más práctico para el levantamiento de los datos, hasta el desarrollo de una aplicación que facilite el manejo de la información espacializada y no espacializada.

La falta de información detallada sobre los suelos, microclimas y espacios en los diferentes sitios donde crecen los árboles, dentro del área de estudio, es una limitación para contar con todos los componentes de un sistema de información geográfica y con ellos realizar los análisis respectivos.

El trabajo de investigación parte de la conceptualización del árbol en el contexto de un área urbana, lo mismo que de los datos necesarios para responder a las expectativas de los usuarios de un sistema de información. El propósito inicial es elaborar el modelo que permita el diseño de un sistema de información geográfica para los árboles urbanos. Después se pone a prueba la técnica más apropiada

para el levantamiento de los datos espaciales y no espaciales, con la utilización del GPS y formularios específicos, lo mismo que otros métodos análogos y digitales, y se diseña una aplicación con el empleo de un software para SIG, para realizar los análisis y facilitar el manejo de la información.

1 . EL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente es común que en los centros urbanos se lleven a cabo inventarios de los árboles. Por ejemplo, Chacalo, Aldama y Grabinsky¹, realizaron un inventario de los árboles en la Ciudad de México, empleando el método de muestreo, con el propósito de conocer la condición del arbolado en una zona de la ciudad. Sin embargo, en la mayoría de los casos en nuestros países, cuando se realizan los inventarios, los árboles no quedan geoposicionados ni contemplados en bases relacionales de datos.

El resultado es que la información se hace obsoleta rápidamente y los datos de estos inventarios no son empleados en todo su potencial para facilitar la toma de decisiones acerca del recurso. No es posible responder adecuadamente a las preguntas básicas del manejo: ¿Qué, Dónde, Cuánto, Cómo y Por Qué plantar y cuidar los árboles? Se dificulta la elaboración y ejecución de Planes y Programas de Manejo de los árboles.

¹ CHACALO, A.; ALDAMA, A. and GRAVINSKY, J. Street tree inventory in Mexico City. En Journal of Arboriculture. USA. Vol. 4, No. 20. 1994; p. 222 – 225.

El problema es entonces que los métodos tradicionales de levantamiento y manejo de la información relativa a los árboles urbanos, imposibilitan la administración eficiente de este importante recurso. La pregunta que se quiere responder es: ¿Cómo puede mejorarse la administración del recurso árbol urbano, con el fin de que cumpla efectivamente su función social y ecológica? ¿Qué va a hacer y cómo va a funcionar la alternativa que se desea presentar?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 General

Conceptuar y diseñar un sistema de información geográfica para administrar los árboles en cualquier área urbana y de esta manera contribuir a que cumplan con mayor eficiencia su papel social y ecológico.

1.2.2 Específicos

- a) Construir y aplicar un modelo de base relacional de datos, específico para un inventario de árboles urbanos.
- b) Probar las mejores técnicas para el levantamiento expedito de la información relativa a los árboles.
- c) Diseñar e implementar una interfase gráfica, con base en el SIG, para los árboles de una zona urbana en la ciudad de Ibagué (Tolima, Colombia).

2. MARCO TEÓRICO

2.1 ADMINISTRACIÓN DE LOS ÁRBOLES URBANOS

La administración eficiente de los árboles urbanos rinde un sinnúmero de bienes y servicios. El mejor método para medir las bondades de los árboles urbanos es el estudio de la relación costo/beneficio. En este sentido, un estudio llevado a cabo en la comunidad de Modesto, California, por McPherson, G. *et al*², encontró que los beneficios obtenidos por los residentes como resultado de la existencia de los árboles, exceden a los costos de mantenimiento por un factor de aproximadamente dos. Estos servicios son medidos en el volumen de contaminantes del aire limpiados por los árboles, beneficios estéticos, reducción de temperatura, ruido y otros.

2.1.1 Plan de manejo del arbolado urbano

El Plan de Manejo del arbolado urbano es el documento que rige y permite a los administradores la toma de decisiones sobre el recurso. Phillips³, dice que un Plan de Manejo es mucho más que un listado de especies. El Plan descansa en el

² MCPHERSON, G.; SIMPSON J.; PEPER P. and XIAO G. Benefit – Cost Analysis of Modesto's Municipal Urban Forest. En Journal of Arboriculture. USA. Vol. 5, No. 25. 1999; p. 235 – 248.

³ PHILLIPS, L. Urban Trees. A guide for selection, maintenance, and Master Planing. New York: McGraw-Hill, Inc., 1993; 273 p.

inventario, revisa y evalúa la ciudad, sus habitantes, las autoridades que intervienen y lógicamente los mismos árboles. El propósito es contar con un programa que garantice la participación ciudadana con la conciencia de todos los beneficios aportados por los árboles, a través de labores arborícolas, todo al menor costo.

Bloniarz and Ryan⁴ hacen énfasis en que la ciudadanía debe participar y sentir como propio el Plan, a fin de que resulte exitoso. Adkins, Kuhns and Blood⁵, describen diferentes experiencias donde la comunidad ha intervenido con voluntarios para llevar a cabo los inventarios de los árboles. En Bogotá actualmente la ciudadanía en los barrios participa en las labores de cuidado de sus propios parques, bajo el programa “Obras con saldo pedagógico”.

Por otra parte, Dwyer and Miller⁶, utilizaron un SIG para evaluar la distribución de la cobertura forestal en Stevens Point, Wisconsin, y con ello determinar las reducciones de energía en aire acondicionado. Esto quiere decir que con los

⁴ BLONIARZ, D. and RYAN, D. The Use of Volunteer Initiatives in Conducting Urban Forest Resource Inventories. En Journal of Arboriculture. USA. Vol. 22, No. 2. 1996; p. 75 – 82.

⁵ ADKINS, R., KUHNS, D. and BLOOD, M. Urban Forest Resource Management at Hill Air Force Base. En Journal of Arboriculture. Ogden, Utah. Vol. 23, No. 4. 1997; 136 – 143.

⁶ DWYER, M. and MILLER, R. Using GIS to Assess Urban Tree Canopy Benefits and Surrounding Greenspace Distributions. En Journal of Arboriculture. USA. Vol. 25, No. 2. 1999; p. 102 – 107.

sistemas de información geográfica se facilita el trabajo de realizar análisis de los beneficios ambientales de los árboles. Además, los programas de trabajo son organizados eficientemente, lo mismo que las consultas a la base de datos y las órdenes de trabajo. De esta manera resulta mucho más práctico para elaborar informes y justificar presupuestos.

2.1.2 Inventarios y SIG

Con el fin de construir un sistema de información geográfica, y para el levantamiento de la información relativa a los árboles durante el inventario, resulta obvio que en la ciudad es necesario conocer otras características diferentes a las relacionadas con la producción de madera. Los criterios de Hitchings⁷ y de la Sociedad Internacional de Arboricultura (ISA), permiten elaborar formularios que tengan en cuenta los aspectos fisonómicos, estructurales y de salud, para conocer los parámetros que influyen en los beneficios ambientales de los árboles. El modelo de la ISA sirve para conocer el valor, o mejor, el costo en pesos de un árbol, teniendo en cuenta los criterios de especie, función, condición y tamaño.

Además, en lo que respecta a la técnica de los inventarios, los SIG han resultado ser una herramienta poderosa y eficaz para capturar, almacenar, manejar, analizar

⁷ HITCHINGS, D.R. Prontuario de Dasonomía Urbana. Arizona: Land Department. 1980; 37 p.

y presentar la información. Goodwin⁸, analiza, a través de dos casos de estudio, los diferentes métodos para el geoposicionamiento de los árboles: fotografías aéreas, geoposicionadores (GPS), estación total y mapas base. Rivas, Arévalo y Meza⁹, realizaron un levantamiento de los árboles utilizando la estación total y el software Idrisi para el manejo de los datos. Kane, and Ryan¹⁰, recomiendan el uso de los GPS para la localización de árboles en áreas remotas donde se dificulta el empleo de otro equipo topográfico.

Olig and Miller¹¹ realizaron una revisión minuciosa de los software existentes en los Estados Unidos para manejar los datos de los inventarios de los árboles. Encontraron 13 paquetes comerciales que se emplean actualmente, distribuidos por diferentes empresas e instituciones; de ellos uno solo emplea un SIG, con un

⁸ GOODWIND, D.W. A street tree inventory for Massachussets using a geographic information system. En Journal of Arboriculture. USA. Vol. 22, No. 1. 1996; p. 19 – 28.

⁹ RIVAS, D., ARÉVALO,G. y MEZA, J. L. Inventario y diagnóstico de áreas arboladas urbanas. En Memorias del X encuentro de investigadores de la Preparatoria Agrícola de la UACH. México. 1999, p. 26.

¹⁰ KANE, B. and RYAN, D. Locating Trees Using a Geographic Information System and the Global Positioning System. En Journal of Arboriculture. USA. Vol. 24, No. 3. 1999; p. 135 – 143.

¹¹ OLIG, G. and MILLER, R. Street Tree Inventory Software. En USDA Forest Service Urban Forestry for the Midwestern States. USA. 1999; 152 p.

costo de tres mil quinientos dólares. En Bogotá, Rodríguez y Herrera¹² desarrollaron un SIG para la empresa CODENSA S.A. con el propósito de dar mantenimiento a los cables de energía que sufren interferencia por los árboles.

2.1.3 Árboles y GPS

De acuerdo con Kane and Ryan¹³, con el patrocinio del Departamento de Defensa de los Estados Unidos, 25 satélites GPS recorren actualmente la órbita de la tierra. Cada satélite transmite un código particular en un momento dado. Los receptores o GPS propiamente dichos rastrean los satélites y registran el momento en que reciben la señal transmitida desde los satélites. Debido a que el receptor conoce el momento en que el satélite envía su código y el momento en que lo recibe, el aparato puede determinar su distancia del satélite calculando la diferencia de tiempo entre la transmisión y la recepción. Mediante el cálculo de la distancia a 3 satélites, el receptor puede triangular su localización. Debido a diferentes factores de error que acompañan el cálculo preciso de las diferencias de tiempo, como también la interrupción de la señal y las obstrucciones, es necesario conocer la localización precisa de un cuarto satélite.

¹² RODRÍGUEZ, W. y HERRERA, W. Sistema de Información Geográfica para el Mantenimiento de los Árboles – SIGMA. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, 2000; 50 p.

¹³ Ibid., p. 135

Los principales factores que afectan las señales y por ende la precisión de un satélite son: primero, el arreglo, o mejor, la constelación de los 3 satélites eventualmente espaciados alrededor del horizonte y uno directamente arriba del punto a georreferenciar. Para reducir los errores de transmisión por disturbios atmosféricos, los satélites deben estar arriba del horizonte a una elevación predeterminada (usualmente 15 grados). Impedimentos tales como una densa cubierta forestal, microondas y señales reflejadas (de edificaciones, montañas y agua), debilitan las señales de los satélites, reduciendo por ende la precisión. El software que acompaña al GPS debe utilizarse para planear que la colecta coincida con los períodos de alta precisión.

La interferencia por las copas de los árboles es uno de los factores más significativos que afectan la precisión. Trimble Navigation¹⁴ recomienda retirarse del tronco para evitar esta interferencia, aunque para ello debe emplearse un receptor de alta precisión que puede programarse para compensar la diferencia de distancia al árbol.

¹⁴ TRIMBLE NAVIGATION LIMITED. Sistemas cartográficos. Referencia general. Sunnyvale, CA: Commercial Systems Group. 1997; p. 20.

Además de los factores arriba mencionados que afectan la precisión, el Departamento de Defensa de los E. U. había programado errores intencionales de la señal dentro de los satélites para protegerse contra usos ilícitos de los GPS en cuestiones militares. Esto ocasionaba errores arriba de los 100 metros. El postprocesamiento o corrección diferencial de los datos puede eliminar virtualmente todos esos errores deliberados. En Mayo 1° de 2000 el Presidente de los E.U. determinó finalizar esta degradación de la información.

Los GPS de alta precisión ofrecen corrección diferencial en tiempo real, con lo cual se elimina la necesidad del postprocesamiento. Los GPS de alta precisión, como los empleados en catastro por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), producen coordenadas con 1 cm de diferencia de su posición real. Los receptores o GPS para cartografía, como el empleado en este proyecto, proporciona coordenadas con una precisión de 2 a 5 metros. Consideramos que tal precisión es aceptable para localizar los árboles.

2.1.4 Factores clave para la gestión de los árboles

Para la administración del árbol urbano, los factores más importantes que contribuyen son:

Inventario. Es el más importante y en el que descansa todo el plan de manejo. A diferencia de la Dasonomía, que estudia al bosque, la Arboricultura ve al árbol como individuo. En la ciudad, un árbol de la misma especie puede requerir tratamientos diferentes de un sitio a otro, de acuerdo a su condición y su función. Por lo anterior, más que un inventario se desea un censo de todo el arbolado existente en una determinada área urbana, por cuanto el muestreo no facilitaría cultivar individualmente a los árboles. Este estudio debe ir de la mano con la localización georreferenciada de los árboles en un mapa digital.

Cultura del árbol. A la par del inventario, es necesario conocer qué piensa la gente acerca de sus árboles, cuáles son sus expectativas. Qué organizaciones sociales tienen interés en los árboles.

