

**BIOMASA AÉREA Y CONTENIDO DE CARBONO EN EL CAMPUS DE LA  
PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA DE BOGOTÁ**

**JUAN CAMILO BORRERO BENAVIDES**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PRESENTADO COMO REQUISITO FINAL  
PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE ECÓLOGO**

**DIRECTOR:  
CARLOS DEVIA**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA  
FACULTAD DE ESTUDIOS AMBIENTALES Y RURALES  
CARRERA DE ECOLOGÍA  
BOGOTÁ D.C.  
2012**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. Resumen</b> .....	<b>1</b>
1.1. Palabras Clave .....	1
1.2. Abstract .....	2
1.3. Key Words .....	2
<b>2. Introducción</b> .....	<b>3</b>
2.1. Problema .....	4
2.2. Justificación.....	5
<b>3. Objetivos</b> .....	<b>7</b>
3.1. General .....	7
3.2. Específicos .....	7
<b>4. Marco Referencial</b> .....	<b>8</b>
4.1. Marco Teórico .....	8
4.2. Antecedentes .....	15
<b>5. Área de Estudio</b> .....	<b>18</b>
5.1. Bogotá .....	18
5.2. Localidad de Chapinero .....	18
5.3. Pontificia Universidad Javeriana .....	19
<b>6. Materiales y Métodos</b> .....	<b>22</b>
6.1. Diagrama de Flujo .....	22
6.2. Diseño de Estudio .....	24
6.3. Métodos de Recolección de Datos .....	24
6.3.1. Fase Exploratoria .....	24
6.3.2. Fase de Campo .....	25
6.3.3. Fase de Laboratorio.....	28
6.3.4. Fase de Análisis de Datos .....	29
6.4. Métodos de Análisis de Datos .....	31
<b>7. Resultados</b> .....	<b>31</b>
<b>8. Discusión</b> .....	<b>39</b>
<b>9. Conclusiones y Recomendaciones</b> .....	<b>44</b>
<b>10. Referencias Citadas</b> .....	<b>46</b>
<b>11. ANEXOS</b> .....	<b>54</b>

## **1. RESUMEN**

La producción de biomasa y la captura de carbono son elementos de gran importancia a considerar para establecer el estado de los ecosistemas naturales y urbanos. En el presente trabajo se realizó la estimación de la biomasa arbórea, de la producción primaria aérea y la estimación del contenido de carbono del campus de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá, a partir de la cuantificación de la cobertura arbórea, el cálculo de la biomasa arbórea aérea, la estimación de la producción primaria de biomasa y la estimación del contenido de carbono del campus. Los resultados muestran que la cobertura arbórea cuantificada fue de 21.16 ha. La biomasa aérea arbórea calculada fue para el área 1 de muestreo de 129,05 T/ha, para el área 2 fue de 32,55 T/ha y para el área 3 fue de 90,14 T/ha. La producción primaria de biomasa estimada fue de 626,16 Kg/ha y el contenido de carbono estimado fue de 125,87 T/ha. La producción estimada de biomasa en el campus es comparable a la registrada en los bosques de pino de España, indicando que son áreas de bosques urbanos maduros, con un número considerable de especies introducidas europeas.

### **1.1. PALABRAS CLAVE**

Biomasa arbórea, productividad primaria, captura de carbono, arboles, ecosistemas urbanos.

## **1.2. ABSTRACT**

Biomass production and carbon sequestration are very important elements to be considered in establishing the state of the natural and urban ecosystems. In this paper, the estimation of tree biomass, aboveground primary production and the estimated carbon content of the campus of the Pontificia Universidad Javeriana in Bogota, from the quantification of tree cover, the calculation of biomass aerial tree, estimating the primary production of biomass and carbon estimation campus. The results show that the coverage tree was quantified 21.16 ha. The tree biomass was calculated for the sampling area 1 was 129.05 t / ha, for Area 2 was 32.55 t / ha and for area 3 was 90.14 t / ha. Primary production was estimated biomass of 626.16 kg / ha and the estimated carbon content was 125.87 t / ha. The estimated production of biomass on campus is comparable to that recorded in the pine forests of Spain, indicating that urban forests are areas ripe with a number of European introduced species.

## **1.3. KEY WORDS**

Tree biomass, primary productivity, carbon sequestration, trees, urban ecosystems.

## 2. INTRODUCCIÓN

Actualmente una necesidad importante es el desarrollar un excelente entendimiento de la producción primaria de la biomasa en los bosques del mundo, ecosistemas que juegan un gran papel en el balance de carbono global (Dixon *et al.* 1994).

Aproximadamente el 40 % del contenido total de carbono del planeta y el 36 % de la productividad primaria neta (PPN) pertenece a los bosques tropicales (Vallejo, *et al.*, 2005). En este momento el conservar los bosques para reducir la tasa de aumento de CO<sub>2</sub> en la atmósfera es primordial y exhorta a la realización de mediciones y monitoreo, en el que inicialmente la estimación de biomasa en los ecosistemas es fundamental (Schlegel 2001; Vallejo *et al.* 2005).

La producción primaria constituye la biomasa vegetal que se elabora a través del proceso de fotosíntesis. La energía del sol es utilizada por las plantas para formar glucosa a partir del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo. De esta manera, se acumula la energía necesaria para desempeñar funciones metabólicas básicas de crecimiento y reproducción (Ramírez 2006).

Los árboles y parches de bosques dentro de las ciudades, son de gran valor e importancia por la cantidad de funciones y servicios ecosistémicos que brindan, tanto a las ciudades como sistemas, como a la población que las habita; algunos de los importantes servicios que prestan los árboles se encuentra el mejoramiento de la calidad de aire, la conservación de energía, la proporción de sombra, entre otros (Prendergast *et al.* 2003).

En el campus de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá, se encuentran parches considerables de arboles, los cuales albergan una proporción considerable de flora andina, por la cercanía con los cerros orientales y por encontrarse al lado de uno de los bosques urbanos más importantes, como lo es

el parque Nacional Olaya Herrera que evidencian la función ecosistémica de nicho y refugio para diferentes especies de aves e insectos y donde de diferentes estudios sobre aves migratorias dentro de la universidad, reafirman que los árboles del campus pueden servir de refugio para aquellas aves que llegan a determinada época del año y establecerse mientras culmina su estancia en la ciudad (Céspedes 2007).

Como un aporte al conocimiento de los arboles de la ciudad de Bogotá, la presente investigación tiene como objetivo la estimación de biomasa aérea y el contenido de carbono almacenado en tres zonas de bosque dentro del campus de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá, empleando una metodología no destructiva que desarrolló y propendió por la integridad de las especies de arboles y así conocer el aporte de los arboles del campus dentro de la ciudad de Bogotá al captar el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

## **2.1. PROBLEMA**

En la atmosfera las concentraciones de carbono cada vez se acumulan y ascienden más de los niveles normales, contribuyendo a la formación de problemáticas como el cambio climático (Cáceres *et al.* 1998 & IPCC 2007); esta problemática genera diversas cuestiones sobre el llegar a disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub> o el poder contrarrestar las actuales y futuras emisiones a través de la fijación de carbono utilizando diversas plantaciones arbóreas dentro y fuera de las ciudades para la absorción y fijación del carbono atmosférico (Riera 2004).

Los árboles proporcionan diversidad de servicios ecosistémicos intrínsecamente en el entorno donde se encuentren; en las áreas urbanas, los servicios de estos varían, puesto que se encuentran rodeados de elementos que disminuyen su efectividad y pueden llegar a convertirse en una carga más para el sistema (American Forest 2007).

Los árboles pueden absorber y retener gran cantidad del carbono que se encuentra en la atmósfera debido al proceso de la fotosíntesis, proceso en el cual extraen el carbono de la atmósfera (en forma de  $\text{CO}_2$ ) y lo convierten en biomasa (Mota *et al.* 2010). De allí parte la importancia de poder saber y conocer cuál es la producción primaria de biomasa aérea y captura de carbono del campus de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá.

El alto grado de amenaza de los árboles y pequeños bosques dentro de las ciudades, impide generar información sobre biomasa y contenido de carbono, donde generalmente se utilizan métodos destructivos.

