

# Determinación de dióxido de carbono en parques de la ciudad de Bucaramanga

Oscar Darío Guarín Villamizar

José Antonio Delgado

Omar Enrique Suanch

Nadia Fernanda Mantilla

Silvia Paola Gualdrón

María Consuelo Moreno

Recibido: noviembre de 2013

Aceptado: mayo de 2014

56 ▶ 70

## RESUMEN

Los árboles prestan un sin número de servicios ambientales aún no cuantificados, también almacenan biomasa que es la fracción biodegradable de los productos, los desechos y residuos procedentes de la agricultura, la silvicultura y de las industrias conexas (incluidas las sustancias de origen animal), así como la fracción biodegradable de los residuos industriales y municipales (European Commission. 1997). Este proyecto plantea como objetivo determinar la biomasa y absorción de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en parques urbanos que sirven de sumideros de (CO<sub>2</sub>) del municipio de Bucaramanga para mitigar la contaminación causada por el parque automotor, de igual manera definir si la masa arbórea de los parques en estudio crece de una manera natural o forzada, calcular de manera exploratoria una función logarítmica en base en las mediciones realizadas para extrapolación alométrica, Determinar el número de individuos con diámetros de altura de pecho mayores de 150cm, dando respuesta así a un problema puntual de nuestra comunidad al no presentarse estudios anteriores de este tipo. El proyecto formula las actividades necesarias que se inician con una articulación

\* Magister en consultoría y gestión ambiental CEPES México, Químico UIS, Docente-Investigador Universidad de Santander. Programa de Ingeniería Ambiental. e-mail: oguarin@udes.edu.co

de información y apoyo por parte de instituciones relacionadas con el tema como la academia en cabeza de la Universidad de Santander (UDES) y el sector público con la Alcaldía de Bucaramanga, luego una recopilación de información primaria y secundaria acompañadas del desarrollo de jornadas y procesos de educación ambiental. Se destaca el levantamiento inicial de un diagnóstico actualizado, que permite el planteamiento de alternativas para determinación de biomasa y caracterización arbórea viables y oportunas para las condiciones locales.

**Palabras clave:** Biomasa, dióxido de carbono, parques urbanos, Bucaramanga.

---

### ABSTRACT

---

Trees provide a number of environmental services that have not been quantified yet. They also stored biomass that is the biodegradable fraction of products, waste and residues from agriculture, forestry and allied industries (including animal products), well as the biodegradable fraction of industrial and municipal waste (European Commission., 1997). This project aims to determine the biomass and the absorbing of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) in urban parks that serve of sinks of (CO<sub>2</sub>) in the Bucaramanga municipality to mitigate pollution caused by vehicle fleet. Similarly, define whether the arboreal mass of the parks studied grows out in a natural or forced way. Calculate in a exploratory way, a logarithmic function based on the measurements made to allometric extrapolation. Determine the number of individuals with diameters above height 150cm chest, responding to a punctual problem of our community due to there were not studies of this type. The project makes the necessary activities that are started with a joint information and support from institutions related with the topic like the University de Santander (UDES) and the public sector with the Mayor of Bucaramanga. Then, a primary and secondary information collection accompanied of the development of workshops and environmental education processes. The initial lifting of an update diagnosis which allows the approach of alternatives for determining biomass and the arboreal characterization viable and appropriate for local conditions is emphasized.

**Keywords:** Biomass, carbon dioxide, urban parks, Bucaramanga.

## Introducción

**E**l aumento de las acciones antropogénicas en las ciudades ha llevado a un incremento de la contaminación, por consiguiente, se hace necesario buscar alternativas costo-efectivas de disminución de esta. Los estudios de vegetación urbana por ejemplo, permitirían determinar el rol de las plantas en la disminución de los niveles de CO<sub>2</sub> atmosférico y de partículas contaminantes. En nuestro caso, tanto en el municipio de Bucaramanga (Colombia) ni su área metropolitana (AMB) se conoce el nivel de la contaminación del aire causado por moléculas perjudiciales para la salud humana generadoras de daños irreversibles en pulmones y sistema nervioso central (SHIMA M., 2000), las cuales están directamente relacionadas con el aumento del parque automotor y mitigado por la cantidad de carbono almacenado dentro de los árboles (biomasa). Además, no se ha generado un modelo matemático fiable que sirva de referente para determinar el rol de las plantas en la disminución de los niveles de contaminantes atmosféricos y de partículas como aspectos determinantes en la búsqueda de soluciones puntuales a esta grave problemática local.