Calidad de sitio. También se requiere conocer las características ecológicas de los diferentes ambientes donde crecen los árboles con el fin de garantizar su desarrollo exitoso (suelo, topografía, agua, espacio aéreo y subterráneo, vías, andenes, separadores, contaminación, etc).

Especies. Toda la información relativa a los árboles, nativos y exóticos, con sus características fisonómicas y sus requerimientos ambientales y de mantenimiento.

Plan de Manejo. El Plan de Manejo contiene objetivos y metas, programas de trabajo, presupuestos, nuevas plantaciones, análisis espacial por especies, edad, diámetro, altura, cobertura y distribución de los árboles. También el plan incluye las actividades con participación de la comunidad, por ejemplo, “El Día del Árbol”.

3. MARCO METODOLÓGICO

La Figura 1 muestra el diagrama de la metodología propuesta para el desarrollo del proyecto: desde el análisis de la problemática de ausencia de sistemas de información geográfica para el arbolado urbano, el planteamiento de la necesidad, pasando por la conceptualización del modelo entidad relación que retome los aspectos considerados en el flujo de información, hasta el diseño de la interfase gráfica, con la continua retroalimentación de los temáticos y los expertos en SIG.

3.1 FLUJO DE LA INFORMACIÓN

3.1.1 Requerimientos de información

Los usuarios de un sistema de información geográfica para el manejo de los árboles urbanos, requieren principalmente lo siguiente:

- Introducir nuevos árboles jóvenes y maduros a la base de datos tecleando sus coordenadas y demás datos o digitando su ubicación directamente en el plano: Identificador, especie, dirección, función, diámetro normal (DN), altura, diámetro de copa, estructura, densidad de copa, balance de copa, vigor, condición del tronco, condición de la raíz , impacto ambiental, tratamiento, coord_x, coord_y.

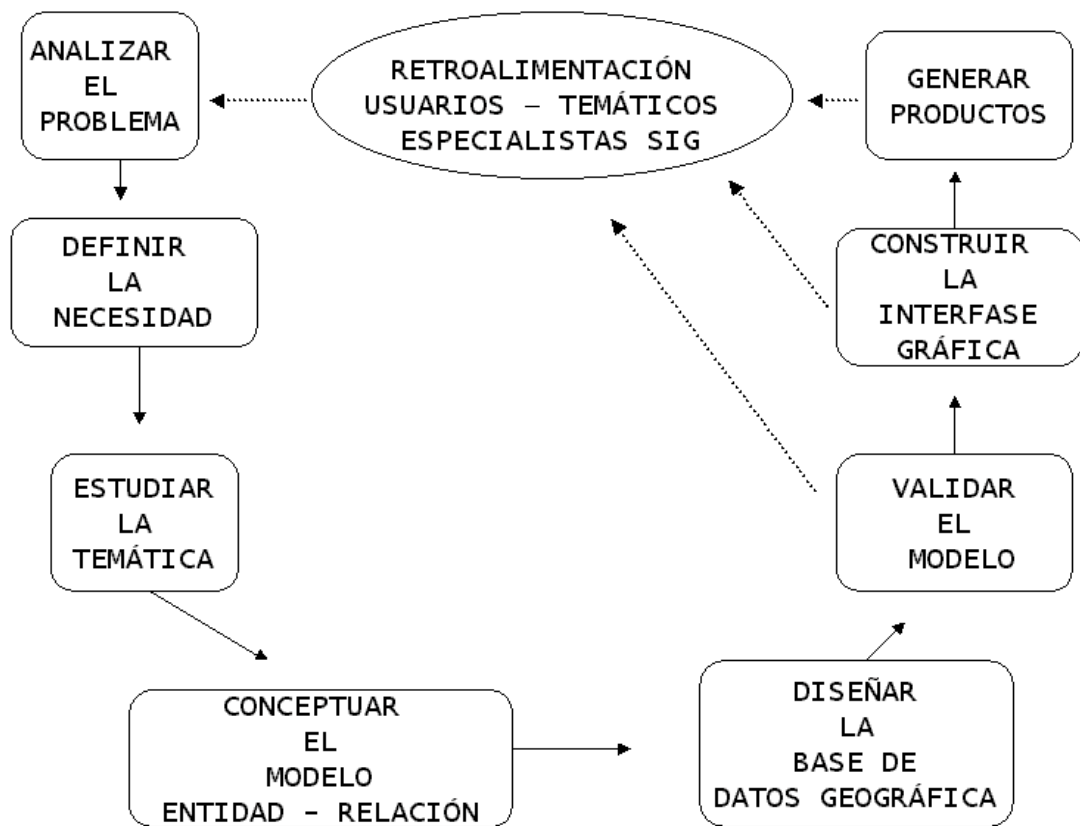


Figura 1. Diagrama de la metodología propuesta para el proyecto.

- Introducir a la base datos el trabajo de campo resultante del levantamiento de los árboles.
- Introducir información sobre los responsables del mantenimiento de los árboles.
- Introducir nuevas especies de árboles.
- Llevar un control histórico del mantenimiento de los árboles.
- Visualización de los árboles en un mapa junto con las características de: Identificación, especie, función, ubicación, DN, altura, cobertura, condición de salud, impacto, tratamiento, coordenada x, coordenada y.
- Editar y actualizar la información relativa a un árbol específico (la que se introdujo en el inventario).
- Consultar y producir informes y mapas de los árboles clasificados de acuerdo a sus características más relevantes (Identificador, especie, función, ubicación, clases diamétricas, clases de altura, clases de

cobertura, condición de salud, impacto ambiental y necesidades de mantenimiento).

- Localización de los sitios más apropiados para realizar nuevas plantaciones.

3.1.2 Flujograma

La Figura 2 enseña el flujo de información de las diferentes instancias involucradas, hacia el plan de manejo. El plan de manejo del arbolado urbano es donde confluye toda la información relativa a los árboles; recibe las directrices y normas del Plan de Ordenamiento Territorial (P. O. T.), a través de las autoridades administrativas y ambientales; para, por ejemplo, realizar la plantación de nuevas especies. Recibe también la participación de la sociedad a través de sus organizaciones no gubernamentales (ONG's). El plan descansa principalmente en el inventario del arbolado urbano, que es quien reúne los datos necesarios para diseñar e implementar los trabajos de mantenimiento del arbolado.

3.1.3 Reglas que rigen los procesos

De acuerdo al flujo de información y al concepto de sistema de información, las reglas que rigen los procesos son las siguientes:

- Un árbol, si existe, debe pertenecer a una especie y una especie, si existe, puede incluir uno o más árboles.
- Un árbol, si existe, debe tener una condición de vigor y una condición de vigor puede pertenecer a uno o más árboles.
- Un árbol, si existe, debe tener una condición de su raíz y una condición de raíz puede pertenecer a uno o más árboles.
- Un árbol, si existe, debe tener una estructura y una estructura puede pertenecer a uno o más árboles.
- Un árbol, si existe, debe tener una condición de su tronco y una condición de tronco puede pertenecer a uno o más árboles.

- Un árbol, si existe, debe tener un balance de su copa y un balance de copa puede pertenecer a uno o más árboles.
- Un árbol, si existe, debe tener una densidad de copa y un densidad de copa puede pertenecer a uno o más árboles.
- Un árbol, si existe, debe recibir uno o más tratamientos y un tratamiento puede ser aplicado a uno más árboles.
- Un árbol, si existe debe tener una historia de mantenimiento y una historia puede pertenecer a uno o más árboles.
- Una historia de mantenimiento, si existe, tiene un tratamiento y un tratamiento puede pertenecer a una o más historias.
- Un historia, si existe, es realizada por una cuadrilla y una cuadrilla, si existe realiza una o más historias.
- Un árbol, si existe, tiene uno o más impactos ambientales y un impacto, si existe, puede pertenecer a uno o más árboles.

- Un árbol, si existe, tiene una función y una misma función puede pertenecer a uno o más árboles.

3.2 MODELAMIENTO

3.2.1 Definición de entidades

Una entidad se define como cualquier objeto o evento acerca del cual alguien escoge recolectar datos; por tanto, la identificación de entidades se puede hacer a partir del diagrama de flujo de la información.

En el diagrama de flujo de la información relativa a los árboles se quiso presentar los aspectos generales relacionados con el arbolado urbano, el más importante de los cuales es el Plan de Manejo. Sin embargo, el presente trabajo está limitado a los aspectos estrictamente técnicos que tienen que ver con los árboles, a partir del inventario, junto con el análisis de los datos y la información que de allí se derive. No se entrará al aspecto relacionado con el diseño de un Plan de Manejo, que involucra otros factores administrativos, políticos y socioeconómicos que rebasan los objetivos de la investigación.

De acuerdo al “Modelo de Datos Urbano” del IGAC¹⁵, el árbol es clasificado como un objeto de tipo punto, dentro del Tema: “Cobertura Vegetal”, Grupo: “Arboles y Arbustos”. Es definido como: “Planta perenne de tronco leñoso y elevado que se ramifica a mayor o menor altura del suelo”; debe ser fotoidentificable. Aunque disentimos de la definición anterior porque deja afuera al grupo de las palmeras, que aunque no son leñosas, también son consideradas árboles urbanos dentro de la Arboricultura.

Las principales entidades desde un punto de vista técnico que se identifican en relación con los inventarios de los árboles urbanos son las siguientes:

- Árbol
- Especie
- Función
- Estructura
- Densidad de copa
- Balance de copa
- Vigor

¹⁵ INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Modelo de datos urbano. Catálogo de objetos y catálogo de símbolos CS-2000. Versión 1.0. 1996; p. 65.

- Condición del tronco
- Condición de las raíces
- Impacto ambiental
- Tratamiento requerido
- Historia de mantenimiento
- Cuadrilla de mantenimiento
- Ambiente (clima, suelo, topografía)
- Infraestructura de servicios presente en el sitio
- Ubicación del árbol en las diferentes unidades administrativas (predio, separador, manzana, barrio, comuna y zona urbana).

3.2.2 Modelo entidad - relación

Las Figuras 3a y 3b muestran el modelamiento de un sistema de información geográfica para el árbol urbano. Es el resultado de la conceptualización de las entidades espaciales y no espaciales que tratan de la gestión del arbolado urbano y permiten un flujo eficiente de la información. El modelo presentado de esta manera, facilita su comprensión para aquellas personas que manejen la temática.

3.2.3 Modelo lógico

El anexo A, presenta el resultado del diseño del modelo lógico. Está orientado a la

construcción de una base de datos relacional en un lenguaje lógico y más cercano a la comprensión de la máquina. En este modelo se encuentra la descripción minuciosa de cada una de las entidades y el diseño de las mismas, que constituye la base de datos alfanumérica.

3.2.4 Diccionario de datos

El anexo B presenta el diccionario de datos para el modelo entidad – relación. Permite el diseño de la base de datos en el software seleccionado.

3.3 GEORREFERENCIACIÓN

Para la localización geográfica de cada árbol se emplearon tres métodos: GPS, cartografía análoga y fotografía digital.

3.3.1 Método del GPS

Consiste en el empleo del geoposicionador o receptor GPS para uso en cartografía, que maneja errores de 2 a 5 metros en la localización de las coordenadas. En este caso el postprocesamiento arroja los resultados de la precisión de las observaciones.

3.3.2 Método de cartografía análoga

Consiste en la localización de los árboles utilizando una fotografía aérea ampliada de la zona de estudio que facilita la ubicación visual de cada árbol. Posteriormente con el uso del pantógrafo se transfieren los puntos al mapa base para ser georreferenciados empleando la tableta digitalizadora y un software para SIG. La precisión depende en gran parte de la calidad del material del mapa base que asegure un error bajo (< 0.003) cuando de se realice la digitalización.

3.3.3 Método de fotografía digital

La fotografía aérea de la zona de estudio es escaneada y luego georreferenciada

utilizando un mapa digital de la zona de coordenadas conocidas, y software para SIG. Posteriormente se digitaliza la localización de cada árbol y se produce la tabla de coordenadas respectiva. El software Idrisi, empleado en este trabajo, arroja los resultados de la precisión horizontal de los puntos elegidos para la corrección. Los resultados se contrastan con los estándares de la National Standard Spatial Data Accuracy (NSSDA).

3.4 VALIDACIÓN DEL MODELO

3.4.1 Área de estudio

Se eligió como zona de estudio un área urbana en la ciudad de Ibagué, compuesta por seis manzanas de dos barrios de uso residencial. El criterio que se tomó para elegirla fue la cercanía a la Universidad del Tolima, para lograr la participación de los estudiantes y así darle al trabajo una orientación educativa.

3.4.2 Equipos y programas

Para el trabajo de campo se utilizó:

- GPS Pathfinder GeoExplorer® con batería recargable, de 191 kb de memoria, antena interna, versión UIF2.2 y software actualizado el 26 de abril de 1999.

- La medición de los árboles se hizo con forcímulas, pistolas Haga y cintas métricas.
- Estereoscopio de espejos.
- Escáner.
- Pantógrafo.

En el trabajo de gabinete se empleo PC 586 y los software Access 2000 para la base de datos, ArcInfo 3.5 e Idrisi - Windows versión 2 para la georreferenciación, y ArcView 3.1 en el diseño de la interfase gráfica.