Esta información es necesaria para evidenciar científicamente la función que cumplen los árboles y pequeños bosques en el funcionamiento del ecosistema urbano y así tener mayor claridad sobre la importancia de esta biomasa en pie, que permitan definir criterios de uso, aprovechamiento y conservación de estos y permitir que el buen manejo de este recurso pueda generar beneficios a largo plazo.

## 2.2. JUSTIFICACIÓN

Cada vez es de vital importancia analizar el papel de los ecosistemas terrestres en el ciclo global del carbono, por esta razón el creciente interés en estos ha vigorizado los esfuerzos científicos por cuantificar la producción primaria, sus fluctuaciones temporales y su distribución en las diferentes regiones del mundo; igualmente estos estudios no se han limitado a la cuantificación de los almacenes y flujos de biomasa y nutrientes en los distintos biomas terrestres, sino que igualmente han buscado determinar los factores que dinámicamente los controlan y regulan. Así mismo, ese interés ha hecho establecer un campo muy activo de trabajo interdisciplinario para el avance de modelos que creen valores de simulación de variables de productividad y variables climáticas en las distintas regiones de la biosfera.

La biomasa, la productividad primaria y la captura de carbono son variables ecológicas elementales, no sólo porque son medidas de la entrada de energía y asimilación de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) en los ecosistemas, sino porque son igualmente un importante indicador del estado de los ecosistemas y del estatus de un amplio rango de procesos ecológicos. Por esta razón se han utilizado los estudios de productividad primaria y captura de carbono como indicadores de estrés ambiental y para examinar los efectos de la utilización y/o extracción de biomasa por arriba de los límites máximos de productividad del ecosistema.

Es por esta razón que el propósito de esta investigación es analizar la producción primaria de biomasa aérea desde mediciones del material liberado y en pie de la planta, en el campus de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá, al igual que analizar la captura de carbono de los árboles del campus; contribuyendo a la estimación precisa de la productividad primaria, así como la evaluación de esta a determinada escala temporal a la cual la perturbación natural y antropogénica afecta los almacenes de biomasa y nutrientes en los ecosistemas urbanos.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar la biomasa aérea y productividad primaria arbórea, y su relación con el contenido de carbono, en el campus de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá.

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Clasificar la cobertura arbórea y cuantificar su área en el campus de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá.

Calcular la biomasa aérea arbórea del campus de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá.

Estimar la tasa de producción primaria de biomasa aérea arbórea del campus de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá.

Estimar el contenido de carbono en la biomasa arbórea del campus de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá.

## **4. MARCO REFERENCIAL**

### **4.1. MARCO TEÓRICO**

#### **Árboles y Ciudad**

Los árboles son denominados plantas leñosas altas, donde usualmente un tronco soporta distintos tipos de copas compuestas por ramas; un arbusto es también un árbol con tronco de madera, más pequeño y con muchas más ramificaciones. Los árboles son comúnmente más longevos que los arbustos. Estos se encuentran en divididos en dos clases: siempre verdes: que son aquellos árboles que mantienen un follaje verde durante todo el año; y los deciduos: que son aquellos que pierden su follaje durante la estación de otoño. También comúnmente conocidos como árboles opacos. Generalmente se establecen en todos los paisajes, más que otro tipo de plantas. Estos son parte predominante de los ecosistemas continentales debido a que previenen la erosión, constituyendo elementos primordiales en el paisaje, la agricultura, los bosques y las selvas, asimismo se encuentran dispersos en ambientes como las sabanas o las orillas fluviales (Prendergast 2003).

Los árboles se encuentran y crecen comúnmente en lugares donde en el suelo se contenga la mayor o buena cantidad de agua disponible durante la mayor parte del año. No abundan en desiertos ni en zonas donde sólo la capa de agua superficial baste para mantener una vegetación de pradera; en estos ecosistemas, sólo crecen en ambientes controlados, en oasis y a lo largo de las orillas de ríos y arroyos. Igualmente, suelen estar transformados o de un porte enano. En condiciones ambientales óptimas, los árboles crecen en extensas formaciones vegetales llamadas bosques (UNAM 2007).

La ciudad es un sistema relacionado con otros, su funcionamiento demanda un aporte incesante de recursos renovables y no renovables, generando grandes cantidades de residuos; dentro de este sistema se transforma gran cantidad de materia, energía e información, la cual al ser liberada genera un gran conjunto de

energía no utilizable en formas de gases y calor, aumentando el nivel de entropía en el entorno (Hough 1998).

La ciudad, comparado con otros hábitats, es parte esencial de un ecosistema. Si entendemos por ecosistema a los sistemas de intercambio, compuestos de uno o más organismos y su medio ambiente efectivo, físico y biológico, caracterizado por sus relaciones espaciales; por la existencia de rasgos físicos característicos de cierto tipo de hábitat; sus reservas de agua y energía; por la naturaleza de sus insumos; y por el comportamiento de sus organismos vivos, elementos y características presentes en el medio urbano, no hay duda que la ciudad es parte integrante de un ecosistema: el ecosistema urbano (Amaya 2005).

La operatividad de los árboles dentro de los sistemas urbanos se puede detallar y observar muy limitadamente debido a que los remanentes de bosque tienen poca conectividad con otros parches de bosque, convirtiéndose de esta manera en sumideros de organismos y energía. (Iragorri 2001). Al poder instaurarse elementos naturales dentro de los sistemas urbanos, hay que considerar que sus requerimientos ambientales no son provistos por el sistema en la cual se encuentra, por ello, para su sustento y supervivencia es de gran importancia el uso de tecnología y de valiosas contribuciones energéticas (Hough 1998).

Los diferentes criterios estéticos dominantes en las ciudades, han establecido un paisaje arreglado por parques, espacios de recreo, áreas verdes, zonas recreativas y jardines, donde lo dominante es la concentración de un césped bien cuidado, asfalto y vallas apreciadas en algunas ocasiones por árboles ornamentales o arbustos exóticos o nativos (Hough 1998).

La insistencia por conservar y mantener espacios de recreación y de descanso ha generado el estudio de los árboles dentro de sistemas urbanos consiguiendo grandes y significativos efectos, destacando beneficios ambientales, sociales, económicos, sanitarios, culturales, entre otros (Ellis *et al.* 2004).

## **Biomasa**

Biomasa puede definirse como masa biológica y se analiza ésta, como la cantidad total de materia orgánica en el ecosistema en un momento dado. Para la cuestión de la biomasa vegetal, la cantidad de materia viva producida por las plantas y almacenada en sus estructuras en forma de biomasa que tiene como fuente original el sol, esta usualmente se expresa en unidades de energía (joules  $m^{-2}$ ) o de materia orgánica muerta (toneladas  $ha^{-1}$ ) (Begon *et al.* 1986; Salas 2006).

Es por lo anterior que se podría concluir que la biomasa es entonces la cantidad total de carbono orgánico almacenado en las partes aéreas y subterráneas del ecosistema; esta en la parte aérea es la que suministra un mayor aporte a la biomasa total del bosque, sin embargo la biomasa del subterránea y del suelo pueden representar hasta un 40% de la biomasa total (Brown 1997). Habitualmente se estudian datos y se realizan trabajos de medición de biomasa aérea por ser estos económicos y su facilidad al ser efectuados.

Usualmente la biomasa y la productividad suelen confundirse, aunque estas son muy diferentes. A menudo esta confusión inicia porque la biomasa se utiliza para cuantificar la productividad en procesos detallados. Del mismo modo, la biomasa de una comunidad forestal se puntualiza y determina como su masa seca total; comprendiendo dentro de esta, el follaje, las ramas, los troncos y las raíces, pero exceptúa la hojarasca y la materia orgánica en descomposición (Whitmore 1975). Allí podemos estar hablando del peso del material vegetal vivo aéreo y subterráneo en una unidad de área determinada y en un espacio establecido del tiempo (Roberts *et al.* 1985). De la misma manera se hace habitualmente contraste en aspectos conceptuales como metodológicos, entre biomasa aérea y biomasa subterránea.