La vegetación urbana se define como una agregación de vegetación y espacios verdes dentro de las ciudades y sus alrededores próximos, que proveen beneficios vitales para el mejoramien-

to de la calidad de vida de las personas (USDA Forest Service, 2003). También, queda definida como las plantas o árboles que se encuentran en parques, jardines, espacios públicos, calles, tanto en áreas comerciales como residenciales (California Air Resources Board, 2003). A su vez, estas pueden encontrarse en distintos espacios físicos:

- **Propiedades privadas:** referidas principalmente a jardines de carácter privado; estos pueden ser de casas, clubes privados, instituciones educacionales, entre otras. La distribución del tipo de vegetación es proporcionalmente similar entre los componentes herbáceas y arbustivas, menor participación presenta el componente arbóreo.
- **Calles:** corresponde a espacios públicos, ligados al cuidado de municipalidades o instituciones públicas. El tipo de vegetación predominante son los árboles, presentándose en una menor proporción arbustos y herbáceas.
- **Áreas Verdes Públicas y Privadas:** corresponde a plazas, parques, bandejones centrales, bosques y otros tipos de estructura similar. La proporción de participación es similar para todos los componentes. La distribución y cantidad de vegetación dentro de la ciudad depende del espacio disponible y como las personas eligen ocupar este vacío, ya sea con herbáceas, arbustos o

árboles (Rowntree, 1998). También depende de la planificación realizada por parte de las municipalidades, referente a la cantidad de espacios verdes a establecer y de qué calidad van a ser estas -jardines, plazas, parques, entre otras-

El Panel intergubernamental de especies arbóreas urbanas ha tratado el tema del cambio de uso de las tierras y forestería, como uno de las formas de mitigar el efecto invernadero, al emplear la capacidad de los árboles de fijar el dióxido de carbono y estudiar la vulnerabilidad de los mismos ante los cambios climáticos. Los estudios han demostrado que los árboles fijan  $\text{CO}_2$  al realizar la fotosíntesis y se convierte el carbono en celulosa y libera el Oxígeno, este carbono hace parte del 50 % en promedio de la biomasa de los árboles (48 – 52%) y se distribuye aproximadamente en promedio de la siguiente forma: 51 % en el tronco, 30 % en las ramas, 18 – 24 % en las raíces (15 – 20% en raíces con diámetro > 2 mm) y 3 % en el follaje.

### **Importancia de los árboles en la reducción de las emisiones de $\text{CO}_2$**

Los cálculos para almacenamiento de  $\text{CO}_2$  por parte de árboles individuales, son producto en su gran mayoría de la división de la biomasa total por hectárea por el número de árboles. En países tropicales con densidades iniciales a 1.000 árboles/ha y manejo adecuado, donde

al final del turno (25 años), llegan entre 200 y 300 árboles. Así mismo, se ha llegado a medir hasta 300 toneladas de madera, de tal forma que un árbol con un diámetro superior a 50 centímetros ha llegado a tener más de 2 toneladas de peso verde, si el 50 % es carbono, una tonelada de C equivale a 3.67 toneladas de  $\text{CO}_2$ , y el 50 % es agua. Entonces un solo árbol en 30 años puede fijar más de 3.67 toneladas de  $\text{CO}_2$  durante su periodo de vida. Para calcular entonces el  $\text{CO}_2$  fijado en los árboles, debe multiplicarse por 3.67, porque una molécula de carbono pesa 12gr/mol y una molécula de  $\text{CO}_2$  pesa 44 gr/mol, luego  $44/12 = 3.67$ , una tonelada de carbono fijada en un árbol equivale a fijar 3.67 toneladas de  $\text{CO}_2$ .

Son pocos los estudios realizados en los árboles urbanos, por ejemplo, Xiao en 1.998, realizó un estudio a la especie arbórea *Pyrus calleryana*, en Davis, (California), y encontró mayor biomasa foliar en la especie creciendo en lugares abiertos de la ciudad, comparado con árboles en los bosques ( $93 \text{ m}^2$  –  $187.6 \text{ m}^2$ ), se determinó que la fijación de  $\text{CO}_2$  por parte de los árboles depende de varias causas: tipo de especie, calidad del sitio -suelo, clima, topografía, manejo y cuidados. La mayor actividad de fijación de  $\text{CO}_2$  se presenta en la etapa vegetativa o de crecimiento de los árboles, en la etapa adulta y sobre madura la fijación se reduce llegando a cero. Cuando el árbol muere, se inicia un proceso de descomposición, el  $\text{CO}_2$  se libera volviendo a la atmósfera. De tal manera que si los árboles son longevos pueden

retener el dióxido de carbono por muchos años, manteniendo un flujo continuo, ya que con la muerte de un árbol en un parque urbano, este deja el espacio para que varios árboles jóvenes ocupen el lugar e inicien el proceso de captura nuevamente del CO<sub>2</sub> liberado, manteniendo un constante equilibrio natural.