3.4.3 Cartografía básica

- Fotografías aéreas del IGAC de la zona de Ibagué del año 1999 a escala 1:10,000.
- Ampliaciones de las fotografías anteriores.
- Mapa base análogo del IGAC (hoja 37) a escala 1:2000.
- Mapa digital en formato dwg de Ibagué a escala 1:15000.

3.4.4 Etapa de gabinete

El trabajo previo consistió en delimitar el área de estudio en las fotografías áreas ampliadas 5 veces, hasta alcanzar una escala aproximada de 1:2000. Igualmente

la delimitación del área en la plancha topográfica. También se elaboraron los formularios y tablas para el levantamiento de los datos (Anexo C).

Se efectuó un trabajo de fotointerpretación con el propósito de conocer el área de estudio y localizar los árboles.

Elaboración de etiquetas metálicas numeradas para identificar a los árboles.

Curso de capacitación para los estudiantes de la Universidad del Tolima, acerca de los criterios para el levantamiento de la información, lo mismo que el entrenamiento en campo para el efecto.

3.4.5 Trabajo de campo

El trabajo de campo se dividió en dos etapas: la del levantamiento de los datos no espaciales, relativa a los atributos de los árboles, y la del geoposicionamiento. Lo anterior se debió a que no fue posible contar con el equipo de GPS para efectuar simultáneamente los dos levantamientos.

Después de dar un recorrido de reconocimiento del área de estudio se procedió a colocar las fichas metálicas consecutivas utilizando la plancha y las

fotografías aéreas, siguiendo un patrón de avance por manzanas en el sentido de las manecillas del reloj y de afuera hacia adentro, en el caso de encontrar estacionamientos interiores. Las placas fueron colocadas con clavos de pulgada y media a dos metros de altura, mirando al norte geográfico. En esta etapa también se localizaron los árboles en las fotografías ampliadas, marcando un punto con un lápiz de cera. Igualmente un experto en dendrología identificó todas las especies presentes en el área.

Los evaluadores que recibieron el curso de capacitación, divididos en equipos de dos a tres integrantes y provistos del equipo de medición y los formularios, procedieron a realizar el levantamiento de las características o atributos de los árboles. Diez equipos emplearon dos días en realizar todo el trabajo para 158 árboles que se encontraron en el área. Con el propósito de controlar la calidad del trabajo, un Arborista Certificado de la ISA y una Ingeniera Forestal asesoraron permanentemente a los equipos en los criterios y en las dudas acerca de la interpretación de las tablas para llenar los formularios.

Para la localización geográfica se empleó el GPS, efectuando 100 posiciones por punto de observación lo más cercanas al tronco. En promedio se emplearon tres minutos por árbol. El GPS emplea un archivo para cada punto, pero debido a la

memoria de 191 kb solamente puede almacenar 75 puntos. Esto hizo necesario la descarga periódica en un computador y borrarlos de la memoria del GPS para continuar el levantamiento. Se presentaron interferencias significativas con las copas de los árboles, lo mismo que con las edificaciones, lo cual obligó a retirarse del tronco para hacer las observaciones.

3.4.6 Postprocesamiento de los datos del GPS

Después de descargar los archivos del GPS, el software del mismo hace la corrección diferencial. Para esto se utilizó como base la estación de la empresa Prosis en Bogotá. Enseguida se realizó un promedio de todas las posiciones de cada punto con el fin de crear coordenadas más precisas. Por último el software convirtió el archivo de puntos para ser trasladado al software Arcview. La Figura 4 ilustra los 5 pasos para la colecta y procesamiento de los datos de un GPS.

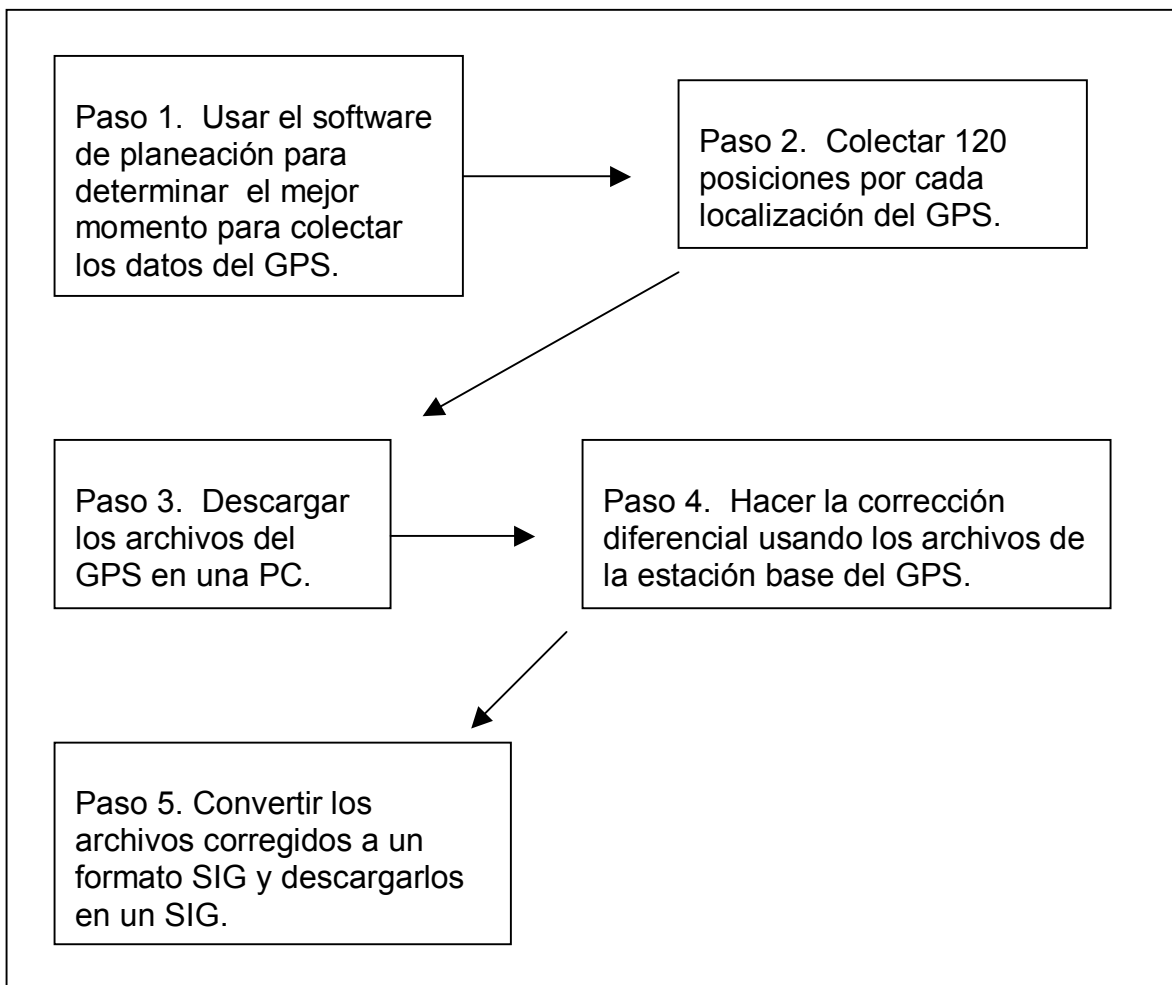


Figura 4. Pasos para coleccionar y procesar los datos del GPS (Kane and Ryan¹⁶).

¹⁶ Ibid., p. 140.

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1 BASE DE DATOS

Con base en los modelos de entidad relación, el modelo físico y el diccionario de datos, se diseñó y se puso a prueba la base de datos. Se empleó el software Microsoft Access 2000. Esta implementación sirve para probar la validez del diseño al momento de realizar las consultas. La Figura 5 es una ventana capturada para enseñar las 39 tablas generadas a partir de la entidades definidas en el modelo.

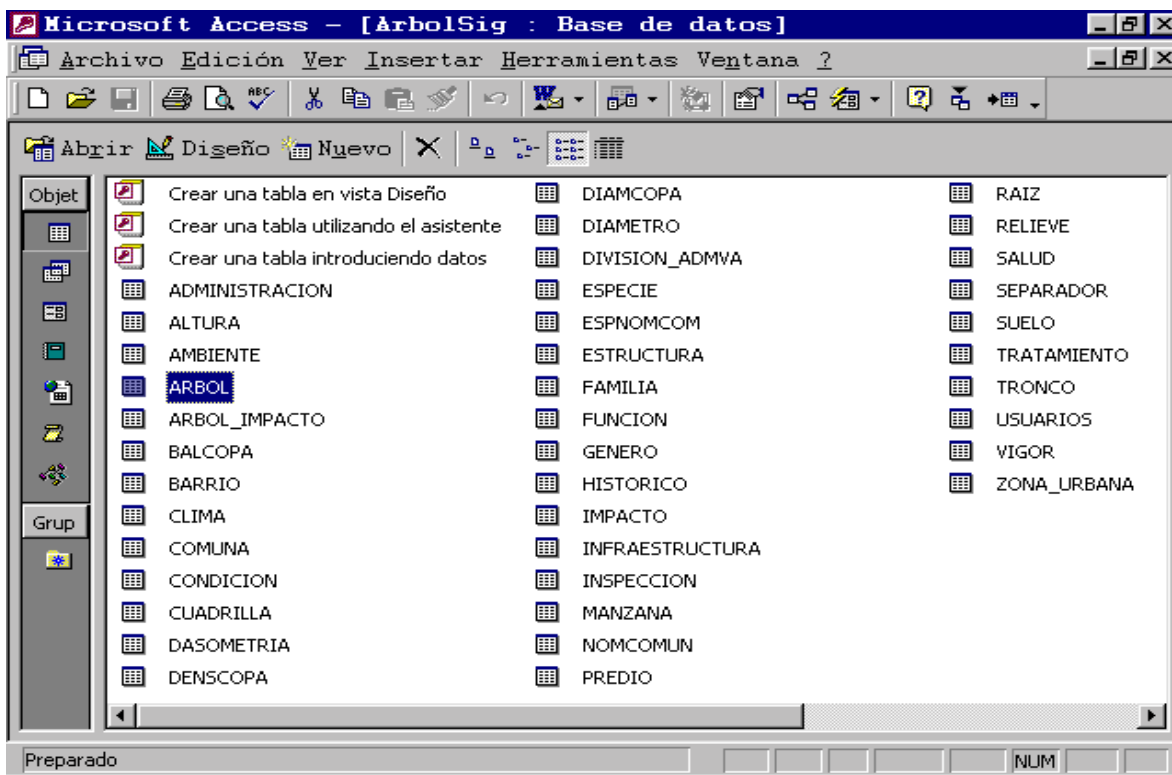


Figura 5. Tablas generadas a partir de las entidades definidas en el modelo.

La Figura 6 es también una ventana capturada para mostrar una parte del modelo entidad relación implementado en el software Access.

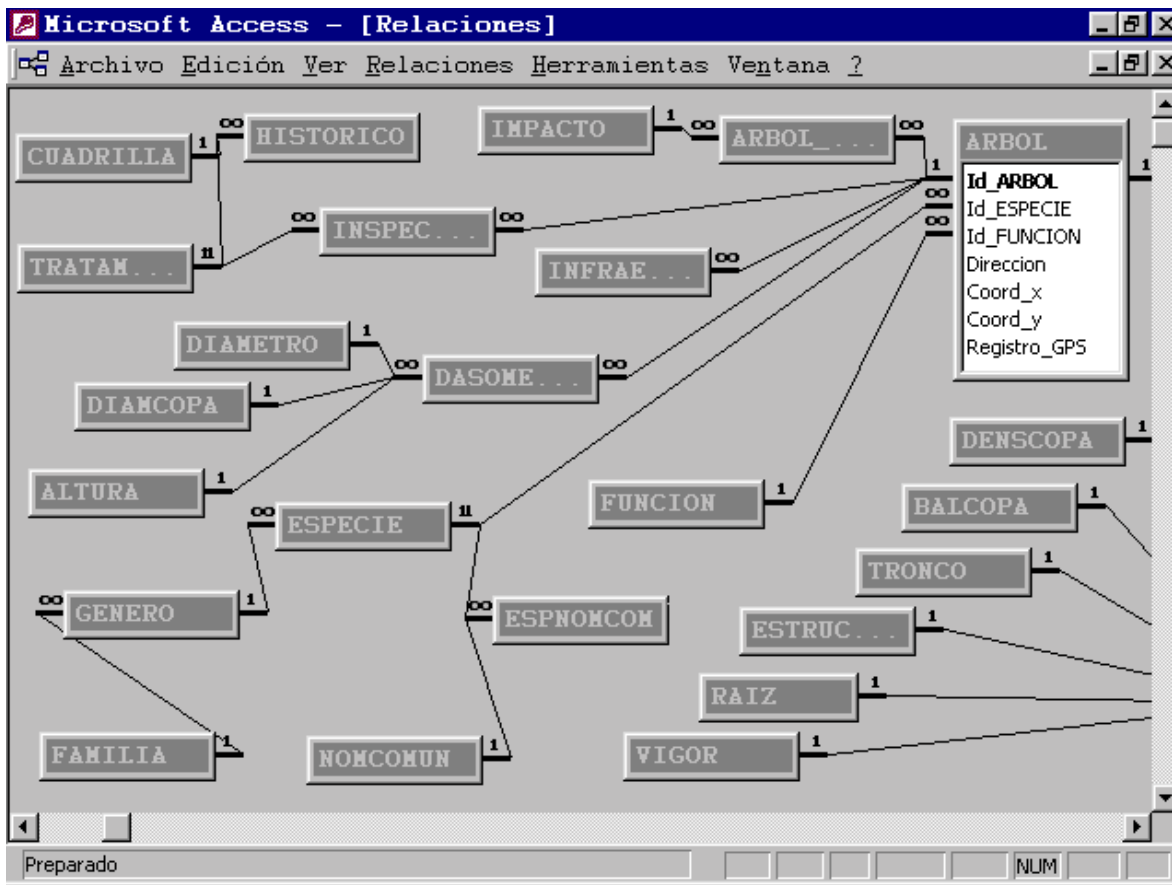


Figura 6. Ventana de Access mostrando parte del modelo entidad – relación.