Adicionalmente, la biomasa es la fracción de la producción primaria neta que la planta reserva a la producción de estructuras, en resumen lo que se acumula. También la biomasa se precisa como el conjunto total de materia orgánica viva de

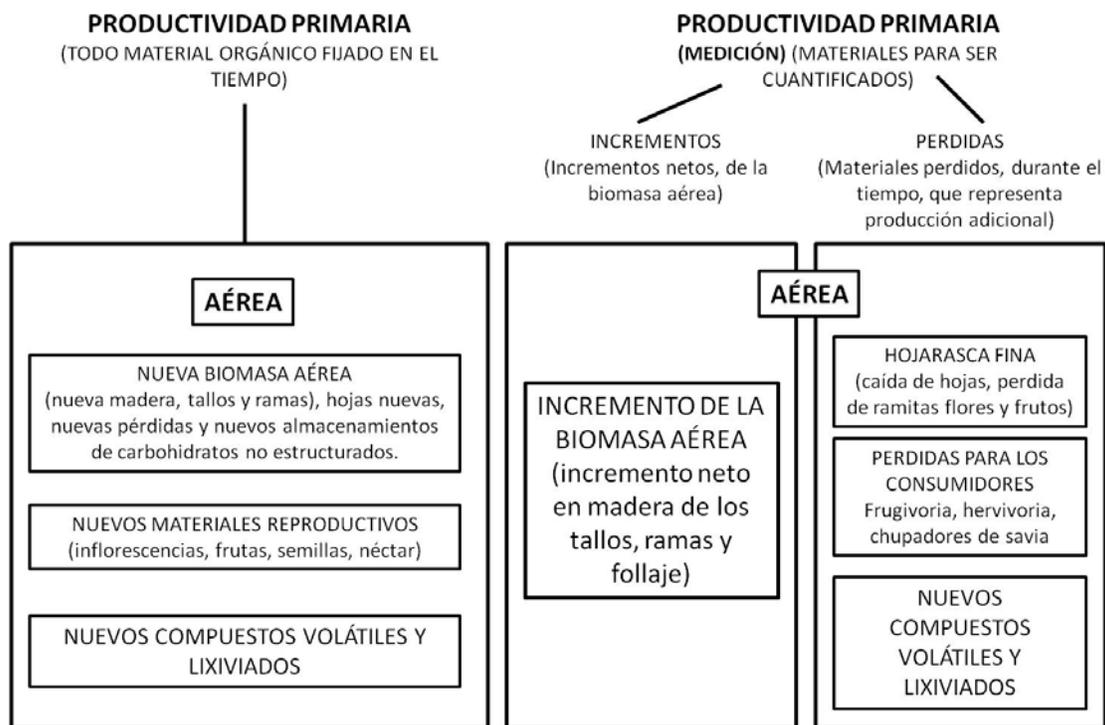
un sistema biológico presente en un momento determinado. Esta se puede fraccionar en zoomasa y fitomasa según el aporte de los animales y plantas, estando la fitomasa dentro de la mayor proporción de materia orgánica en la biomasa total. La fitomasa es posible dividirla en fitomasa aérea (aporte de las hojas, ramas y tallos) y fitomasa subterránea (raíces, raicillas, rizomas y tallos subterráneos), manifestándose en términos de peso de materia seca por unidad de área (árbol, hectárea, región). Al mismo tiempo, la producción primaria constituye la mayor entrada de carbono y energía en los ecosistemas e integra el funcionamiento de todo el ecosistema por sus relaciones con la biomasa animal, la producción secundaria y el ciclo de nutrientes (MacNaughton *et al.* 1989).

Los trabajos sobre la biomasa son de gran significancia pues aportan a la investigación de la distribución de la materia orgánica en el sistema y se han empleado en diferentes propósitos como: estimación de contenido de carbono en los bosques (Brown, 1997), cuantificación sobre el total de nutrientes en los ecosistemas, especificación de la fijación de energía en los ecosistemas forestales, representación de la proporción de los ecosistemas y fuentes de biomasa disponible, valorar los cambios en la estructura del bosque, cuantificación de los gases de efecto invernadero que no se liberan evitando la deforestación al igual que la cuantificación del aumento y utilidad de los bosques en cuanto a desarrollo y productividad; todos estos estudios necesarios e indispensables para el entendimiento del ecosistema forestal, de la misma forma que evalúan los efectos de la intervención que trascienden en el equilibrio del ecosistema.

### **Productividad Primaria**

La producción primaria neta es la diferencia entre la fotosíntesis total (producción primaria bruta, PPB) y la respiración total de las plantas en un ecosistema; esta en campo no es posible medirla por medio de esta diferencia (Waring & Schelesinger, 1985 en Salas 2006). Otras definiciones la tienen como la materia orgánica total generada en un momento específico. Sin embargo, los elementos de esta producción se pueden idealizar como se muestra en el gráfico 1, estos

componentes no puede evaluarse directamente en el campo a razón de las transformaciones (consumo, descomposición, mortalidad, exportación). En la práctica, pocos elementos de la productividad primaria son cuantificados en trabajos e investigaciones de campo en los ecosistemas boscosos. Principalmente, las aproximaciones se restringen a la hojarasca fina y el aumento de la biomasa aérea junto con esta adición es el equivalente considerado a la productividad primaria aérea. Los elementos subterráneos son a menudo no estimados como una proporción hipotética de los valores de la parte aérea (Clark *et al.* 2001).



**Grafico 1.** Componentes de la producción primaria aérea de un bosque. Adaptado de: Clark *et al.* (2001).

Igualmente, en el ciclo del carbono la productividad primaria juega un papel muy importante en los depósitos y flujos y gracias a esto la medición de esta es mucho más fácil y viable en campo. No obstante, las cuantificaciones en grandes áreas de la productividad primaria suelen ser tediosas y sin mucha facilidad, así que los

modelos de prueba se usan usualmente para estudiar el ciclo del carbono a nivel general. Estos modelos demandan cuantificaciones de campo para la estandarización, comprobación y confirmación de la producción primaria (Salas 2006).

La energía de las plantas utilizada y almacenada en elementos orgánicos fijados en la fotosíntesis para la respiración autótrofa, crea un control entre la fijación del carbono en la fotosíntesis y la pérdida de carbono en la respiración de la planta, esto es la producción primaria neta (Sala *et al.* 2000). El carbono perdido por las plantas mediante diferentes vías aparte de la respiración, es la transferencia del carbono de estas al suelo y posiblemente esta sea una de las estrategias mediante la caída de hojas, mortalidad de otras estructuras de la planta, exudación de raíces y transferencias de carbono a los microorganismos.

Todas estas estrategias de transferencia de energía por medio de la productividad primaria se ven siempre contraladas o manipuladas por otros factores, que determinan la magnitud y dirección de los cambios temporales. Las cuantificaciones climáticas forman el principal control de la productividad primaria. La manifestación de condiciones climáticas adversas perturba la maximización de la energía solar captada (Briske & Heischmidt 1993), ya que agua, viento y temperatura, como lo son algunos nutrientes comúnmente restringen el desarrollo de sombra suficiente para interceptar la radiación fotosintéticamente activa disponible (Lewis 1969, Begon *et al.* 1986 en Briske & Heischmidt 1993). Las precipitaciones y el viento componen un determinante imprescindible de variados y diferentes muestras estructurales de la vegetación (desde cobertura y densidad de plantas hasta la composición de especies) dentro de un largo gradiente espacial de precipitaciones y vientos (Lauenroth & Sala 1992). La variabilidad en el tiempo de estos dos factores meteorológicos también interviene en la productividad primaria, sin embargo estas variaciones temporales son a menudo poco relevantes en las diferencias entre lugares (Lauenroth & Sala 1992).