## Metodología

### Enfoque Metodológico

La metodología que se utilizó en esta investigación es cuantitativa, cuyo alcance radica en la caracterización de las especies arbóreas, el cálculo de biomasa en ellas y la determinación del dióxido de carbono absorbido. La metodología cuantitativa es una estrategia de investigación que conceptualmente delimita propiedades de sus sujetos de estudio con el fin de asignarles números a las magnitudes, grados o tipo en que estos los poseen y que utiliza procedimientos estadísticos para resumir, manipular y asociar dichos números. (CERON, 2006, p. 38).

### Hipótesis Operativas

El seguimiento de los índices de biomasa/absorción de CO<sub>2</sub> (DAP, cobertura vegetal, humedad, temperatura, consumo de O<sub>2</sub>, y producción de CO<sub>2</sub>) permitirá hacer un estimativo sobre la efectividad de los parques urbanos como sumideros. Lo anterior, es sustentable porque durante el proceso de maduración de la biomasa se produce una disminución en peso de los residuos orgánicos

tratados, y en cada una de las etapas se producen cambios fisicoquímicos y biológicos de los mismos, conllevando a la formación de moléculas simples y asimilables. La medición de dichos cambios permite monitorear el grado de estabilidad alcanzado por los parques y determinar tiempos y coberturas óptimos para absorber el CO<sub>2</sub> emitido por el parque automotor del municipio de Bucaramanga.

De acuerdo a la eficiencia reportada en el proceso de cualificación y cuantificación respecto al consumo de CO<sub>2</sub> y emisión de dióxido de carbono es posible estimar su relación con la biomasa de cada parque en estudio por métodos matemáticos para generar respuesta a problemas generados por la contaminación del aire por compuestos tóxicos como el CO<sub>2</sub>.

### Población y muestra

Los ocho parques seleccionados para el estudio se hacen en torno a tres criterios primordiales:

- **Seguridad:** Es necesario que exista un CAI, o el acompañamiento por parte de la Policía Nacional de Colombia sea constante en el parque, tanto por la seguridad de los investigadores como la de los equipos.
- **Similitud:** Es importante que exista una relación entre las especies de árboles que se encuentran en los parques debido a su variedad en los mismos, de modo que permita el análisis de fijación de CO<sub>2</sub> para

luego poder identificar cuáles son las especies con mayor potencial fijador de carbono.

- **La Secretaria de Parques:** Esta es quien estipula los que realmente suponen ser parques y dan la autorización de cuáles pueden ser estudiados, por lo tanto ofrecieron su opinión acerca de los parques que consideraron que debían ser objeto de estudio.

### Muestra

$$n = (N * P * Q + N * (ES)^2) / P * Q + N * (ES)^2$$

$$n = (24 * 12 * (1-P) + 24 * 0.5^2) / 12 * (1-P) + 24 * 0.5^2$$

$$n = (24 * 12 * -11 + 24 * 0.5^2) / 12 * -11 + 24 * 0.5^2$$

$$n = (-3168 + 24 * 0.25) / -132 + 24 * 0.25$$

$$n = (-3144 * 0.25) / -108 * 0.25$$

$$n = 786 / 27$$

$$n = 29 \text{ árboles por parque}$$

### Etapas metodológicas

#### Documentación: Revisión bibliográfica.

#### Caracterización de la masa arbórea:

Se presenta la caracterización de la masa arbórea de los parques seleccionados en la ciudad de Bucaramanga. Tal caracterización se basa

en un método no destructivo para la determinación de biomasa y su posterior análisis en cálculo de CO<sub>2</sub> y comprendió la toma de DAP, HC, HT, nombre común, coordenadas y registro fotográfico

**Estimación de la biomasa:** La estimación de la biomasa obtenida en los parques estudiados, a partir de la ecuación alométrica de Brown y Lugo (1992), en la que se exigen las variables de Diámetro a la altura del pecho (DAP), la Altura Total (Ht) y la constante de la densidad básica de la madera. La cual según Brown y Lugo (1992) es 0.69 g/cm<sup>3</sup>. Éste último valor se obtuvo de un estudio realizado en dos áreas del bosque Amazónico reportado por Heinsdijk (1958) y Prance et al. (1976.) y que se referencia en el marco teórico.