La base de datos fue cargada con los datos del inventario realizado en la zona de estudio; se efectuaron diferentes tipos de consulta con el fin de probar su funcionalidad y para responder a las expectativas de los usuarios planteadas en los requerimientos de información. Por ejemplo, la Figura 7 enseña la ventana de

una consulta acerca del impacto ambiental ocasionado a los árboles.

Id_ARI	Impacto	Descripcion_impacto
1	vandalismo	vandalismo: incendios, talas, desmoches, cinchamiento
1	obstrucciones aéreas	obstrucciones aéreas: edificios, cables, anuncios, otras plantas
2	vandalismo	vandalismo: incendios, talas, desmoches, cinchamiento
2	plagas	plagas y/o enfermedades
3	obstrucciones aéreas	obstrucciones aéreas: edificios, cables, anuncios, otras plantas
3	vandalismo	vandalismo: incendios, talas, desmoches, cinchamiento
3	plagas	plagas y/o enfermedades
4	suelos	problemas de suelos: contaminantes, alteración y escombros bajo la co
4	plagas	plagas y/o enfermedades
5	vandalismo	vandalismo: incendios, talas, desmoches, cinchamiento
5	plagas	plagas y/o enfermedades
5	obstrucciones aéreas	obstrucciones aéreas: edificios, cables, anuncios, otras plantas
6	suelos	problemas de suelos: contaminantes, alteración y escombros bajo la co
6	vandalismo	vandalismo: incendios, talas, desmoches, cinchamiento
6	plagas	plagas y/o enfermedades
7	plagas	plagas y/o enfermedades
7	vandalismo	vandalismo: incendios, talas, desmoches, cinchamiento
7	suelos	problemas de suelos: contaminantes, alteración y escombros bajo la co
7	obstrucciones aéreas	obstrucciones aéreas: edificios, cables, anuncios, otras plantas
8	vandalismo	vandalismo: incendios, talas, desmoches, cinchamiento

Figura 7. Consulta en Access sobre el impacto ambiental a los árboles.

La Figura 8 es una ventada capturada mostrando el diseño de un formulario para registrar todos los datos relacionados con la historia de los tratamientos aplicados al árbol y que eventualmente permitirá realizar una alimentación del sistema.

No nos hemos detenido en el análisis de la información en sí, debido a que los

datos proceden de una zona de estudio que solo se tomó como prueba piloto para realizar el trabajo del inventario. Además porque este resultado se mostrará en la aplicación gráfica. Sin embargo, las figuras permiten observar la funcionalidad del modelo.

Id_HISTORICO	
Id_ARBOL	4
Id_TRATAMIENTO	1
Id_CUADRILLA	1
Ejecut/Recomen	derribo
Fecha_intervencion	02/11/00
Observacion	12 HORAS

Registro: 1 de 4

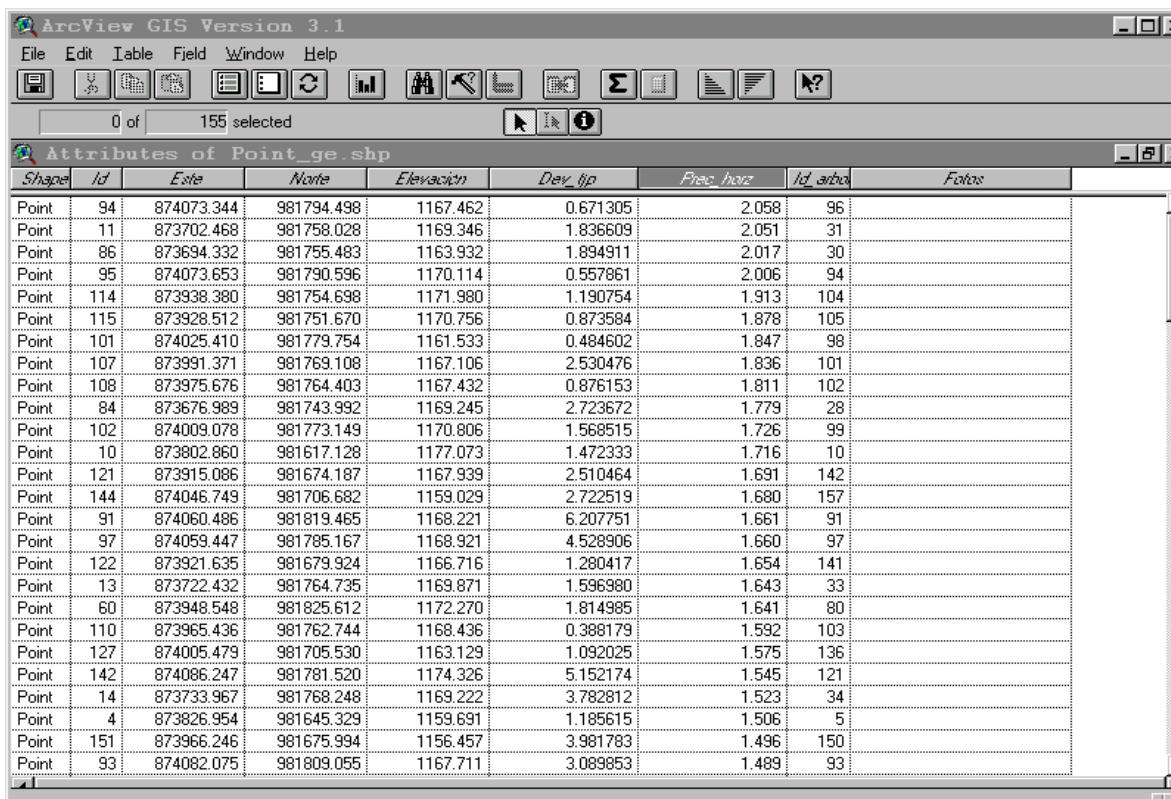
Vista Formulario

Figura 8. Ventana capturada de un formulario de Access.

4.2 GEORREFERENCIACIÓN

4.2.1 GPS

Los resultados de la corrección diferencial arrojan los mayores errores en precisión horizontal de 2.058 m, cuando se ordenaron de mayor a menor en la tabla de atributos de los puntos georreferenciados, como se puede observar en una ventana capturada de ArcView de la Figura 9.



Shape	Id	Este	Norte	Elevación	Dev. tip	Prec. horiz	Id. arbo	Fotos
Point	94	874073.344	981794.498	1167.462	0.671305	2.058	96	
Point	11	873702.468	981758.028	1169.346	1.836609	2.051	31	
Point	86	873694.332	981755.483	1163.932	1.894911	2.017	30	
Point	95	874073.653	981790.596	1170.114	0.557861	2.006	94	
Point	114	873938.380	981754.638	1171.980	1.190754	1.913	104	
Point	115	873928.512	981751.670	1170.756	0.873584	1.878	105	
Point	101	874025.410	981779.754	1161.533	0.484602	1.847	98	
Point	107	873991.371	981769.108	1167.106	2.530476	1.836	101	
Point	108	873975.676	981764.403	1167.432	0.876153	1.811	102	
Point	84	873676.989	981743.992	1169.245	2.723672	1.779	28	
Point	102	874009.078	981773.149	1170.806	1.568515	1.726	99	
Point	10	873802.860	981617.128	1177.073	1.472333	1.716	10	
Point	121	873915.086	981674.187	1167.939	2.510464	1.691	142	
Point	144	874046.749	981706.682	1159.029	2.722519	1.680	157	
Point	91	874060.486	981819.465	1168.221	6.207751	1.661	91	
Point	97	874059.447	981785.167	1168.921	4.528906	1.660	97	
Point	122	873921.635	981679.924	1166.716	1.280417	1.654	141	
Point	13	873722.432	981764.735	1169.871	1.596980	1.643	33	
Point	60	873948.548	981825.612	1172.270	1.814985	1.641	80	
Point	110	873965.436	981762.744	1168.436	0.368179	1.592	103	
Point	127	874005.479	981705.530	1163.129	1.092025	1.575	136	
Point	142	874086.247	981781.520	1174.326	5.152174	1.545	121	
Point	14	873733.967	981768.248	1169.222	3.782812	1.523	34	
Point	4	873826.954	981645.329	1159.691	1.185615	1.506	5	
Point	151	873966.246	981675.994	1156.457	3.981783	1.496	150	
Point	93	874082.075	981809.055	1167.711	3.089853	1.489	93	

Figura 9. Ventana captura de ArcView mostrando los resultados de la corrección diferencial del GPS.

Sin embargo, y pesar de estos errores bajos en el geoposicionamiento, se observó que algunos puntos quedaron hasta 2.5 m afuera del límite de las manzanas, lo que probablemente se deba a las interferencias de la copa que obligaron a retirarse del tronco cuando se efectuaron las observaciones.

4.2.2 Método de cartografía análoga

Los puntos digitalizados con el módulo arcedit de ArcInfo 3.5, a partir de su transferencia al mapa base, se enseñan en la Figura 10.

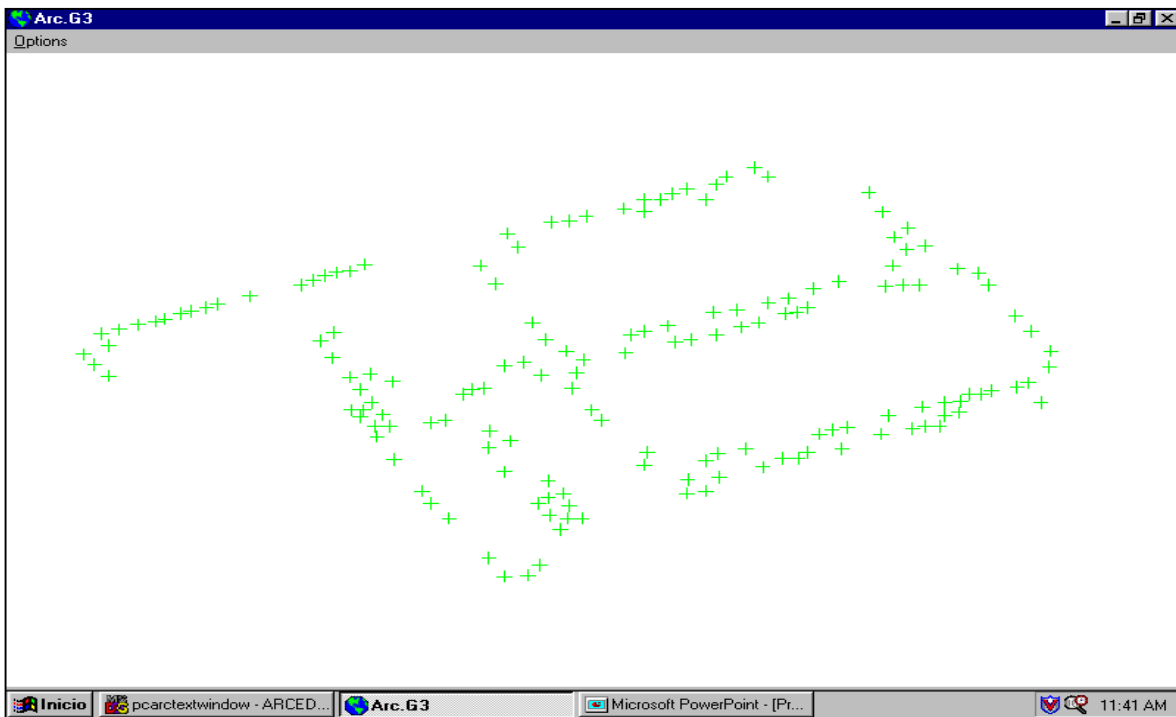


Figura 10. Ventana capturada de ArcInfo mostrando los puntos digitalizados.

Al comparar la localización de estos puntos con los posicionados con el GPS, observamos que difieren en la misma (Figura 11). Esto se debe a que para la digitalización no se logró utilizar un segundo original o papel de seguridad estable (película transparente o cronoflex), que aseguran mínima distorsión y por consiguiente una precisión aceptable ($RMS < 0.003$).