## **Captura de Carbono**

La captura de carbono por parte de las plantas, es realizado en el proceso de la fotosíntesis en la etapa oscura, donde el CO<sub>2</sub> es asimilado por moléculas orgánicas que gracias a reacciones enzimáticas lo convierten en carbono disponible para la planta (Villego 1996), el CO<sub>2</sub> capturado y asimilado hace parte de la composición de materias primas como la glucosa, para formar las estructuras de la planta y es almacenado en los tejidos en forma de biomasa aérea (hojas, ramas, tallos) y subterránea (raíces gruesas y finas) o en el suelo (degradación de biomasa proveniente de la planta o órganos leñoso y no leñosos) en forma de humus estable que aporta CO<sub>2</sub> al entorno (Vallejo *et al.* 2005). Se estima que una tonelada de CO<sub>2</sub> atmosférico, corresponde a 0.27 toneladas de carbono en la biomasa (Ordóñez & Maserá 2001).

No obstante la captura de CO<sub>2</sub> es efectuada durante el desarrollo de los árboles solamente, luego con el pasar de los años, en el instante que los árboles han llegado a su madurez total, capturan únicamente pequeñas cantidades de CO<sub>2</sub> necesarias para su respiración y la de los suelos, de esta manera, no es de importancia cuanto carbono el árbol captura inmediatamente, sino cuanto carbono captura durante toda su vida (Agudelo-Guinand 2009).

En el planeta los bosques templados y tropicales son aptos para capturar y conservar más carbono que cualquier otro ecosistema terrestre, igualmente contribuyen con el 90% del flujo anual de carbono entre la atmósfera y el suelo, así mismo participan en la medición de carbono, parte de una valoración de biomasa del ecosistema forestal, variedad de investigaciones demuestran que en promedio la materia vegetal contiene un 50% de carbono, eliminando la proporción de agua de estos. Todos estos análisis son posibles de efectuar en cualquier ecosistema terrestre forestal y la observación de estos, en relación con determinadas variables ambientales permite el establecer la capacidad de almacenamiento de carbono en los bosques. (Vallejo *et al.* 2005).

La importancia de saber y entender el valor de los árboles en relación a la captura de carbono, como consecuencia de problemáticas ambientales como el aumento en los ecosistemas del planeta de las emisiones de gases de tipo invernadero, ha llevado a diferentes investigadores y científicos, a elaborar realizar incomparables estudios sobre la relación entre la captura de carbono y numerosas variables fisiológicas de los árboles, logrando expresar y dando a conocer la captura de carbono en diferentes ecosistemas (Kanninen 2007).

#### **4.2. ANTECEDENTES**

Con el desarrollo del protocolo de Kyoto en 1997 junto con diversos tratados y convenciones mundiales sobre el cambio climático y el aumento de los niveles de CO<sub>2</sub> en la atmosfera, donde se proyecta el reducir estas emisiones de gases de efecto invernadero en un 5.2% entre 2008 y 2012; donde durante y para su ejecución se crea el mecanismo de desarrollo limpio, donde se dan las pautas a seguir a los países industrializados para cumplir con los compromisos adquiridos en las convenciones y tratados por medio de proyectos en países en vía de desarrollo, medidos en certificados de remoción de emisiones donde se disminuyan las emisiones de CO<sub>2</sub> (Fau-Daners 2009).

Basados en los enunciados anteriormente mencionados, se contemplo y considero la verdadera importancia de los bosques como sumideros de carbono, de la misma manera se reconoció la importancia de la estimación de la dinámica de los flujos netos de carbono en la atmósfera, donde los bosques se ven significados en un 90%; diversas iniciativas nacen luego de estos protocolos, tratados y convenciones mundiales como lo es el fondo fiduciario de Bio Carbono del Banco Mundial, donde mediante este y basados en proyectos dedicados a la captura o conservación de carbono en ecosistemas de bosques y agro ecosistemas se busca comprar certificados de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (FIDA 2004). A partir de esta y otras iniciativas se inicio a estudiar e

investigar los bosques en pie y se genero un interés por la conservación de los ecosistemas boscosos.

Desde el año 2000 el gobierno Colombiano desde el Ministerio de Ambiente, junto con instituciones como el Programa Suizo de Actividades Implementadas conjuntamente, y el Banco Mundial por medio del “Global Carbon Initiative”, implementaron el Estudio de Estrategia Nacional para implementación del “Mecanismo de Desarrollo Limpio” en Colombia, donde se promueve el mercado global de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero empezando con 10 proyectos piloto en Áreas protegidas, orientados a el manejo de los bosques como sumideros de carbono (MMA 2000).

Originalmente el gobierno Colombiano en el 2007 firmo un contrato de compraventa de certificados de emisiones reducidas de gases efecto invernadero con el Banco Mundial. Con este proyecto se busco reducir aproximadamente 250.000 toneladas de CO<sub>2</sub>, reforestando cerca de 2.200 hectáreas de tierras degradadas en Córdoba (MAVDT 2007).

Diversos proyectos se han realizado en el sector privado sobre la captura de carbono, en el 2006 la empresa nacional minera MINERCOL LTDA con el apoyo de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, realizo una investigación en las cuencas carboníferas del Cesar, Valle del Cauca - Cauca y Altiplano Cundiboyacense, que consistió en la cuantificación y la valoración económica de la captura de CO<sub>2</sub> por plantaciones del genero Eucalyptus (Diaz & Molano 2001).

Del mismo modo los estudios en el país relacionados con la biomasa y captura de carbono, mas puntualmente en el campo de la fitoecología en ecosistemas altoandinos han venido trabajándose desde hace aproximadamente la década de 1970, con un auge de investigación en los últimos años. La mayoría de las investigaciones han estado basadas y encaminadas al estudio de la composición y estructura de las comunidades vegetales de la zona paramuna (Arenas 1995).

Muchos de los trabajos sobre dinámica de ecosistemas en Colombia se han realizado en las zonas cálidas. Aspectos tales como producción de hojarasca y descomposición en bosques altoandinos a más de 3000 m.s.n.m., los estudio Arenas (1995). En la región de Monserrate a 3200 m.s.n.m. Haciendo comparaciones de la dinámica de la hojarasca y descomposición entre un bosque de eucalipto exótico y un bosque nativo.

En cuanto a lo referente de las investigaciones de biomasa y captura de carbono en Colombia se realizo un estudio donde como un aporte al conocimiento de los robledales del corredor biológico de conservación de estos, se genero una estrategia para la conservación y el manejo forestal en Colombia, liderado por la Fundación Natura Colombia y la Fundación Mac Arthur en la región comprendida entre el páramo Guantiva y el macizo Iguaque, donde se estimó la biomasa aérea y el contenido de carbono almacenado en dos bosques de roble, uno de *Quercus humboldtii* y otro de *Colombobalanus excelsa*, en las zonas protegidas de la Reserva Biológica Cachalú y el Corregimiento de Virolín en La Rusia – Iguaque municipios de Santander – Boyacá (Agudelo-Guinand 2009).

En el campus de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá se han realizado numerosos estudios y trabajos sobre la gestión y análisis forestal del campus universitario. Céspedes (2007) hizo una investigación sobre la evaluación de los servicios ecosistémicos prestados por los árboles al campus, dentro de los resultados más importantes se destaca que los árboles de la universidad juegan un papel importante en la regulación climática del campus, pues ayudan a disminuir la velocidad de los vientos procedente de los cerros, atenúan los cambios bruscos de temperatura, y refrescar el ambiente en los días calurosos.

## **5. ÁREA DE ESTUDIO**

### **5.1. Bogotá**

Bogotá es la ciudad capital de Colombia y se encuentra ubicada aproximadamente en el centro del país, a una altura de 2630 m.s.n.m.; la ciudad tiene un clima templado bimodal, con dos periodos de invierno en abril y en octubre, igualmente al interior de la misma área urbana la ciudad presenta tres microclimas, húmedo al norte de la ciudad, de transición en la zona del centro y occidente, y uno seco hacia el sur y oriente. La temperatura promedio es de 14.4° C. Tiene una precipitación anual promedio de 1.013 mm y una humedad relativa media anual de 72% (Neil 2006).

La ciudad posee características geográficas que la hacen propia, por su localización estratégica su cercanía limítrofe con la zona de reserva ecológica de paramo al sur (Sumapaz), igualmente los humedales que la conforman dentro de esta la hacen única al igual que los cerros orientales que la delimitan, estos atraviesan Bogotá de sur a norte y se elevan a unos 700 metros sobre esta. Los cerros fueron objeto de un programa de arborización a comienzos del siglo XX lo que inicio su acelerado deterioro (Neil 2006).