**Cálculo de carbono y dióxido de carbono:** En este capítulo se presentan los resultados obtenidos de carbono y dióxido de carbono en los parques elegidos para el estudio; que se obtienen a partir de valores porcentuales ya estandarizados como lo manifiestan los autores

### Resultados y discusión

Para el cálculo el CO<sub>2</sub>, tenemos según Brown et al. (1.989) las estimaciones de biomasa a nivel regional, nacional o mundial no deberían basarse en pocas

parcelas de medición directa porque las muestras a esta escala no son representativas. En estas situaciones proponen utilizar la información de inventarios forestales los que logran suficiente cobertura de superficie para representar la población de interés. En este proyecto no fue posible la comparación histórica de datos por deficiencia y falta de los mismos en años anteriores. A partir de datos de inventarios forestales, se tienen dos diferentes métodos de cálculo de estimación de biomasa: el primero basado en ecuaciones matemáticas (ver ecuación 2) y el segundo en factores de expansión. Se aplica el primer método al contar con todos los datos necesarios (DAP, altura total y densidad básica de la madera) para aplicar la ecuación de estimación de biomasa más exacta descrita por Brown et al. (1989) de tipo exponencial y derivada para el bosque húmedo.

Ecuación 2, Dónde:

Bt = biomasa aérea total (kg)

e = base del logaritmo natural (2,718271)

d = diámetro a la altura del pecho o DAP (cm)

h = altura total del árbol (m)

$\delta$  = densidad básica de la madera ( $\text{g}/\text{cm}^3$  o  $\text{t}/\text{m}^3$ )

Es importante anotar que la ecuación de regresión fue modelada con las unidades anotadas (kg, cm, m y  $\text{t}/\text{m}^3$ ), por lo tanto éstas son las unidades de entrada para las variables de la ecuación. Si tenemos el DAP en metros se deberán convertir a centímetros. Igualmente, si deseamos el valor de biomasa en toneladas (t), convertiremos kilogramos (kg) a toneladas.

La cantidad de dióxido de carbono almacenado en los árboles depende de las especies de árboles, las condiciones ambientales de crecimiento, la edad del árbol (ver ecuación 3) y la densidad de los árboles circundantes. Para el propósito de esta investigación, las ecuaciones se utilizan para obtener una estimación promedio de vida de los árboles muestreados y se excluyen al carbono del suelo. Teniendo en cuenta que el 35% del peso de un árbol es agua y el peso seco (a 70 ° C) equivalente al 50% de un árbol es carbono (Jiménez et al, 2005). Además que el 20% de la biomasa de árboles es subterránea en las raíces se ha usado un factor de 120% (ver ecuaciones 3 y 4). Para determinar la cantidad equivalente de dióxido de carbono, se multiplica por un factor de 3,67.

$CO_2$  absorbido en cada árbol (kg) = Masa Arbórea (kg de biomasa fresca) x 65% (peso seco) x 50% (% de carbón) x 3.67 x 120% = X

Ecuación 3

$CO_2$  absorbido por árbol por año (kg) = X / edad del árbol (años)

*Ecuación 4*

El peso de un árbol también puede ser estimado utilizando los parámetros de volumen y de densidad de la madera (ver ecuación 4). En primer lugar se calcula el volumen del árbol; esto se puede hacer utilizando fórmulas para cualquiera de los árboles en forma de cono o en forma cilíndrica (Fuente: Snowdon et al, 2002) como sigue:

*Peso del árbol* (kg) = Volumen del árbol (m<sup>3</sup>) x densidad del tronco (kg/m<sup>3</sup>) donde, el volumen es (m<sup>3</sup>) = (Altura del árbol (m) x d<sup>2</sup> (m<sup>2</sup>) x 0.7854)/3 (para formas cónicas ejemplos: pinos)

Ecuación 4

*Altura del árbol* (m) x d<sup>2</sup> x 0.7854 (para formas cilíndricas, ejemplo: eucaliptos)

*Ecuación 5*

diámetro “d” se toma a la altura del pecho del árbol (1.3 m a nivel del suelo).

Se realizan las incursiones a los parques en estudio, para la toma de

datos experimentales, los materiales usados son cintas diamétricas de 10 m marca Forestry suppliers, hipsómetro digital marca Nikon, GPS marca Garmin, el método usado es no destructivo (ver tabla 1) el cual relaciona características de las especies arbóreas en ecuaciones alométricas para determinar la biomasa en las especies encontradas; se tuvo en cuenta los arbustos y tocones para determinar la cantidad de biomasa en cada parque urbano analizado.

Para la determinación de la biomasa en cada parque urbano en estudio se usó la ecuación de Brown et al. (1.989) citada por Dauber, E.; Terán, J. y Guzmán, R, en la tabla 1 se aprecian los resultados para el parque Benjamín Herrera y en la tabla 2 se observan los resultados obtenidos en la determinación del dióxido de carbono para la masa arbórea del parque las cigarras en la ciudad de Bucaramanga.