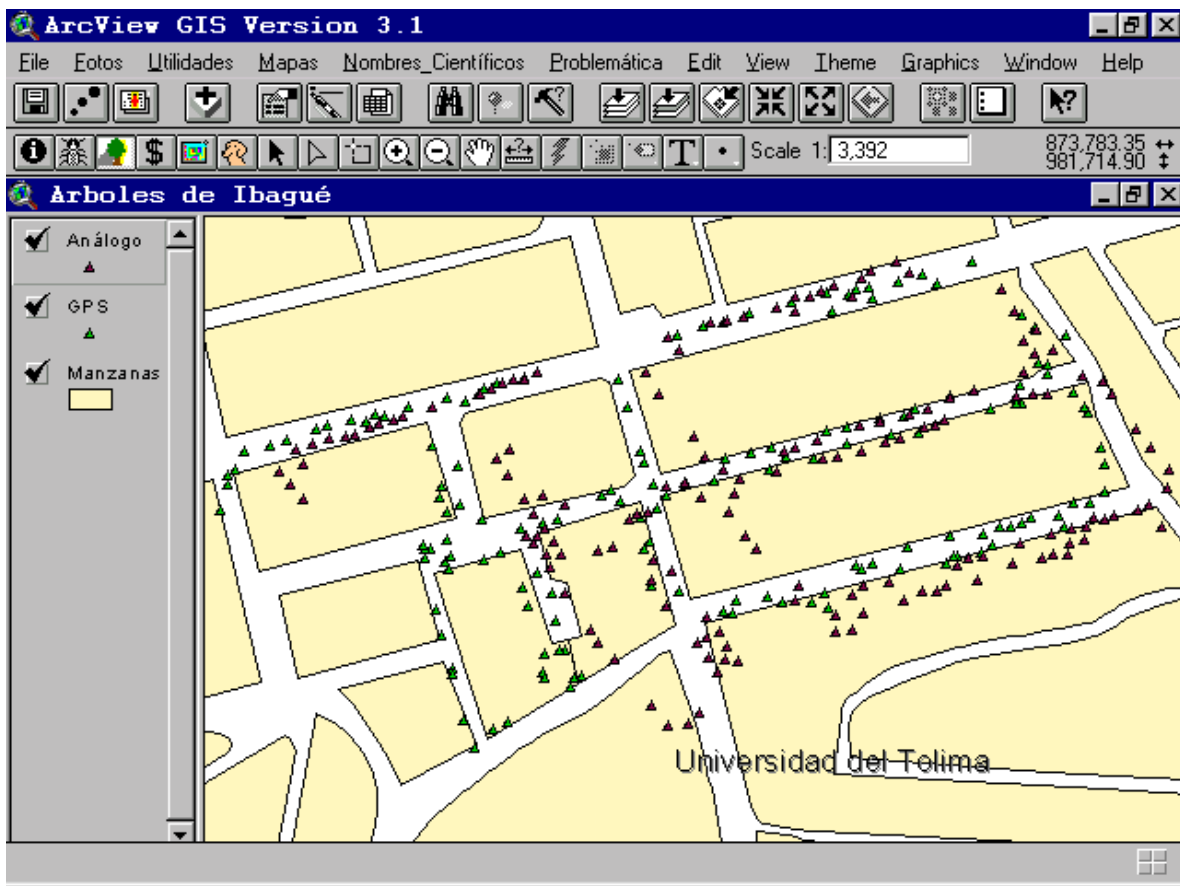


Figura 11. Comparación de los puntos posicionados con GPS y los digitalizados a partir de un mapa base. Obsérvese el desplazamiento hacia la derecha de los puntos digitalizados, de color rojo.

4.2.3 Método de fotografía digital

La fotografía escaneada sometida al proceso de georreferenciación se observa en la Figura 12.

Para 15 puntos de control en la fotografía se obtuvo un RMS de 5.59 m, empleando la transformación lineal cuadrática mediante el método del “vecino más cercano”. En el Anexo D se presenta el resumen de los resultados del análisis.

No se dispuso de un mapa digital de la zona a nivel de predio, por lo que se dificultó la toma de puntos de control para la georreferenciación de la fotografía, al igual que la evaluación de la exactitud de posición.

Este método quedó inconcluso al no llevar a cabo la digitalización de los árboles con la fotografía georreferenciada y posteriormente la producción de la tabla de coordenadas.

Sin embargo, este método resulta ser el más práctico para el geoposicionamiento de los árboles, puesto que la fotografía aérea, una vez georreferenciada, es más fácil de interpretar y también de localizar la copa de los árboles.

4.3 INTERFASE GRÁFICA

Para la parte gráfica del sistema de información se empleó el software ArcView versión 3.1, donde se cargó el archivo de los puntos obtenidos con el GPS, luego de su conversión al formato shp (propio de ArcView); de esta manera se creó el tema de los árboles en la vista. Se empleó como cobertura urbana un mapa digital a nivel de manzanas de la ciudad de Ibagué en formato dwg a escala 1:15000.

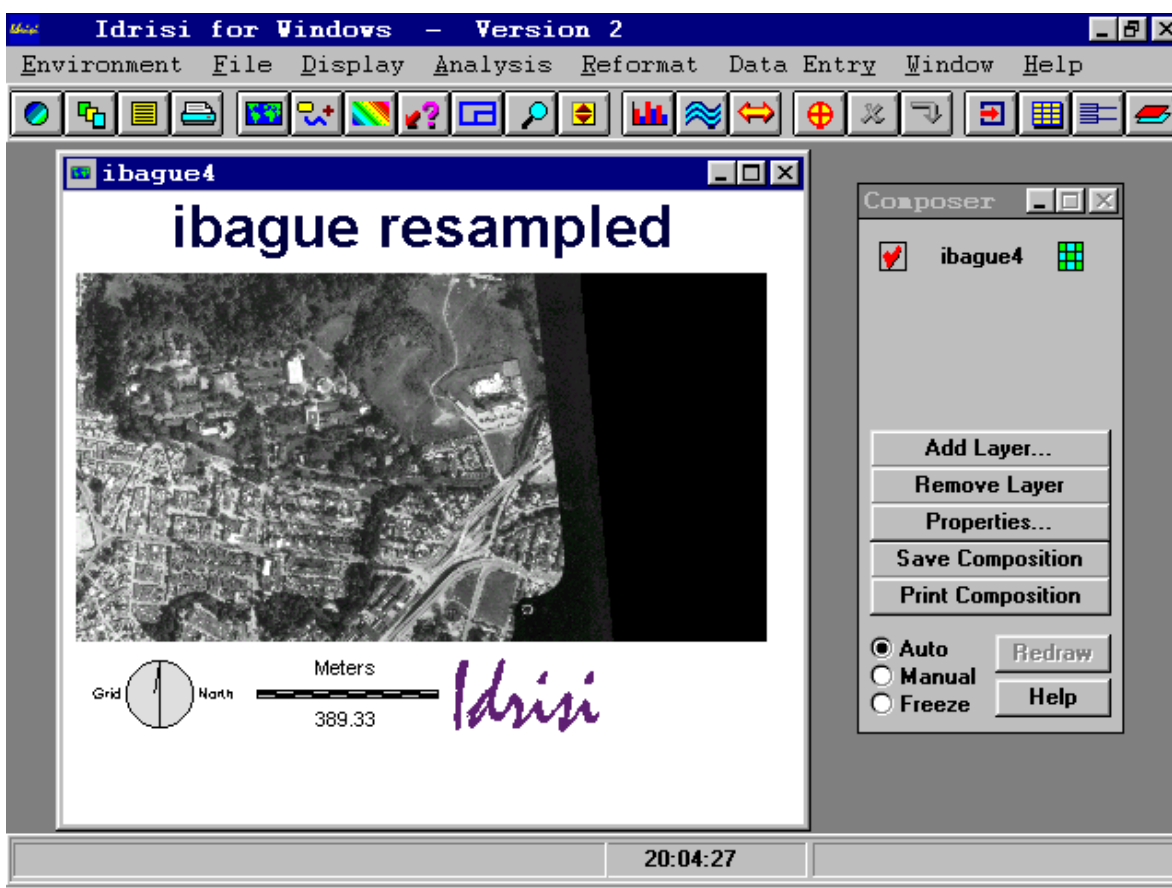
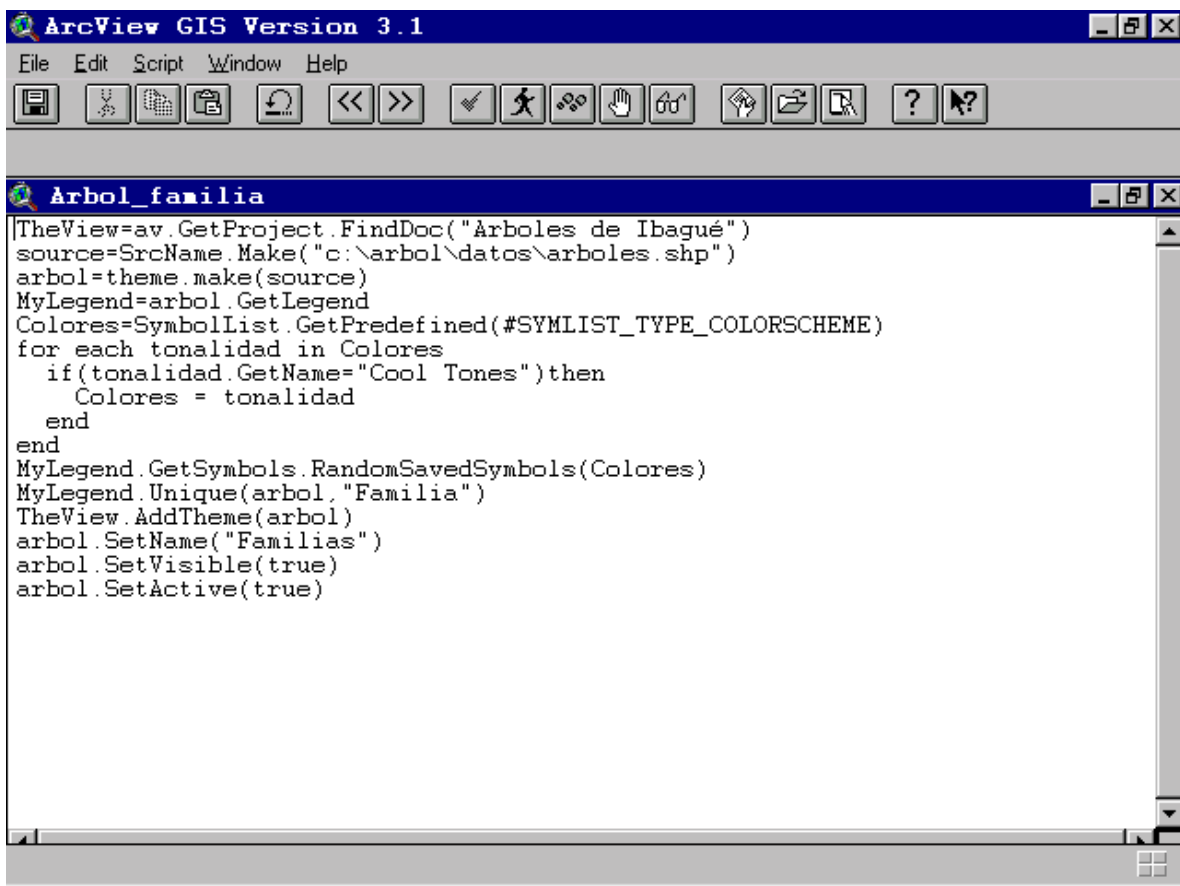


Figura 12. Ventana captura de Idrisi mostrando la fotografía georreferenciada.

Para el diseño de la interfase entre la base de datos y el programa ArcView, se trabajó con programación Avenue en la elaboración de diferentes scripts que permiten la ejecución de las aplicaciones. Por ejemplo, la Figura 13 enseña un script elaborado para agrupar los árboles de acuerdo a la familia taxonómica a la que pertenecen. Así, el resultado es la visualización de los árboles en diferentes colores, según la familia, como se enseña en la Figura 14.

The image shows a screenshot of the ArcView GIS Version 3.1 interface. The main window is titled 'Arbol_familia' and contains an Avenue script. The script is written in a plain text font and is as follows:

```
TheView=av.GetProject.FindDoc("Arboles de Ibagué")
source=SrcName.Make("c:\arbol\datos\arboles.shp")
arbol=theme.make(source)
MyLegend=arbol.GetLegend
Colores=SymbolList.GetPredefined(#SYMLIST_TYPE_COLORSCHEME)
for each tonalidad in Colores
  if(tonalidad.GetName="Cool Tones")then
    Colores = tonalidad
  end
end
MyLegend.GetSymbols.RandomSavedSymbols(Colores)
MyLegend.Unique(arbol,"Familia")
TheView.AddTheme(arbol)
arbol.SetName("Familias")
arbol.SetVisible(true)
arbol.SetActive(true)
```

The ArcView window has a menu bar with 'File', 'Edit', 'Script', 'Window', and 'Help'. Below the menu bar is a toolbar with various icons for file operations, navigation, and editing. The script window has a standard Windows-style title bar and a scroll bar on the right side.

Figura 13. Ventana de ArcView mostrando el script para una aplicación relacionada con la taxonomía de los árboles.

De esta manera podemos analizar que en la zona de estudio predomina la familia de las Bignoniaceae (donde se encuentra el ocobo), en un 50%. Este resultado nos permite decir que en esta zona se infringe la norma de la Arboricultura de que no debe haber más de un 30% de árboles de la misma familia, para garantizar menor susceptibilidad a la incidencia de plagas y/o enfermedades.