### **5.2. Localidad de Chapinero**

La ciudad de Bogotá está conformada por 20 localidades; la localidad de Chapinero es la número dos del total que constituyen el distrito capital. Cubre 3.846 Ha, el 35,1% (1.349 hectáreas) es considerado área urbana; el 23,1%, área amanzanada; el 20,4%, área residencial, y el 21,2%, área de reserva rural. Comprende una población de 166.000 habitantes. Se ubica en la zona oriental de la ciudad y se extiende de sur a norte desde la calle 39 hasta la calle 100 y de

occidente a oriente desde la Avenida Caracas hasta los cerros orientales. Posee un clima frío, los vientos son de baja intensidad pero varían en los meses de Julio a Septiembre (AMB 2004).

La localidad cuenta con un significativo relicto de vegetación natural entre la calle 100 y la quebrada El Chicó, con más del 80% de superficie cubierta. Del mismo modo se encuentran parches boscosos naturales importantes en la cuenca de la quebrada El Chicó, separadores de la carrera 11 desde la calle 100 hasta la 72 y los conjuntos residenciales desde la calle 86 hasta la Autopista Norte y el fragmento de zona verde del Parque Nacional Olaya Herrera, que suman en total aproximadamente siete hectáreas. Efectivamente, los Cerros Orientales son la zona que presenta mayor diversidad vegetal y animal, detalle del cual se observa cada vez su disminución muy drásticamente en los pastizales circundantes y más aún en las zonas urbanas (AMB 2004).

### **5.3. Pontificia Universidad Javeriana**

La Pontificia Universidad Javeriana se encuentra ubicada en la Localidad de Chapinero o localidad número 2 de Bogotá (grafico 2). Dentro de las 16 hectáreas de terreno de la universidad, esta cuenta con 74,000 metros cuadrados de zonas verdes distribuidas en jardines, pastos, arbustos y arboladas (PUJ 2007).



**Gráfico 2.** Ubicación de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá. Imagen satelital Google Earth. Mapa de Bogotá, Alcaldía Mayor de Bogotá. Mapa de Colombia IGAC.

Dentro de las áreas constituidas por árboles se encuentran alrededor de 2999 individuos de más de 84 diferentes especies como lo muestra la tabla 1 (Céspedes 2007).

	<b>ESPECIE</b>	<b>TOTAL</b>
1	<i>Ficus soatensis</i>	29
2	<i>Croton funckianus</i>	60
3	<i>Fraxinus chinensis</i>	535
4	<i>Araucaria heterophylla</i>	17
5	<i>Acacia spp.</i>	45
6	FAMILIA MYRTACEAE	6
7	<i>Pittosporum sp</i>	105
8	<i>Cupressus lusitanica</i>	126
9	<i>Sambucus peruviana</i>	35
10	<i>Alnus jorullensis</i>	7
11	<i>Pinus patula</i>	13
12	<i>Myrclanthes leucoxylo</i>	1
13	<i>Tibouchina urvilleana</i>	8
14	<i>Eugenia andicola</i>	15
15	<i>Prunus serotina</i>	20
16	<i>Feijoo sellowiana</i>	3
17	<i>Ficus benjamina</i>	17
18	<i>Tibouchina lepidota</i>	8
19	<i>Eucalyptus globulus</i>	172
20	<i>Salix humboldtiana</i>	10
21	<i>Acacia melanoxylon</i>	253
22	<i>Lafoensia speciosa</i>	55
23	<i>Magnolia grandiflora</i>	8
24	<i>Tibouchina urvilleana</i>	3
25	<i>Ficus elástica</i>	4
26	<i>Ligustrum sp.</i>	1
27	<i>Meriana nobilis</i>	1
28	<i>Ficus tequendamae</i>	10
29	FAMILIA VERBENACEAE	2
30	<i>Clusia multiflora</i>	3
31	<i>Tecoma stans</i>	27
32	<i>Carica pubescens</i>	7
33	<i>Podocarpus oleifolius</i>	4
34	<i>Pinus cembra</i>	9
35	<i>Cestrum parvifolium</i>	15
36	<i>Eucalyptus ficifolia</i>	7
37	<i>Prunus persica</i>	11

38	<i>Salix viminalis</i>	1
39	<i>Callistemon citrinus</i>	18
40	<i>Acacia decurrens</i>	316
41	<i>Prunus serotina</i>	27
42	<i>Streptosolen jamesonii</i>	76
43	<i>Juglans neotropica</i>	8
44	<i>Yucca elephantipes</i>	47
45	<i>Senna viarum</i>	21
46	<i>Delostoma integrifolium</i>	4
47	<i>Xylosma spiculifera</i>	1
48	<i>Citharexylum subflavescens</i>	2
49	<i>Abutilon insigne</i>	22
50	<i>Liquidambar styraciflua</i>	40
51	<i>Sparmarva africana</i>	7
52	<i>Eucalyptus pulvirulenta</i>	15
53	<i>Quercus humboldtii</i>	10
54	<i>Locroma fucsifoides</i>	1
55	<i>Baccharis latifolia</i>	1
57	<i>Croton mithianus</i>	3
58	<i>Cedrela montana</i>	13
59	<i>Piracantea coccinea</i>	15
60	<i>Lipia sp1 (VERBENACEAE)</i>	0
61	<i>Solanum sp</i>	2
62	<i>Dodonaea viscosa</i>	17
63	<i>Washingtonia filifera</i>	3
64	<i>Acacia lophanta</i>	24
65	<i>Eucalyptus ficifolia</i>	66
66	<i>Laurus nobilis</i>	1
67	<i>Musa ensete</i>	160
68	<i>Ficus sp</i>	1
69	<i>Salix humboldtiana</i>	11
70	<i>Aloe arborescens</i>	2
71	<i>Podocarpus oleifolius</i>	2
72	<i>Phoenix canariensis</i>	2
73	<i>Escallonia pendula</i>	0
74	<i>Yucca sp</i>	8
75	<i>Hibiscus rosae-sinensis</i>	3
76	<i>Cupressus lusitanica</i>	59

77	<i>Polymnia pyramidalis</i>	186
78	<i>Bocconia frutescens</i>	2
79	<i>Platanus occidentalis</i>	1
80	<i>Cytisus monspessulanus</i>	1
81	<i>Archontophoenix alexandrae</i>	5