**TABLA 1.** Datos del Parque Benjamín Herrera. Bucaramanga.

Código	Nombre comun	Coordenadas	Hc	Cintura	Ht	Dap
1D	Arbusto	07° 06' 49"	0	NR	0,4	0
2D	Arbusto	07° 06' 49"	1,1	NR	1,94	0
3D	Arbusto	07° 06' 47"	1,2	NR	1,10	0
1E	Tocón	07° 06' 56,4"	0	NR	0	0
2E	Tocón	07° 06' 54,8"	0	NR	0	0
3E	Tocón	07° 06' 55,2"	0	NR	0	0
4E	Tocón	07° 06' 54,3"	0	NR	0	0



**TABLA 2 .**Calculo de CO<sub>2</sub> para especies arbóreas parque las Cigarras en Bucaramanga.

Lote	Código	Nombre común	Coordenadas	Ecuación dauber, e.; Terán, j. Y guzmán, r	Biomasa aérea total= bt kg	Co <sub>2</sub> en ton
1	19	Guanábana Annonamuricata	N 7° 6' 11"	9,216275371	10059,52646	16,2441233
			W 73° 7' 15"			
1	12	Palma de botella Hyophorbeverschaffeltii	N 7° 6' 12"	4,439530729	84,73516856	0,13683035
			W 73° 7' 16"			
1	55	Fabácea Rosidae	N 07° 06' 12,5"	2,98799622	19,84587586	0,03204712
			W 073° 07' 15,2"			
1	58	Guayacán rosado Tabebuia rosea (Bertol.)	N 07° 06' 12,8"	3,353935163	28,61511752	0,04620769
			W 073° 07' 15,2"			
1	64	Pomarroso Syzygium jambos	N 07° 06' 13,3"	2,830807282	16,95914612	0,02738563
			W 073° 07' 15,2"			
1	66	Tocón	N 07° 06' 13,7"	1,373890927	3,950692685	0,00637958
			W 073° 07' 15,1"			
1	36	Mamón Carica papaya	N 07° 06' 13"	2,143684903	0,117222094	0,00018929
			W 073° 07' 14"			
1	37	Palma de botella Hyophorbeverschaffeltii	N 07° 06' 13"	2,320361063	10,17934903	0,01643761
			W 073° 07' 13"			
1	69	Guayacán Tabebuiaaguayacan	N 07° 06' 12"	0,938860063	2,557064864	0,00412915
			W 073° 07' 14"			
1	38	Mango <i>Mangifera indica</i> L	N 07° 06' 12"	4,035749403	56,58530958	0,09137396
			W 073° 08' 15"			

**TABLA 3.** Resultados de 8 parques como sumideros de CO<sub>2</sub>

Parque	Total Arboles	Biomasa (Ton)	CO <sub>2</sub> (Ton)	Área masa arbórea (m <sup>2</sup> )
Cigarras	173	32,95	53,21	9526
San Pio	235	575,812	929,82	11100
Turbay	26	43,36	70,02	2296
San Francisco	43	13,22	21,35	4125
Benjamín Herrera	20	7,15	11,54	1394
Los periodistas	49	32,82	53	1904
García Rovira	78	87,54	141,36	1788
Concordia	50	6,16	9,95	---

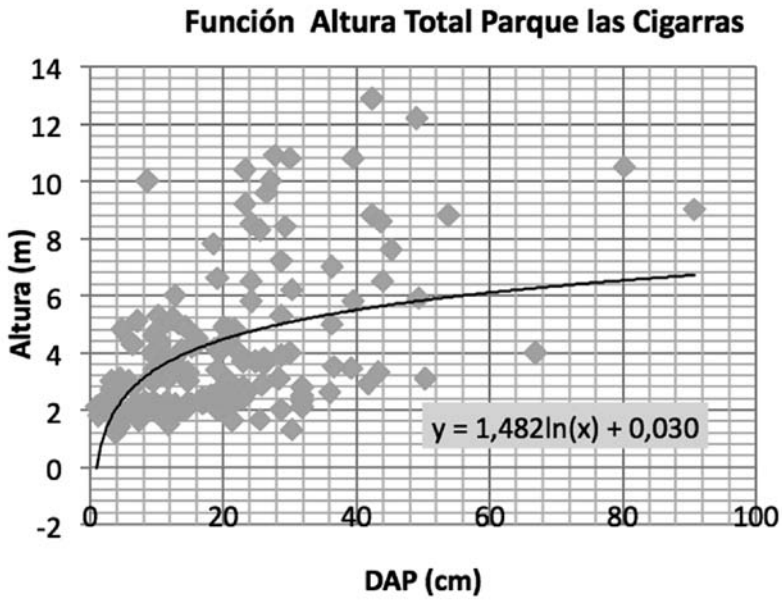
Con los datos anteriormente expuestos se realizan las funciones logarítmicas con los datos de altura total y de fuste relacionándolas con los diámetros de pecho respectivos obteniéndose relaciones significativas entre las variables en estudio, lo que corrobora que la ecuación empleada para determinar el dióxido de carbono es óptima en este caso. En la tabla 3 se observa el consolidado de ocho parques en lo referente a captura de dióxido de carbono.