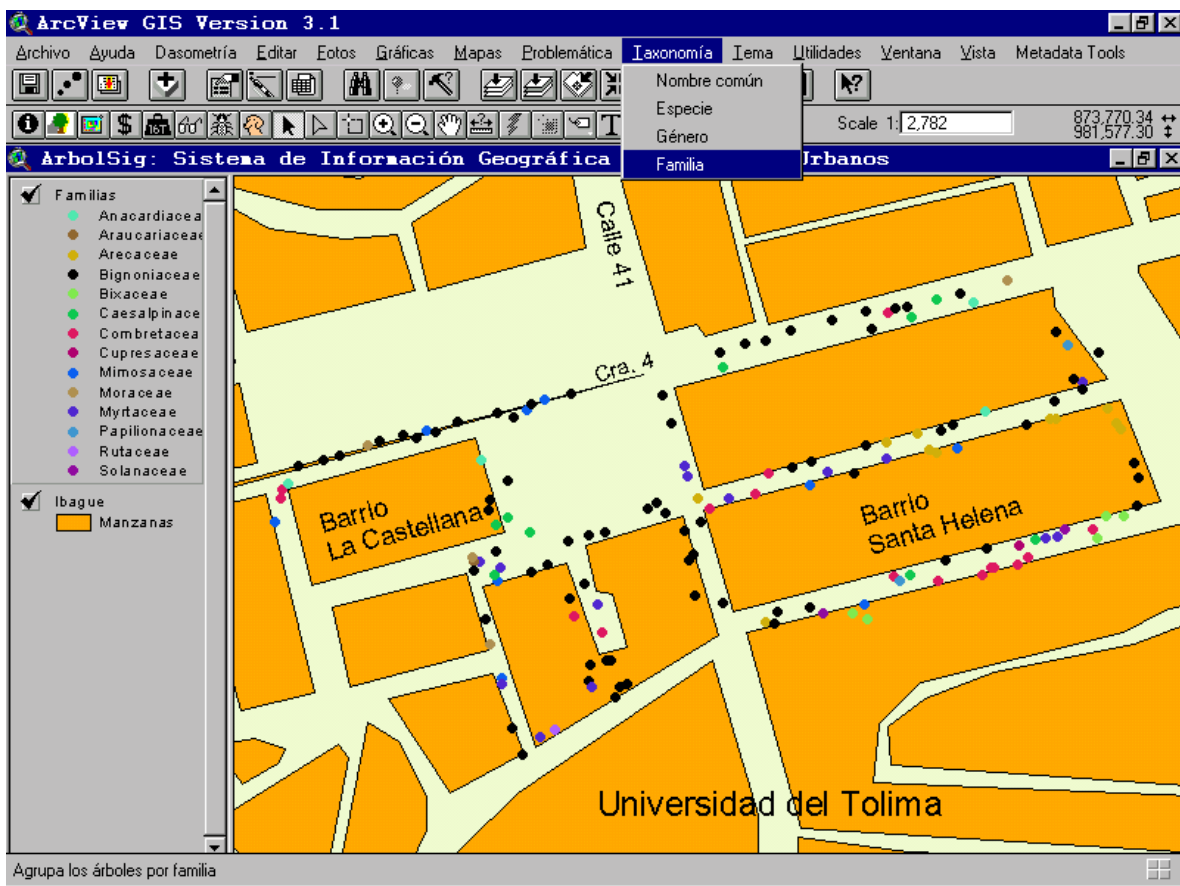


Figura 14. Ventana de ArcView mostrando la clasificación por familia taxonómica. Obsérvese la familia Bignoniaceae con puntos de color negro.

También se diseñaron diferentes botones y herramientas para personalizar el programa, haciendo de esta manera más fácil y práctica su utilización por el usuario para manipular la base de datos y obtener información acerca de por ejemplo: las medidas dasométricas de los árboles, su función y valor, tratamiento recomendados, impacto ambiental, etc. Otras aplicaciones que se desarrollaron trabajan en línea con la base de datos al lograr traer los registros y presentarlos gráficamente mediante la elaboración de diferentes tipos de mapas como: condición de salud, impacto ambiental e historia de los árboles, principalmente.

La Figura 15, es un mapa que expresa la condición de salud de los árboles. Para encontrar este indicador de salud se tuvo que trabajar con la base de datos en el cálculo del Id_SALUD, resultado de sumar los Id correspondientes a: estructura, vigor, raíz, tronco, densidad y balance de copa. Mediante el empleo de una tabla (ver Anexo C) se logró categorizar la salud de los árboles en: excelente, buena, media y pobre, de acuerdo al rango en que cayera cada sumatoria. De tal modo, además del mapa de salud, el análisis nos dice que el 66% del arbolado goza de salud buena y excelente, mientras aproximadamente un 10% (15 árboles) se encuentra en pobre condición de salud, debido a diferentes factores, que demandan su derribo.

Por otra parte, las fotografías que acompañan a la aplicación, permiten mostrar al interesado cuáles son los problemas más importantes que afectan a los árboles (estructurales, raíces e interferencia de los cables), que requieren atención con diferentes prácticas arborícolas.

La aplicación también cuenta con una extensión para la elaboración del Metadato Geográfico, de acuerdo a la FGDC (Federal Geographic Data Committee), que facilita al usuario el conocimiento inmediatamente de toda información relacionada con el proyecto, sin tener que desplazarse a otros archivos.

Por último, se elaboró el Metadato Geográfico a nivel detallado para todo el proyecto, de acuerdo a la Norma Técnica Colombiana (NTC 4611 – versión 2) (ver Anexo E).

Un resumen de este informe se presentará en la página web de la Universidad del Tolima, Departamento del Tolima, Colombia (www.ut.edu.co) y la del autor (<http://members.spree.com/education/danielrivas/>).

5. CONCLUSIONES

- a) Las pruebas con el modelo lógico y el diccionario de datos, hechas al crear la base de datos geográfica (ArcView – Access), permitieron comprobar el diseño propuesto.
- b) Los métodos para el geoposicionamiento de los árboles son de fácil utilización y su precisión varía dependiendo de los materiales cartográficos y el equipo disponible.
- c) El sistema de información geográfica ArbolSig fue optimizado por la interfase entre el programa ArcView y Access, permitiendo y potenciando la manipulación y el análisis de datos geográficos del árbol urbano.

6. RECOMENDACIONES

- a) El modelo propuesto debe ser revisado y ajustado continuamente tanto en su parte temática como lógica, con el fin de que se adecue a la realidad cambiante de la administración de los árboles urbanos en el lugar donde se implemente.
- b) La interfase gráfica propuesta es un primer acercamiento al desarrollo de un sistema de información geográfica para los árboles. Se requiere continuar trabajando en el mejoramiento y ampliación de sus aplicaciones.
- c) Trabajar interdisciplinariamente entre los profesionales de la arboricultura y los especialistas de los sistemas de información, garantiza el desarrollo y mejoramiento de ArbolSig.
- d) Emplear el material cartográfico apropiado cuando se requiera emplear otras técnicas de georreferenciación diferentes al GPS.
- e) ArbolSig: Sistema de Información Geográfica para Árboles Urbanos, puede ser implementado para la administración de los datos relacionados con el inventario en un centro de población.
- f) Es importante la vinculación de este proyecto con los aspectos del espacio público contemplados en los Planes de Ordenamiento Territorial (POT).

BIBLIOGRAFÍA

ADKINS, R., KUHNS, D. AND BLOOD, M. Urban forest resource management at Hill Air Force Base. En Journal of Arboriculture. Ogden, Utah. Vol. 23, No. 4. 1997; 136 – 143.

BLONJARZ, D. AND RYAN, D. The use of volunteer initiatives in conducting urban forest resource inventories. En Journal of Arboriculture. USA. Vol. 22, No. 2. 1996; p. 75 – 82.

CHACALO, A.; ALDAMA, A. AND GRAVINSKY, J. Street tree inventory in Mexico City. en Journal of Arboriculture. USA. Vol. 4, No. 20. 1994; p. 222 – 225.

DWYER, M. AND MILLER, R. Using GIS to assess urban tree canopy benefits and surrounding greenspace distributions. En Journal of Arboriculture. USA. Vol. 25, No. 2. 1999; p. 102 – 107.

GOODWIND, D.W. A street tree inventory for Massachusetts using a geographic information system. En Journal of Arboriculture. USA. Vol. 22, No. 1. 1996; p. 19 – 28.

HITCHINGS, D.R. Prontuario de dasonomía urbana. Arizona: Land Department. 1980; 37 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Tesis y otros trabajos de grado. Bogotá: ICONTEC., 1996. 132 p. NTC. 1486.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Modelo de datos urbano. Catálogo de objetos y catálogo de símbolos CS -2000. versión 1.0. 1996; p. 65.

KANE, B. AND RYAN, D. Locating trees using a geographic information system and the global positioning system. En Journal of Arboriculture. USA. Vol. 24, No. 3. 1999; p. 135 – 143.

MCPHERSON, G.; SIMPSON J.; PEPPER P. AND XIAO G. Benefit – cost analysis of Modesto's municipal urban forest. En Journal of Arboriculture. USA. Vol. 5, No. 25. 1999; p. 235 – 248.

OLIG, G. AND MILLER, R. Street tree inventory software. En USDA Forest Service

urban forestry for the Midwestern states. USA. 1999; 152 p.

PHILLIPS, L. Urban trees. A guide for selection, maintenance, and master planing. New York: McGraw-Hill, Inc., 1993; 273 p.

RIVAS, D., ARÉVALO, G. Y MEZA, J.L. Inventario y diagnóstico de áreas arboladas urbanas. En memorias del X encuentro de investigadores de la Preparatoria Agrícola de la UACH. México. 1999, p. 26.

RODRÍGUEZ, W. Y HERRERA, W. Sistema de información geográfica para el mantenimiento de los árboles – SIGMA. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, 2000; 50 p.

TRIMBLE NAVIGATION LIMITED. Sistemas cartográficos. Referencia general. Sunnyvale, CA: Commercial systems group. 1997; p. 20.

ANEXOS

ANEXO A
MODELO LÓGICO

NOMBRE DE LA RELACION: ARBOLES

ENCABEZADO: {(Id_ARBOL: 1 =< Id_ARBOL =< 999999), (Fecha: 01/01/2000 =< Fecha: =< 31/12/3000), (Dirección: A =< Dirección =< zzzzzz zzzz), (Altura: 3.0 =< Altura =< 45.0), (DN: 5 =< DN =< 500), (Diamcopa: 1.0 =< Diamcopa =< 99.9),(Coord_X: 800000.0000 =< Coord_X =< 1500000.0000), (Coord_Y: 800000.0000 =< Coord_Y =< 1500000.0000)}

LLP {Id_ARBOL}

NOMBRE DE LA RELACION: ESPECIE

ENCABEZADO: {(Id_ESPECIE: 1 =< Id_ESPECIE=< 999), (Nom_comun: A =< Nom_comun =< zzzzzz zzzz), (Genero: A =< Genero =< zzzzzz zzzz), (Especie: A =< Especie =< zzzzzz zzzz), (Familia: A =< Familia =< zzzzzz zzzz), (Foto: A =< Foto =< zzzzzz zzzz)
LLP {Id_ESPECIE}

NOMBRE DE LA RELACION: IMPACTO

ENCABEZADO: {(Id_IMPACTO: 1 =< Id_IMPACTO =< 6), (Imp_amb: A =< Imp_amb =< zzzzzz zzzz)}

LLP {Id_IMPACTO}

NOMBRE DE LA RELACION: HISTORIA

ENCABEZADO: {(Id_HISTORIA: 1 =< Id_HISTORIA =< 9999), (Observacion: A =< Observacion =< zzzzzz zzzz), (Fecha: 01/01/2000 =< Fecha =< 31/12/3000)}

LLP {Id_HISTORIA}

NOMBRE DE LA RELACION: TRATAMIENTO

ENCABEZADO: {(Id_TRATAMIENTO: 1 =< Id_TRATAMIENTO =< 13), (Tratamiento: A =< Tratamiento =< zzzzzz zzzz)}

LLP {Id_TRATAMIENTO}

NOMBRE DE LA RELACION: CUADRILLA

ENCABEZADO: {(Id_CUADRILLA: 1 =< Id_CUADRILLA=< 1000000), (Comp._cuadr: A =< Comp._cuadr =< zzzzzz zzzz), (Tipo_vinculacion: A =< Tipo_vinculación =< zzzzzz zzzz)}

LLP {Id_CUADRILLA}

NOMBRE DE LA RELACION: FUNCION

ENCABEZADO: {(Id_FUNCION: 1 =< Id_FUNCION =< 5), (Funcion: A =< Funcion =< zzzzz zzzz), (Ubicación: A =< Ubicación =< zzzzz zzzz)}

LLP {Id_FUNCION}

NOMBRE DE LA RELACION: DENSCOPA

ENCABEZADO: {(Id_DENSCOPA: 1 =< Id_DENSCOPA =< 4), (Denscopa: A =< Denscopa =< zzzzz zzzz), (%claridad: 0 =< %claridad =< 100)}

LLP {Id_DENSCOPA}

NOMBRE DE LA RELACION: BALCOPA

ENCABEZADO: {(Id_BALCOPA: 1 =< Id_BALCOPA=< 3), (Balcopa: A =< Balcopa =< zzzzz zzzz)}