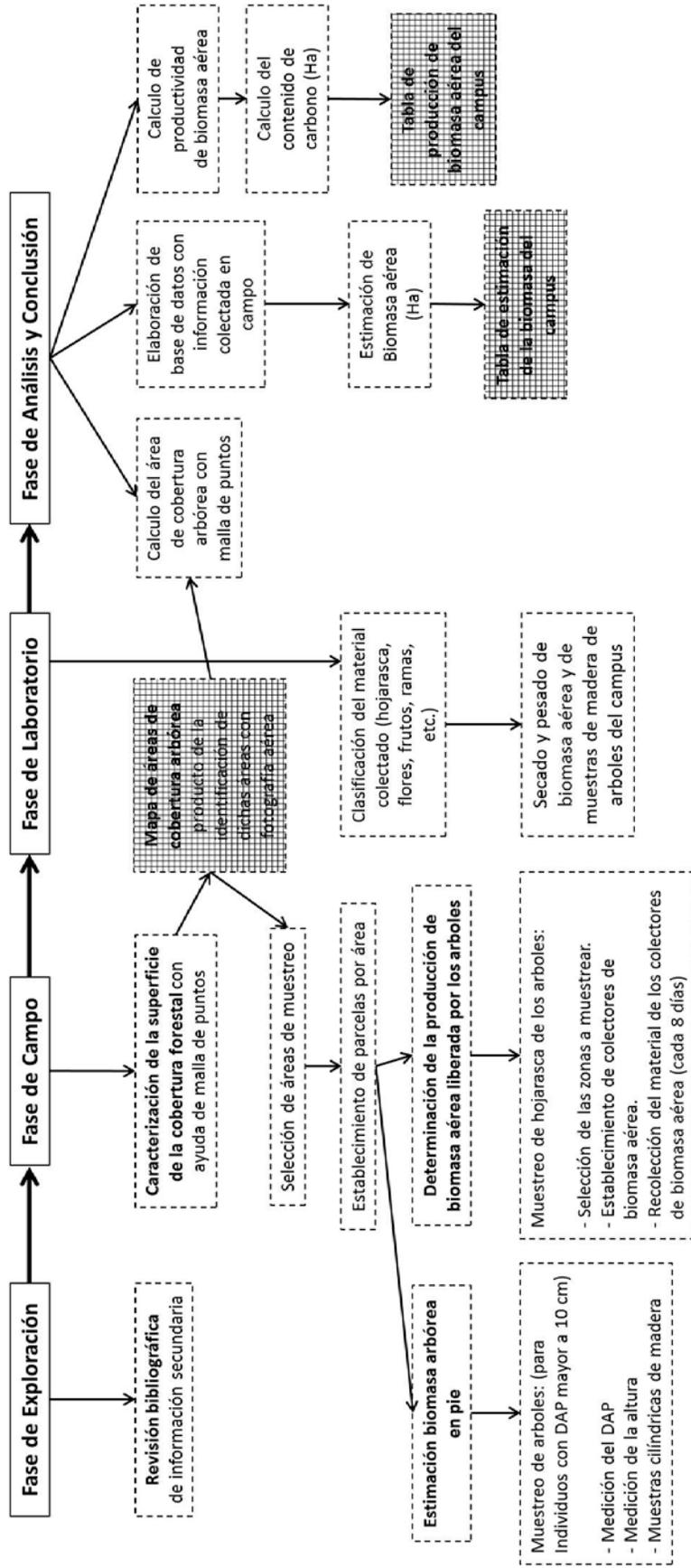
82	<i>Crotalaria agatiflora</i>	1
83	Especie Desconocida	3
84	<i>Ceroxylon quindiuense</i>	11
<b>TOTAL</b>		<b>2999</b>

**Tabla 1.** Número de individuos de especies arbóreas dentro del campus (Céspedes 2007).

## 6. MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1. DIAGRAMA DE FLUJO

El procedimiento metodológico del trabajo de investigación tuvo diferentes fases y herramientas, desglosadas y descritas a continuación.



**Grafico 3.** Herramientas metodológicas utilizadas durante las diferentes fases del proceso investigativo (cuadros negros punteados), con sus actividades (cuadros negros punteados), y sus correspondientes resultados esperados (cuadros en trama cuadriculada).

## **6.2. DISEÑO DEL ESTUDIO**

Esta investigación se llevo a cabo en las áreas donde se permitió el muestreo representativo y significativo, encontrando un número diverso y considerable de especies arbóreas, cubriendo de esta manera la mayor parte totalidad de áreas verdes arboladas del campus de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá.

Se estimó tanto la biomasa aérea, como el contenido de carbono (C) de los árboles por hectárea y la tasa de producción de hojarasca del campus.

El estudio se dividió en cuatro fases: fase de exploración, fase de campo, fase de laboratorio y fase de análisis de datos y conclusiones. La metodología utilizada en cada fase se detalla en el grafico 3.

## **6.3. MÉTODOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

### **6.3.1. Fase Exploratoria**

Durante el comienzo del estudio se puso en contacto con todo el conocimiento acumulado sobre la temática a tratar, realizando una exhaustiva revisión bibliográfica como se expone seguidamente:

- **Revisión bibliográfica**

La investigación inicio por una indagación y análisis de todas las fuentes de información secundaria disponibles, que permitieron construir el marco teórico, conceptual y de antecedentes del trabajo, con la finalidad de proporcionar bases teóricas a los resultados obtenidos durante el proceso. De esta manera se realizó tanto en la fase exploratoria como en la fase de campo.

### 6.3.2. Fase De Campo

A razón de la visión conservacionista de esta investigación y a limitaciones de tiempo y recursos, se utilizó el método no destructivo indirecto para el estudio de la biomasa y contenido de carbono del campus de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá como se detalla a continuación:

- **Superficie de la cobertura forestal.**

Para hallar el área de la cobertura de los árboles del campus, se utilizó, con el apoyo del programa Google Earth, una fotografía satelital del campus a color, con una escala de 1:2273, a partir del cual se realizó un mapa de la clasificación preliminar del campus, se identificó de las áreas con proporciones de cobertura vegetal arbórea; y se verificó en campo la concordancia de las imágenes y la composición de las diferentes áreas de cobertura arbórea para hacer posteriores clasificaciones.

- **Biomasa arbórea en pie.**

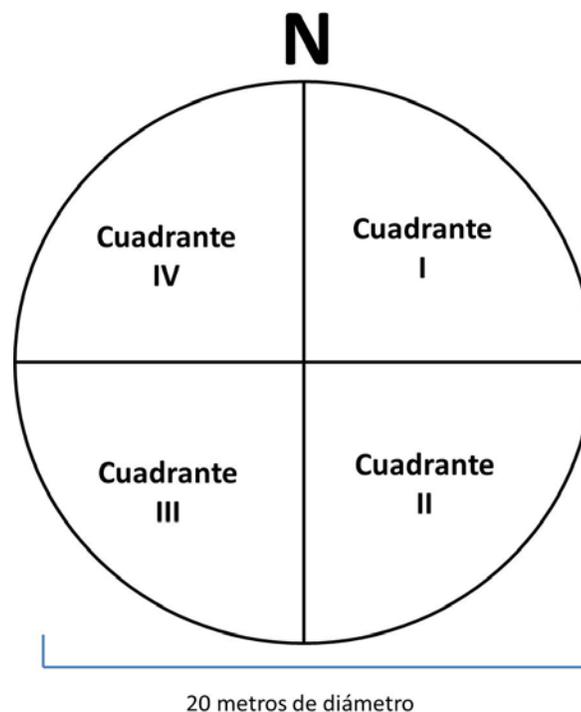
A partir del mapa de cobertura vegetal arbórea, se establecieron zonas representativas, donde se encontraban un mayor número considerable de especies arbóreas, este fue el principal y único criterio de selección de las áreas de muestreo.

La cuantificación de la biomasa se definió según la metodología utilizada por Schlegel *et al.* (2001); en donde a partir y en función de las áreas mapeadas ya constituidas, se establecieron parcelas circulares de tipo temporal en las zonas más representativas con un diámetro de 20 metros para el inicio del muestreo (una parcela por cada área). Éstas se instalaron utilizando cuerdas como radios desde el centro de la parcela en los cuatro puntos cardinales.

El inventario de árboles, comenzando por el radio norte de la parcela y midiendo la totalidad de árboles del primer cuadrante con diámetro a la altura del pecho (DAP)

mayor o igual a 10 cm, ya que de acuerdo a Brown (2002 a), los árboles de diámetros menores contribuyen poco a la biomasa y carbono de un bosque; este se midió con cinta métrica. Del mismo modo se midió la altura aproximada con una vara calibrada en metros. El grafico 4, representa el diseño de la parcela del inventario.

Del mismo modo a cada especie de árbol encontrada dentro de la parcela se le tomo una muestra de madera; estas fueron tomadas con un Taladro de Pressler. Las muestras cilíndricas de madera obtenidas permiten estudiar varias características de la madera al mismo tiempo, como la edad, el incremento anual, la densidad y porcentaje de humedad, siendo este método de estimación el empleado con mayor frecuencia para dichos estudios (Valencia & Vargas, 1997). Durante el proceso de obtención de la muestra, el taladro fue incrustado hasta el centro del árbol. Teniendo la medida del radio, se precisa el taladro y se introduce hasta la medida referida. Para esta investigación la muestra de madera fue tomada únicamente para el cálculo de la densidad seca.