Los árboles que se encuentran en el parque García Rovira, por ejemplo, corresponden a Palmas Reales. Estas palmas gracias a su altura, fácil cultivo

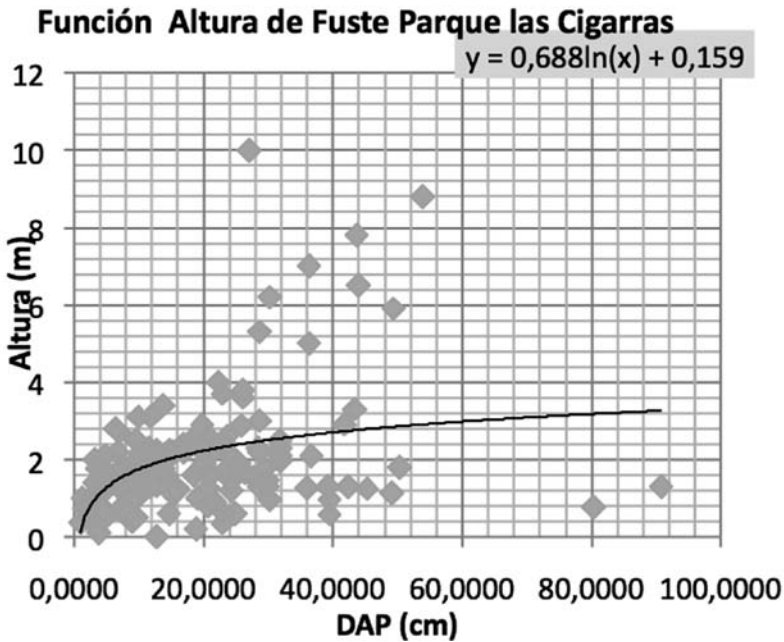
y elegancia se han utilizado con fines ornamentales en todo el mundo. Ellas se caracterizan porque llegan a medir hasta 25 metros de alto. Hay varios de los ejemplares más altos que se encuentran entre los 20 y 23 metros, es decir, están finalizando su vida útil. Por lo tanto, es necesario iniciar con estudios de compensación para éstos y otros árboles que ya han alcanzado su etapa adulta.

Otra importante recomendación, es la necesidad de plantar nuevos árboles en los sitios donde se encuentran los tocones quienes no están realizando ninguna labor positiva en cuanto a fija-

**GRÁFICA 1.** Función logarítmica HT (altura total) y DAP (diámetro de altura de pecho) parque las Cigarras.



**GRÁFICA 2.** Función logarítmica HC (altura comercial) y DAP parque las Cigarras.



ción de CO<sub>2</sub>. Claro ejemplo observado en el parque de las Cigarras.

Los resultados deducibles de las gráficas 1 y 2 muestran que la biomasa aérea del estrato arbóreo representa gran parte de la biomasa vegetal acumulada en los ocho parques urbanos y que actualmente existe dificultad e incertidumbre para cuantificar los otros componentes como son la biomasa subterránea- (raíces-, en descomposición -hojarasca, humus-, y herbácea. Para determinar la relación CO<sub>2</sub>/parque automotor se define la emisión vehicular como las sustancias lanzadas a la atmos-

fera por la fuentes de emisión -móviles en ruta o móviles fuera de ruta-, generando posteriormente una inmisión o concentración aérea de estos contaminantes (Gantuz y Puliafito, 2004). En la tabla 4 se describe el parque automotor del municipio de Bucaramanga, datos tomados de la dirección de tránsito local al mes de mayo del presente año.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> en las ciudades afectan negativamente la salud humana (HAQ, 2002; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2004). Los efectos como, deficiencia en el balance cardiaco autonómico y patrón de la respiración (J.J.