LLP {Id_BALCOPA}

NOMBRE DE LA RELACION: TRONCO

ENCABEZADO: {(Id_TRONCO: 1 =< Id_TRONCO =< 5), (Cond_tronco: A =< Cond_tronco =< zzzzz zzzz)}

LLP{Id_TRONCO}

NOMBRE DE LA RELACION: ESTRUCTURA

ENCABEZADO: {(Id_ESTRUCTURA: 1 =< Id_ESTRUCTURA =< 5), (Estructura: A =<

Estructura =< zzzzzz zzzz}

LLP {Id_ESTRUCTURA}

NOMBRE DE LA RELACION: RAIZ

ENCABEZADO: {(Id_RAIZ: 1 =< Id_RAIZ =< 4), (Cond_raiz: A =< Cond_raiz =< zzzzz zzzz)}

LLP {Id_RAIZ}

NOMBRE DE LA RELACION: VIGOR

ENCABEZADO: {(Id_VIGOR: 1 =< Id_VIGOR =< 4), (Vigor: A =< Vigor =< zzzzz zzzz)}

LLP {Id_VIGOR}

NOMBRE DE LA RELACION: ARBOLES_DENSCOPA

ENCABEZADO: {(Id_ARBOL: 1 =< Id_ARBOL =< 999999), (Fecha: 01/01/2000 =< Fecha: =< 31/12/3000), (Altura: 3.0 =< Altura =< 45.0), (Dirección: A =< Dirección =< zzzzzz zzzz), (DN: 5 =< DN =< 500), (Diamcopa: 1.0 =< Diamcopa =< 99.9),(Coord_X: 800000.0000 =< Coord_X =< 1500000.0000), (Coord_Y: 800000.0000 =< Coord_Y =< 1500000.0000), (Id_DENSCOPA: 1 =< Id_DENSCOPA =< 4)}

LLP {Id_ARBOL, Id_DENSCOPA}

LLF {Id_DENSCOPA}

NOMBRE DE LA RELACION: ARBOLES_BALCOPA

ENCABEZADO: {(Id_ARBOL: 1 =< Id_ARBOL =< 999999), (Fecha: 01/01/2000 =< Fecha: =< 31/12/3000), (Dirección: A =< Dirección =< zzzzzz zzzz), (Altura: 3.0 =< Altura =< 45.0), (DN: 5 =< DN =< 500), (Diamcopa: 1.0 =< Diamcopa =< 99.9),(Coord_X: 800000.0000 =< Coord_X =< 1500000.0000), (Coord_Y: 800000.0000 =< Coord_Y =< 1500000.0000), (Id_BALCOPA: 1 =< Id_BALCOPA=< 3)}

LLP {Id_ARBOL, Id_BALCOPA}

LLF {Id_BALCOPA}

NOMBRE DE LA RELACION: ARBOLES_TRONCO

ENCABEZADO: {(Id_ARBOL: 1 =< Id_ARBOL =< 999999), (Fecha: 01/01/2000 =< Fecha: =< 31/12/3000), (Dirección: A =< Dirección =< zzzzzz zzzz), (Altura: 3.0 =< Altura =< 45.0), (DN: 5 =< DN =< 500), (Diamcopa: 1.0 =< Diamcopa =< 99.9),(Coord_X: 800000.0000 =< Coord_X =< 1500000.0000), (Coord_Y: 800000.0000 =< Coord_Y =< 1500000.0000), (Id_TRONCO: 1 =< Id_TRONCO =< 5)}

LLP {Id_ARBOL, Id_TRONCO}

LLF {Id_TRONCO}

NOMBRE DE LA RELACION: ARBOLES_RAIZ

ENCABEZADO: {(Id_ARBOL: 1 =< Id_ARBOL =< 999999), (Fecha: 01/01/2000 =< Fecha: =< 31/12/3000), (Dirección: A =< Dirección =< zzzzzz zzzz), (Altura: 3.0 =< Altura =< 45.0), (DN: 5 =< DN =< 500), (Diamcopa: 1.0 =< Diamcopa =< 99.9),(Coord_X: 800000.0000 =< Coord_X =< 1500000.0000), (Coord_Y: 800000.0000 =< Coord_Y =< 1500000.0000), (Id_RAIZ: 1 =< Id_RAIZ =< 4)}

LLP {Id_ARBOL, Id_RAIZ}

LLF {Id_RAIZ}

NOMBRE DE LA RELACION: ARBOLES_VIGOR

ENCABEZADO: {(Id_ARBOL: 1 =< Id_ARBOL =< 999999), (Fecha: 01/01/2000 =< Fecha: =< 31/12/3000), (Dirección: A =< Dirección =< zzzzzz zzzz), (Altura: 3.0 =< Altura =< 45.0), (DN: 5 =< DN =< 500), (Diamcopa: 1.0 =< Diamcopa =< 99.9),(Coord_X: 800000.0000 =< Coord_X =< 1500000.0000), (Coord_Y: 800000.0000 =< Coord_Y =< 1500000.0000), (Id_VIGOR: 1 =< Id_VIGOR =< 4)}

LLP {Id_ARBOL, Id_VIGOR}

LLF {Id_VIGOR}

NOMBRE DE LA RELACION: ARBOLES_ESTRUCTURA

ENCABEZADO: {(Id_ARBOL: 1 =< Id_ARBOL =< 999999), (Fecha: 01/01/2000 =< Fecha: =< 31/12/3000), (Dirección: A =< Dirección =< zzzzzz zzzz), (Altura: 3.0 =< Altura =< 45.0), (DN: 5 =< DN =< 500), (Diamcopa: 1.0 =< Diamcopa =< 99.9),(Coord_X: 800000.0000 =< Coord_X =< 1500000.0000), (Coord_Y: 800000.0000 =< Coord_Y =< 1500000.0000), (Id_ESTRUCTURA: 1 =< Id_ESTRUCTURA =< 5)}

LLP {Id_ARBOL, Id_ESTRUCTURA}

LLF {Id_ESTRUCTURA}

NOMBRE DE LA RELACION: ARBOLES_FUNCION

ENCABEZADO: {(Id_ARBOL: 1 =< Id_ARBOL =< 999999), (Fecha: 01/01/2000 =< Fecha: =< 31/12/3000), (Dirección: A =< Dirección =< zzzzzz zzzz), (Altura: 3.0 =< Altura =< 45.0), (DN: 5 =< DN =< 500), (Diamcopa: 1.0 =< Diamcopa =< 99.9),(Coord_X: 800000.0000 =< Coord_X =< 1500000.0000), (Coord_Y: 800000.0000 =< Coord_Y =< 1500000.0000), (Id_FUNCION: 1 =< Id_FUNCION =< 5)}

LLP {Id_ARBOL, Id_FUNCION}

LLF {Id_FUNCION}

NOMBRE DE LA RELACION: ARBOLES_TRATAMIENTO

ENCABEZADO: {(Id_ARBOL: 1 =< Id_ARBOL =< 999999), (Fecha: 01/01/2000 =< Fecha: =< 31/12/3000), (Dirección: A =< Dirección =< zzzzzz zzzz), (Altura: 3.0 =< Altura =< 45.0), (DN: 5 =< DN =< 500), (Diamcopa: 1.0 =< Diamcopa =< 99.9),(Coord_X: 800000.0000 =< Coord_X =< 1500000.0000), (Coord_Y: 800000.0000 =< Coord_Y =< 1500000.0000), (Id_TRATAMIENTO: 1 =< Id_TRATAMIENTO =< 13)}

LLP {Id_ARBOL, Id_TRATAMIENTO}

LLF {Id_TRATAMIENTO}

NOMBRE DE LA RELACION: ARBOLES_IMPACTO

ENCABEZADO: {(Id_ARBOL: 1 =< Id_ARBOL =< 999999), (Fecha: 01/01/2000 =< Fecha: =< 31/12/3000), (Dirección: A =< Dirección =< zzzzzz zzzz),

(Altura: 3.0 =< Altura =< 45.0), (DN: 5 =< DN =< 500), (Diamcopa: 1.0 =< Diamcopa =< 99.9),(Coord_X: 800000.0000 =< Coord_X =< 1500000.0000), (Coord_Y: 800000.0000 =< Coord_Y =< 1500000.0000), (Id_IMPACTO: 1 =< Id_IMPACTO =< 6)}

LLP {Id_ARBOL, Id_IMPACTO}

LLF {Id_IMPACTO}

NOMBRE DE LA RELACION: ARBOLES_ESPECIE

ENCABEZADO: {(Id_ARBOL: 1 =< Id_ARBOL =< 999999), (Fecha: 01/01/2000 =< Fecha: =< 31/12/3000), (Dirección: A =< Dirección =< zzzzzz zzzz), (Altura: 3.0 =< Altura =< 45.0), (DN: 5 =< DN =< 500), (Diamcopa: 1.0 =< Diamcopa =< 99.9),(Coord_X: 800000.0000 =< Coord_X =< 1500000.0000), (Coord_Y: 800000.0000 =< Coord_Y =< 1500000.0000), ((Id_ESPECIE: 1 =< Id_ESPECIE =< 9999))}

LLP {Id_ARBOL, Id_ESPECIE}

LLF {Id_ESPECIE}

NOMBRE DE LA RELACION: HISTORIA_TRATAMIENTO

ENCABEZADO: { (Id_HISTORIA: 1 =< Id_HISTORIA =< 9999), (Observacion: A =< Observacion =< zzzzzz zzzz), (Fecha: 01/01/2000 =< Fecha =< 31/12/3000), (Id_TRATAMIENTO: 1 =< Id_TRATAMIENTO =< 13)}

LLP { Id_HISTORIA, Id_TRATAMIENTO}

LLF {Id_TRATAMIENTO}

NOMBRE DE LA RELACION: HISTORIA_CUADRILLA

ENCABEZADO: { (Id_HISTORIA: 1 =< Id_HISTORIA =< 9999), (Observacion: A =< Observacion =< zzzzzz zzzz), (Fecha: 01/01/2000 =< Fecha =< 31/12/3000), (Id_CUADRILLA: 1 =< Id_CUADRILLA=< 1000000)}

LLP {Id_HISTORIA, Id_CUADRILLA}

LLF {Id_CUADRILLA}

ANEXO B

DICCIONARIO DE DATOS

FECHA : Mes: 09 Día: 04 Año: 2000			No. Página: 01		No. Hojas: 01	
INFORMACIÓN GENERAL SOBRE LA ENTIDAD						
Nombre: ARBOL			Nombre Tabla: T_ARBOL			
Definición: planta perenne cuyo tronco forma su copa a mayor o menor altura.						
Geometría de la entidad: PUNTO						
Criterio de registro: Todos los árboles en calles, camellones, aceras, parques y jardines						
Restricciones: Especies arbustivas y las arbóreas menores de 3 metros de altura						
CARACTERIZACION DE LA ENTIDAD ATRIBUTOS Y DOMINIOS						
ATRIBUTO	DESCRIPCION	TIPO	TAMAÑO	DOMINIO		
Id_ARBOL	Código del árbol	Numérico	6	De 1 a 9999		
Fecha	Fecha de toma de la información	Fecha	10	De 01/01/ 2000 a 31/12/3000		
Direccion	Calle (Cl) o Carrera (Kr) y #	Caracter	50	De A hasta zzzzz zz		
Altura	Altura total del árbol en metros	Numérico	4	De 3.0 a 45.0		
DN	Diámetro del tronco a 1.3 m del piso expresado en cm	Numérico	4	De 5 a 500		
Diamcopa	Diámetro de la copa en m	Numérico	4	De 1.0 a 99.9		
Coord_X	Coordenada plana Este del árbol, referida al origen Gauss Central	Numérico	12	De 800000 a 1500000.0000		
Coord_Y	Coordenada plana Norte del árbol, referida al origen Gauss Central	Numérico	12	De 800000 a 1500000.0000		

FECHA : Mes: 09 Día: 04 Año: 2000			No. Página: 01		No. Hojas: 01	
INFORMACIÓN GENERAL SOBRE LA ENTIDAD						
Nombre: ESPECIE			Nombre Tabla: T_ESPECIE			
Definición: Nombre común y científico del árbol (género, especie y familia)						
Geometría de la entidad:						
Criterio de registro: Todos los árboles en calles, camellones, aceras, parques y jardines						
Restricciones: Especies arbustivas y las arbóreas menores de 3 metros de altura						
CARACTERIZACION DE LA ENTIDAD ATRIBUTOS Y DOMINIOS						
ATRIBUTO	DESCRIPCION	TIPO	TAMAÑO	DOMINIO		
Id_ESPECIE	Código de la especie	Numérico	5	De 1 a 999		
Nom_comun	Nombre común de la especie	Caracter	30	De A hasta ZZZZZZ		
Genero	Genero taxonómico	Caracter	10	De A hasta ZZZZZZ		
Especie	Especie taxonómica	Caracter	10	De A hasta ZZZZZZ		
Familia	Familia taxonómica	Caracter	15	De A hasta ZZZZZZ		
Foto	Fotografía del specimen	Caracter	50	De A hasta ZZZZZ		