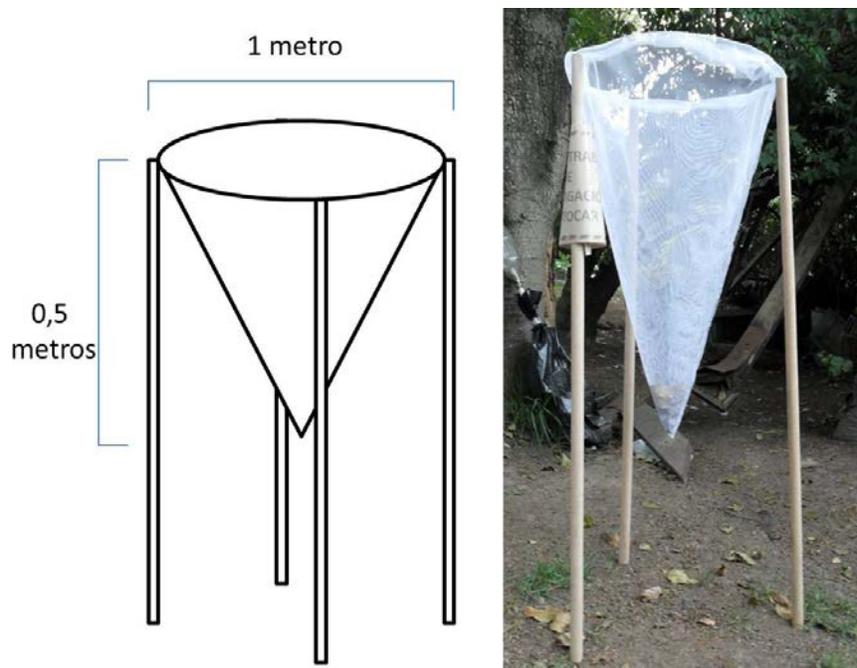


**Grafico 4.** Parcela circular de inventario de carbono, de  $314.16 \text{ m}^2$  con sus cuatro cuadrantes (I, II, III, IV).

- **Producción de biomasa aérea liberada por los arboles.**

Esta se estimo, empleando la metodología ampliamente utilizada, por autores como Moreno (1987), Leigh & Windsor (1990), Arenas (1995), & Quinto *et al.* (2007), la cual se fundamenta en el uso de colectores para medir la caída de la biomasa aérea con una dimensión determinada en áreas no mayores a 100 ha, ubicados cuidadosamente en las parcelas donde se efectúen los muestreos de composición del campus de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá.

En cada una de las parcelas de muestreo se instalaron cuatro colectores de hojarasca (12 en total), estos se colocaron sistemáticamente en el área de muestreo, teniendo en cuenta la no presencia de claros en la cobertura, para la recolección del material proveniente de estos. Los colectores (se construirán con alambre, palos de escoba y angeo), se fabricaron con un diámetro de 1 m, una altura de 0,5 m, para obtener un área de cobertura de 3.9470 m<sup>2</sup> y un volumen de 0,1309 m<sup>3</sup>, estos se instalaron a 1 m sobre el suelo. (Grafico 5) El material acumulado (biomasa aérea) dentro de los colectores se recogió en bolsas plásticas para evitar pérdidas de humedad.



**Grafico 5.** Colectores de biomasa aérea instalados en el campus de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá; en la izquierda en diseño y en la derecha fotografía de los colectores instalados.

### 6.3.3. Fase de laboratorio.

- **Biomasa arbórea en pie.**

Las muestras de madera, fueron recolectadas y almacenadas en una bolsa plástica herméticamente cerrada para evitar, en lo posible, la pérdida de humedad. En seguida fueron secadas a una temperatura constante de 75°C hasta que su peso fuese fijado (Gasperri & Manghi 2004). Seguidamente cada muestra seca fue pesada en el laboratorio.

- **Producción de biomasa aérea liberada por los árboles.**

Con las muestras colectadas en campo se continuó el proceso en el laboratorio de sistemática de la Facultad de Estudios Ambientales y Rurales de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá.

El material recolectado (biomasa aérea), se separó cuidadosamente en varias fracciones (hojas, ramas, frutos y semillas, flores, y restos no identificados) para la estimación de la contribución relativa de las distintas secciones de la biomasa aérea. Cada fracción de biomasa aérea que se recolectó semanalmente se secó separadamente a 60° grados durante 24 horas en el horno de secado, para posteriormente ser pesada según lo recomendado por Anderson (1973).

#### **6.3.4. Fase de Análisis de Datos.**

- **Superficie de la cobertura forestal.**

Con el mapa realizado de la cobertura arbórea del campus se prosiguió a hallar el área de la cobertura arbórea del campus utilizando una malla de puntos de acetato transparente, en el cual está impreso una serie de cuadrados de 1 centímetro de lado dispuestos en forma de cuadrícula y una malla de puntos dispuestos a 0.5 centímetros de distancia entre ellos (DANE 2008).

En el mapa de cobertura realizado, se ubico al azar la malla de puntos, donde se contaron los puntos que quedaron dentro del área a medir, y se sumaron, los puntos que cayeron sobre el límite se sumaron y se dividieron en dos; seguidamente la sumatoria se aplicó a las siguientes formulas (DANE 2008):

**Área en hectáreas = (Escala del mapa / 20000)<sup>2</sup> \* número de puntos pequeños.**

**Área en hectáreas = (Escala del mapa / 10000)<sup>2</sup> \* número de puntos grandes.**

- **Biomasa arbórea en pie.**

Posterior a esto toda la información que se obtuvo en campo y la obtenida en el laboratorio se registró y organizó en una tabla de base de datos en Excel, allí se documentaron los datos de DAP y alturas respectivas para cada individuo en cada área (Anexos 1, 2 y 3). A partir de esta base de datos se continuó a realizar los siguientes cálculos:

Para estimar la biomasa aérea del campus de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá, se utilizó una ecuación exponencial establecida por (Brown *et al.* 1989 en Terán *et al.* 2000), referida a continuación:

$$BT = e^{-2,4090 + 0,9522 \ln(d^2 * h * \delta)}$$

Donde:

**BT**= Biomasa aérea total (T/ha)

**e**= Base del logaritmo natural (2.718271)

**d**= Diámetro a la altura del pecho o DAP (m)

**h**= Altura total del árbol (m)

**δ**= Densidad básica de la madera (t/m<sup>3</sup>)

La biomasa aérea total obtenida para cada una de las parcelas de cada área (314.16 m<sup>2</sup>) del campus de la Pontificia Universidad Javeriana, se suma y se extrapola a una hectárea.

Para la determinación de la densidad básica de la madera, se utilizaron las muestras de madera y esta se determinó con la siguiente ecuación:

$$\delta = V / P$$

Donde:

**δ**= Densidad básica de la madera (t/m<sup>3</sup>)

**V**= Volumen de la madera (m<sup>3</sup>)

**P**= Peso seco de la madera (t)

Posteriormente se continuó a establecer el volumen en m<sup>3</sup> de cada uno de los árboles por medio de la ecuación de volumen construida por (Rivas 2006):

$$V = AB * h * Ff$$

Donde:

**V**= Volumen del árbol (m<sup>3</sup>)

**AB**= Área basal (m<sup>2</sup>)

**h**= Altura o longitud del árbol (m)

**Ff**= Factor o coeficiente de forma.

La estimación del área basal (AB), se obtuvo como resultado del cuadrado del (DAP) dividido entre  $4 \pi$ . (Céspedes 2007)

El factor forma, se determinó empíricamente, es diferente para cada diámetro y especie, teniendo valores entre 0,53 y 0,7; por esta razón se tomara como factor forma 0,7 para representar todos los valores (Rivas 2006).

- **Producción de biomasa aérea liberada por los árboles.**

Con la información obtenida del peso seco de la biomasa aérea en cada una de los muestreos, se calculó la tasa de producción de biomasa aérea, valorada como la relación entre la cantidad producida de biomasa aerea en un área establecida (colectores de 3.9470 m<sup>2</sup>) y el tiempo en el que se colectaron las muestras (8 días por muestreo), posteriormente se analizó la información obtenida.