**TABLA 4.** Parque Automotor AMB.

DIRECCION DE TRANSITO DE BUCARAMANGA		TOTAL PARQUE AUTOMOTOR ÁREA METROPOLITANA A 31 MAYO DE 2013					
PARQUE AUTOMOTOR DISCRIMINADO POR TIPO DE SERVICIO Y CLASE ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA A 31 DE MAYO DE 2013							
	CLASE DE VEHICULO	TOTAL BUCARAMANGA	TOTAL GIRÓN	TOTAL FLORIDA	TOTAL PIEDECUESTA	TOTAL AMB	% EN EL TOTAL
1	automóvil	82954	14044	26207	907	124112	26,1
2	campero	15053	1609	3101	209	19972	4,2
3	camioneta	26295	5826	8810	612	41543	8,7
4	microbús	604	353	1147	217	2321	0,5
5	buseta	663	278	950	291	2182	0,5
6	bus	1332	310	1006	89	2737	0,6
7	camión	7307	4097	3572	995	15971	3,4
8	volqueta	1520	565	565	128	2778	0,6
9	tracto camión	2299	509	2470	303	5581	1,2
10	motocicleta	26568	138960	87265	5635	258428	54,3
11	maquina agricola	4	1	0	0	5	0,0
12	maquina industrial	2	1	0	0	3	0,0
13	bicicleta	0	0	0	0	0	0,0
14	motocarro	16	222	99	2	339	0,1
15	tracción animal	0	0	0	0	0	0,0
16	otro	0	0	0	0	0	0,0
17	motociclo	0	0	6	1	7	0,0
18	cuatrimoto	20	0	0	0	20	0,0
<b>TOTAL VEHICULOS</b>		<b>164637</b>	<b>166775</b>	<b>135198</b>	<b>9389</b>	<b>475999</b>	<b>100,0</b>
<b>% EN EL TOTAL DEL ÁREA</b>		<b>34,6</b>	<b>35,0</b>	<b>28,4</b>	<b>2,0</b>	<b>100</b>	

Fuente: Secretaria de Tránsito de Girón-Secretaria de Tránsito de Florida-Inspección de Tránsito Piedecuesta-Dirección de Tránsito de Bucaramanga

**Fuente:** Secretaria de Tránsito y Transporte de Bucaramanga. 2013.

Et al, 2000), producción de inmunoglobulina E (TAKAFUJI, S, 2005), reproductividad y calidad del esperma, sinusitis y bronquitis crónica son citados. Los síntomas respiratorios en niños (SHIMA, M., 2000) y los ingresos hospitalarios por neumonía en ancianos y por enfermedad cardiovascular en adultos se incrementan proporcionalmente por el empeoramiento en la calidad del aire. Estadísticas indican que entre 30 y 60% de las consultas de niños enfermos son por esta causa y de 30 a 40% de ellos son hospitalizados (El ozono troposférico es un contaminante particularmente implicado, así como el residir cerca de vías arterias (ENGLISH, P. et al. 1999), en este contexto investigativo no se encontraron medidas ni modelos fiables de dióxido de carbono en la ciudad objeto de estudio.

Según informe de la Alcaldía de Bucaramanga durante Junio de 2012 y Junio del año 2013 ingresaron al parque automotor del área metropolitana 40.000 Motocicletas, lo que significa el ingreso de 109 Motos por día, donde cada quince minutos ingresa una moto nueva a las vías del área metropolitana de Bucaramanga. Eso se traduce en: disminución de la movilidad, aumento de la accidentalidad y aumento en los niveles de ruido y de contaminación por emisiones de gases efecto invernadero -principalmente el CO y CO<sub>2</sub> que producen enfermedades respiratorias-. Esta es parte de la explicación del aumento de los niveles de ruido en la ciudad de Bucaramanga, y que se sintieron bas-

tante este cinco de Junio, Día del Medio Ambiente, cuando se realizaron las mediciones respectivas.

## Conclusiones

Los árboles estudiados en los parques urbanos crecen en forma natural o espontánea, es decir, el árbol crece sin obstáculos, constando de un tronco que va creciendo con unas ramas largas y gruesas que crecen sin ningún control, casi aisladamente, y sin darle mucha importancia al influjo de los otros árboles sobre él, por ello, la alta cantidad de absorción de dióxido de carbono en cada especie.

A pesar del cuidado especial que se ha llevado en el campo para incluir la mayor cantidad posible de árboles grandes, no se encontró más de seis individuos por encima de 150 cm de DAP, en este sentido usar la función de Brown en el rango de extrapolación no es estadísticamente correcto.

En las gráficas 1 y 2 se logra una función bastante flexible que rinde valores razonables para extrapolación de diámetros mayores de las especies arbóreas.

En general las curvas locales están por debajo de las curvas que resultan de la función utilizada por los autores arriba citados. Esto muestra que pueden no ocurrir sesgos de estimación que muchas veces pueden pasar desapercibidos, al utilizar ecuaciones de altura derivadas en otros países tropicales con diferentes condiciones biofísicas.