FECHA : Mes: 09 Día: 04 Año: 2000			No. Página: 02		No. Hojas: 01	
INFORMACIÓN GENERAL SOBRE LA ENTIDAD						
Nombre: FUNCION			Nombre Tabla: T_FUNCION			
Definición: Clase de función ambiental del árbol con base en un instructivo						
Geometría de la entidad:						
Criterio de registro: Todos los árboles en calles, camellones, aceras, parques y jardines						
Restricciones: Especies arbustivas y las arbóreas menores de 3 metros de altura						
CARACTERIZACION DE LA ENTIDAD ATRIBUTOS Y DOMINIOS						
ATRIBUTO	DESCRIPCION	TIPO	TAMAÑO	DOMINIO		
Id_FUNCION	Clase de función del árbol	Numérico	1	De 1 a 5		
Funcion	Descripción de la función del árbol	Caracter	15	De A hasta ZZZZZZ		
Ubicacion	Lugar donde se encuentra el árbol	Caracter	30	De A hasta ZZZZZZ		

FECHA : Mes: 09 Día: 04 Año: 2000			No. Página: 02		No. Hojas: 01	
INFORMACIÓN GENERAL SOBRE LA ENTIDAD						
Nombre: ESTRUCTURA			Nombre Tabla: T_ESTRUCTURA			
Definición: Condición de la arquitectura o andamiaje del árbol con base en un instructivo						
Geometría de la entidad:						
Criterio de registro: Todos los árboles en calles, camellones, aceras, parques y jardines						
Restricciones: Especies arbustivas y las arbóreas menores de 3 metros de altura						
CARACTERIZACION DE LA ENTIDAD ATRIBUTOS Y DOMINIOS						
ATRIBUTO	DESCRIPCION	TIPO	TAMAÑO	DOMINIO		
Id_ESTRUCTURA	Indice de estructura del árbol	Numérico	1	De 1 a 5		
Estructura	Descripción de la estructura del árbol	Caracter	150	De A hasta ZZZZZZ		

FECHA : Mes: 09 Día: 04 Año: 2000		No. Página: 03		No. Hojas: 01	
INFORMACIÓN GENERAL SOBRE LA ENTIDAD					
Nombre: DENSCOPA			Nombre Tabla: T_DENSCOPA		
Definición: Claridad a trasluz de la copa expresada en porcentaje con base en un instructivo					
Geometría de la entidad:					
Criterio de registro: Todos los árboles en calles, camellones, aceras, parques y jardines					
Restricciones: Especies arbustivas y las arbóreas menores de 3 metros de altura					
CARACTERIZACION DE LA ENTIDAD ATRIBUTOS Y DOMINIOS					
ATRIBUTO	DESCRIPCION	TIPO	TAMAÑO	DOMINIO	
Id_DENSCOPA	Indice de densidad del follaje de la copa del árbol	Numérico	1	De 1 a 4	
Denscopa	Descripción de la densidad de la copa del árbol	Caracter	10	Muy rala – rala – menos rala - densa	
%claridad	Porcentaje de claridad de la copa	Caracter	10	De A hasta ZZZZZZ	

FECHA : Mes: 09 Día: 04 Año: 2000		No. Página: 03		No. Hojas: 01	
INFORMACIÓN GENERAL SOBRE LA ENTIDAD					
Nombre: BALCOPA			Nombre Tabla: T_BALCOPA		
Definición: Balance o equilibrio de la copa del árbol con relación a la vertical					
Geometría de la entidad:					
Criterio de registro: Todos los árboles en calles, camellones, aceras, parques y jardines					
Restricciones: Especies arbustivas y las arbóreas menores de 3 metros de altura					
CARACTERIZACION DE LA ENTIDAD ATRIBUTOS Y DOMINIOS					
ATRIBUTO	DESCRIPCION	TIPO	TAMAÑO	DOMINIO	
Id_BALCOPA	Indice del balance de la copa del árbol	Numérico	1	De 1 a 3	
Balcopa	Descripción del balance de la copa del árbol	Caracter	25	Seriamente desbalanceada	

FECHA : Mes: 09 Día: 04 Año: 2000			No. Página: 04		No. Hojas: 01	
INFORMACIÓN GENERAL SOBRE LA ENTIDAD						
Nombre: VIGOR			Nombre Tabla: T_VIGOR			
Definición: Condición fitosanitaria general del árbol con base en un instructivo						
Geometría de la entidad:						
Criterio de registro: Todos los árboles en calles, camellones, aceras, parques y jardines						
Restricciones: Especies arbustivas y las arbóreas menores de 3 metros de altura						
CARACTERIZACION DE LA ENTIDAD ATRIBUTOS Y DOMINIOS						
ATRIBUTO	DESCRIPCION	TIPO	TAMAÑO	DOMINIO		
Id_VIGOR	Indice de condición de vigor del árbol	Numérico	1	De 1 a 4		
Vigor	Descripción del vigor del árbol	Caracter	200	De A hasta ZZZZZZ		

FECHA : Mes: 09 Día: 04 Año: 2000			No. Página: 04		No. Hojas: 01	
INFORMACIÓN GENERAL SOBRE LA ENTIDAD						
Nombre: TRONCO			Nombre Tabla: T_TRONCO			
Definición: Condición física y fitosanitaria del tronco del árbol con base en un instructivo						
Geometría de la entidad:						
Criterio de registro: Todos los árboles en calles, camellones, aceras, parques y jardines						
Restricciones: Especies arbustivas y las arbóreas menores de 3 metros de altura						
CARACTERIZACION DE LA ENTIDAD ATRIBUTOS Y DOMINIOS						
ATRIBUTO	DESCRIPCION	TIPO	TAMAÑO	DOMINIO		
Id_TRONCO	Indice de la condición del tronco del árbol	Numérico	1	De 1 a 5		
Cond_tronco	Descripción de la condición física y sanitaria del tronco del árbol	Caracter	250	De A hasta ZZZZZZ		

FECHA : Mes: 09 Día: 04 Año: 2000			No. Página: 05		No. Hojas: 01	
INFORMACIÓN GENERAL SOBRE LA ENTIDAD						
Nombre: RAIZ			Nombre Tabla: T_RAIZ			
Definición: Condición de la zona de influencia y de las raíces mismas del árbol con base en un instructivo						
Geometría de la entidad:						
Criterio de registro: Todos los árboles en calles, camellones, aceras, parques y jardines						
Restricciones: Especies arbustivas y las arbóreas menores de 3 metros de altura						
CARACTERIZACION DE LA ENTIDAD ATRIBUTOS Y DOMINIOS						
ATRIBUTO	DESCRIPCION	TIPO	TAMAÑO	DOMINIO		
Id_RAIZ	Índice de condición de la raíz del árbol	Númérico	1	De 1 a 4		
Cond_raiz	Descripción de la condición de la raíz del árbol	Caracter	150	De A hasta ZZZZZZ		

FECHA : Mes: 09 Día: 04 Año: 2000			No. Página: 05		No. Hojas: 01	
INFORMACIÓN GENERAL SOBRE LA ENTIDAD						
Nombre: IMPACTO			Nombre Tabla: T_IMPACTO			
Definición: Observaciones son el impacto ambiental sobre el árbol con base en una tabla						
Geometría de la entidad:						
Criterio de registro: Todos los árboles en calles, camellones, aceras, parques y jardines						
Restricciones: Especies arbustivas y las arbóreas menores de 3 metros de altura						
CARACTERIZACION DE LA ENTIDAD ATRIBUTOS Y DOMINIOS						
ATRIBUTO	DESCRIPCION	TIPO	TAMAÑO	DOMINIO		
Id_IMPACTO	Número del impacto	Númérico	1	De 1 a 6		
Imp_amb	Nombre de los tipos de impacto sobre el árbol	Caracter	100	De A hasta ZZZZZZ		

FECHA : Mes: 09 Día: 04 Año: 2000			No. Página: 06		No. Hojas: 01	
INFORMACIÓN GENERAL SOBRE LA ENTIDAD						
Nombre: TRATAMIENTO			Nombre Tabla: T_TRATAMIENTO			
Definición: Práctica de mantenimiento a ejecutar al árbol con base en la inspección del mismo						
Geometría de la entidad:						
Criterio de registro: Todos los árboles en calles, camellones, aceras, parques y jardines						
Restricciones: Especies arbustivas y las arbóreas menores de 3 metros de altura						
CARACTERIZACION DE LA ENTIDAD ATRIBUTOS Y DOMINIOS						
ATRIBUTO	DESCRIPCION	TIPO	TAMAÑO	DOMINIO		
Id_TRATAMIENTO	Número de tratamiento a aplicar con base en una tabla	Numérico	2	De 1 a 13		
Tratamiento	Nombre del tratamiento a aplicar al árbol	Caracter	60	De A hasta ZZZZZZ		

FECHA : Mes: 09 Día: 04 Año: 2000			No. Página: 06		No. Hojas: 01	
INFORMACIÓN GENERAL SOBRE LA ENTIDAD						
Nombre: HISTORIA			Nombre Tabla: T_HISTORIA			
Definición: Seguimiento o historial de los tratamientos aplicados al árbol						
Geometría de la entidad:						
Criterio de registro: Todos los árboles en calles, camellones, aceras, parques y jardines						
Restricciones: Especies arbustivas y las arbóreas menores de 3 metros de altura						
CARACTERIZACION DE LA ENTIDAD ATRIBUTOS Y DOMINIOS						
ATRIBUTO	DESCRIPCION	TIPO	TAMAÑO	DOMINIO		
Id_HISTORIA	Código del tratamiento	Numérico	6	De 1 a 9999		
Observacion	Descripción del tratamiento arboricultural aplicado	Caracter	150	De A hasta ZZZZZZ		
Fecha	Fecha del tratamiento	Fecha	10	De 01/01/ 2000 a 31/12/3000		

FECHA : Mes: 09 Día: 04 Año: 2000			No. Página: 07		No. Hojas: 01	
INFORMACIÓN GENERAL SOBRE LA ENTIDAD						
Nombre: CUADRILLA			Nombre Tabla: T_CUADRILLA			
Definición: Personal encargado de realizar el tratamiento al árbol						
Geometría de la entidad:						
Criterio de registro: Todos los árboles en calles, camellones, aceras, parques y jardines						
Restricciones: Especies arbustivas y las arbóreas menores de 3 metros de altura						
CARACTERIZACION DE LA ENTIDAD ATRIBUTOS Y DOMINIOS						
ATRIBUTO	DESCRIPCION	TIPO	TAMAÑO	DOMINIO		
Id_CUADRILLA	Código de la cuadrilla	Numérico	8	De 1 a 1000000		
Comp_cuadr	Nombre de los integrantes de la cuadrilla	Caracter	200	De A hasta ZZZZZZ		
Tipo_vinculacion	Clase de relación contractual	Caracter	200	De A hasta ZZZZZZ		

ANEXO C

FORMULARIOS Y TABLAS PARA EL INVENTARIO

ANEXO D

RESUMEN DEL ANÁLISIS DE LA GEORREFERENCIACIÓN DE LA FOTOGRAFÍA AÉREA DE LA ZONA DE ESTUDIO

RESUMEN DE LA TRANSFORMACIÓN LINEAL CUADRÁTICA
MEDIANTE EL MÉTODO DEL VECINO MÁS CERCANO

Resample : Summary of Transformation

Computed polynomial surface : Linear (based on 15 control points)

Coefficient	X	Y
b0	3227174.2905263602700000	-3396525.1905826777200000
b1	0.2877009507173192	3.5286227138089732
b2	-3.5419273294083240	0.3205649191621518

Note : Figures are carried internally to 20 significant figures.
Formula shown is the back transformation (new to old).

Control points used in the transformation :

Old X	Old Y	New X	New Y	Residual
1282.430000	538.300000	873532.990000	981720.860000	omitted
1363.780000	533.520000	873534.020000	981701.990000	omitted
1305.160000	881.660000	873625.550000	981728.900000	4.064692
1251.320000	808.690000	873604.370000	981741.780000	2.419098
1281.230000	1013.270000	873665.530000	981738.940000	8.652295
1102.970000	1707.160000	873852.290000	981805.130000	5.839359
1563.580000	1829.190000	873898.450000	981680.200000	8.874689
1335.260000	1790.650000	873882.750000	981741.000000	1.722834
1561.910000	1828.040000	873899.410000	981678.510000	0.263976
1589.950000	1785.980000	873890.040000	981668.090000	8.314039
1503.500000	1587.360000	873830.200000	981690.170000	2.672458
1442.740000	1538.290000	873815.270000	981705.100000	1.463284
1085.230000	3138.910000	874255.980000	981841.190000	3.280078
911.640000	117.200000	873399.290000	981817.620000	omitted
663.470000	475.040000	873496.130000	981899.530000	0.665346
670.170000	512.370000	873507.050000	981899.530000	4.250774
786.940000	726.760000	873567.940000	981876.870000	omitted
922.850000	725.800000	873571.760000	981829.900000	10.362895
1119.050000	788.010000	873594.970000	981781.300000	omitted
915.190000	1670.460000	873840.170000	981857.210000	6.417850

Overall RMS = 5.593970

Note : RMS Error is expressed in output map units.
With low RMS errors, be careful that an adequate sample exists
(eg. 2-3 times the mathematical min).

Fuente: Idrisi

ANEXO E

METADATO GEOGRÁFICO DETALLADO DEL PROYECTO