No se puede impedir que siga el aumento del parque automotor en Bucaramanga. La contribución de los motociclistas como el vehículo de mayor tránsito en la ciudad debe ser que ellos acepten hacer parte de un nuevo modelo cultural-ambiental que proponga la Administración Municipal. Que mitigue los impactos negativos con aumento de la masa arbórea en parques urbanos y sensibilización ciudadana sobre la relación: niveles de CO<sub>2</sub> / parque automotor/ número de árboles en parques.

La cantidad de biomasa obtenida en las áreas de estudio es baja si se compara con los niveles de contaminación que puede generar el parque automotor actual en la ciudad de Bucaramanga, es recomendable para los planes de ordenamiento territorial ampliar las zonas verdes o espacios arbóreos al menos cuatro veces más la actual.

## REFERENCIAS

- Akbari, H., Rosenfeld, A. H.; Taha, H.** 1990: Summer heat island, urban trees, and white surface. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) Transactions 96(1): 1381-1.388.
- Brown S.** 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forests. FAO Forestry Paper 134. Brown S.; Gillespie A. J.; Lugo. A. E. 1989. Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. Forest Science, Vol. 35, No. 4. Brown S. y Lugo A. E. 1992.
- Brown S.; Gillespie A. J.; Lugo. A. E.** 1989. Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. Forest Science, Vol. 35, No. 4. 2005.
- California Air Resources Borrad,** 2003. Urban Vegetation Air Quality Information Program. Department of the California Environmental Protection Agency.[en línea] <www.arb.ca.gov/research/econprog/veginfo/veginfo.htm >. [consulta 15 de Mayo 2003].
- Cole, T.G. y Ewel J. J.** Allometric equations for four valuable tropical tree species .Forest Ecologyand Management., 229: 351-360. 2006.
- Cuatrecasas, J.** Aspectos sobre la vegetación natural de Colombia. Rev. Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y naturales vol.10.1958.
- DOE/EIA.** 1997. Emissions of greenhouse gases in the United States 1.996.
- Washington D.C.:** 2009. Office of Integrated Analysis and Forecasting, U.S. Department of Energy.
- ENGLISH, P.** et al. Examining associations between childhood asthma and traffic flow using a geographic information system. En: Environmental Health Perspectives Volume 107, 1999. p. 9.
- European Commission Crops for industry and energy in Europe.** (1997). ISBN: 92-827-9415-6. Bruselas.
- Fundación Natura.** 2003. Caracterización social, económica institucional en forma participativa del eje central de conservación de la serranía de los Yariguíes y diseño del sistema de áreas protegidas de la serranía de los Yariguíes.
- Galindo-T, R., Betancur, J. y Cadena-M, J.J.** 2003. Estructura y composición florística de cuatro bosques andinos del santuario de Flora y Fauna Guanentá-Alto Río Fonce, Cordillera Oriental Colombiana. Caldasia., 25: 313-335.
- Holdridge, L.** 1982. Ecología basada en zona de vida. Trad. del inglés por Jiménez, H. Segunda reimpresión. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. 216 p.

**Leys Andrea Carbon and its storage in forest and wood products** Written by Southern Cross University 3-06-2011.

**Nowak D. J.**, 1996. Estimating leaf area and leaf biomass of open-grown deciduous urban trees. *Forest Science* 42(4): 504-507. Nowak D.J., McHale P.J., Ibarra M.,

**UPB.** (2010). Estudio de la dispersión de contaminantes en el Valle de San Nicolás jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional Rionegro, Casanare. Medellín, Colombia.

**SHIMA, M. y ADACHI**, 2000. M. Effect of outdoor and indoor nitrogen dioxide on respiratory symptoms in school children". *International Journal of Epidemiology* 29(5), pp. 862-870.

**Snowdon and John Raison and Heather Keith**, 2002. Stand Biomass and Peter Snowdon and John Raison and Heather Keith and Peter Ritson and William Burrows and Derek Eamus.

**Takafuji, T. Miyamoto, R. Ikemori & M. Tokiwa**. 2005. Adjuvant activity of diesel exhaust particulates for the production of IgE antibody in mice. *JAllergyClinImmunol*, 77: 616-623.

**USDA Forest Service**, 2003. What is urban forestry? *USDAForestService.EstadosUnidos*. [en línea] < [www.cufr.ucdavis.edu/whatwedo/urbanforestry.html](http://www.cufr.ucdavis.edu/whatwedo/urbanforestry.html) >. [consulta 10 de Junio 2003].

**WORLD HEALTH ORGANIZATION**. 2004. Health Aspects of Air Pollution – answers to follow-up questions from CAFE, Bonn: 78 p.