- **Estimación indirecta del contenido de carbono en la biomasa aérea del campus:**

Se calcula que aproximadamente el 50% de la biomasa vegetal corresponde al carbono, de manera que para estimar el carbono almacenado total en la biomasa aérea del campus de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá, se multiplico la biomasa total (BT) por la constante 0.5, factor de conversión de biomasa a carbono capturado (Brown *et al.* 1984; Dauber *et al.* 2000; Husch 2001; IPCC 2006).

$$\text{CBT} = \text{BT} * 0.5$$

Donde:

**CBT**= Carbono almacenado (ton/ha)

**BT**= biomasa total (ton/ha).

#### 6.4. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS

- **Análisis estadísticos**

El tipo de análisis estadístico a aplicar a la producción de biomasa aérea arbórea, se determino realizando una prueba de normalidad (prueba de Shapiro – Wilks) con el programa Past versión 2.17 (PAST 2012). Una vez se conoció que los datos no eran paramétricos, se empleo la prueba de Kruskal – Wallis con un intervalo de confianza del 95 %; esta prueba mostró la significancia de estas variables en la producción de biomasa aérea arbórea y se realizó con el programa Past versión 2.17.

## 7. RESULTADOS

**Superficie de la cobertura forestal.**

La cobertura vegetal arbórea encontrada dentro del campus de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá es fundamentalmente mixta compuesta por especies nativas y exóticas; esta corresponde un 2.16 de hectáreas, allí se establecieron tres áreas donde se localizaron los colectores de biomasa aérea y las parcelas de muestreo; estas áreas están distribuidas de la siguiente manera: área 1 entre básicas y el edificio 44 de salones de la carrera de música, área 2 rodeando el canal del edificio 67 José Rafael Arboleda S.J. y el área 3 rodeando la cancha de fútbol (grafico 6).



**Grafico 6.** Mapa de la cobertura arbórea y áreas de localización de colectores de biomasa en el campus la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá.

### Biomasa arbórea en pie.

Se obtuvieron datos de 119 árboles de las tres áreas identificadas con cobertura arbórea significativa, El DAP de los árboles muestreados en el campus varió de 0,15 a 1,88 m, la altura varia de 3,8 a 14 m (Anexos 1, 2 y3).

En cuanto a las densidades de la madera de los arboles muestreados estas varían por especie de acuerdo la tabla 2.

#	Especie	Largo muestra de madera (cm)	Diámetro de muestra de madera (cm)	Radio de muestra de madera (cm)	Peso de muestra de madera (g)	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Densidad madera (T/m <sup>3</sup> )
1	<i>Eucalyptus globulus</i>	6,5	0,4	0,2	0,67	0,82	0,81
2	<i>Fraxinus chinensis</i>	9,8			1,08	1,23	0,87
3	<i>Eucalyptus pulvirulenta</i>	6,7			0,73	0,84	0,87
4	<i>Prunus serotina</i>	6,8			1,00	0,85	0,94
5	<i>Ficus elastica</i>	11,4			1,11	1,43	0,77
6	<i>Cupressus lusitanica</i>	10,7			0,86	1,34	0,64
7	<i>Pinus patula</i>	11,6			0,80	1,46	0,55
8	<i>Sambucus peruviana</i>	7,3			0,73	0,92	0,80
9	<i>Acacia melanoxylon</i>	10,6			0,64	1,33	0,48
10	<i>Podocarpus oleifolius</i>	7			0,65	0,88	0,74
11	<i>Yucca elephantipes</i>	11,3			1,08	1,42	0,76
12	<i>Quercus humboldtii</i>	10,3			0,75	1,29	0,58
13	<i>Croton funckianus</i>	9,6			0,67	1,21	0,55
14	<i>Tecoma stans</i>	7			0,62	0,88	0,70

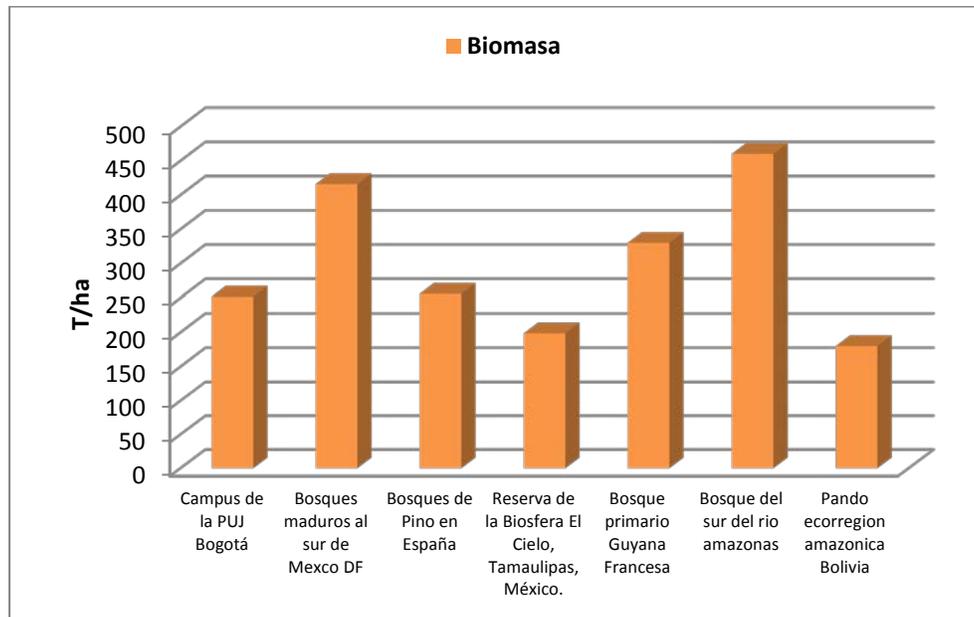
**Tabla 2.** Densidades de especies arbóreas del campus de la Pontificia

Universidad Javeriana de Bogotá.

Los resultados de biomasa arbórea en pie del campus de la pontificia Universidad Javeriana de Bogotá arrojan que el área 1 tiene una biomasa total de 129,05 T/ha, el área 2 tiene una biomasa total de 32,55 T/ha y el área 3 tiene una biomasa total de 90,14 T/ha (anexo 1, 2 y 3).

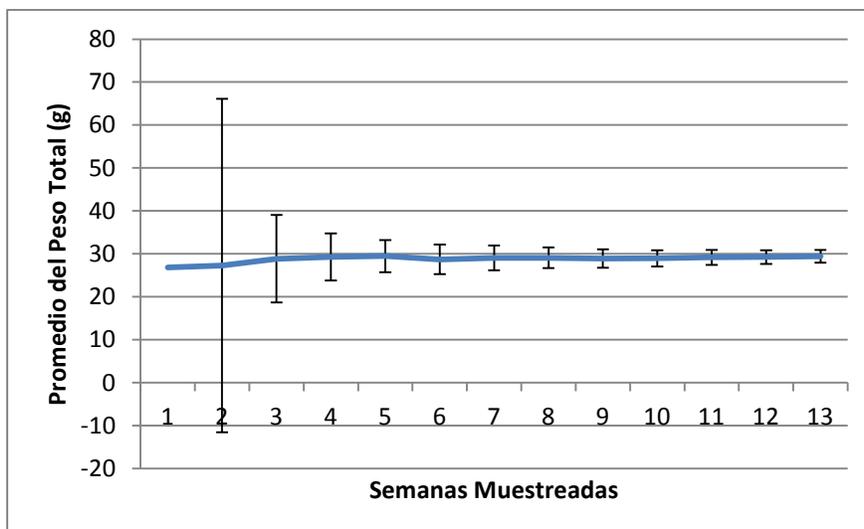
Confrontando los resultados obtenidos de la biomasa aérea arbórea en el campus de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá, con registros de datos obtenidos

en investigaciones hechas en otros tipos de bosques y ecosistemas urbanos (gráfico 8), es posible determinar que la biomasa aérea arbórea del campus es similar a los de los bosques de pino de España.



**Gráfico 8.** Comparación de las estimaciones de biomasa en diferentes tipos de ecosistemas urbanos y naturales tropicales. Adaptado de Céspedes (2007) y Rodríguez *et al.* (2009).

Dentro de los resultados del promedio de la biomasa aérea arbórea del campus de la universidad se encontró que estos son homogéneos y están dentro del error potencial positivo y negativo del 5% (gráfico 9).



**Gráfico 9.** Cuantía de error potencial positiva y negativa del 5% de la biomasa aérea arbórea del campus de la Pontificia Universidad Javeriana.

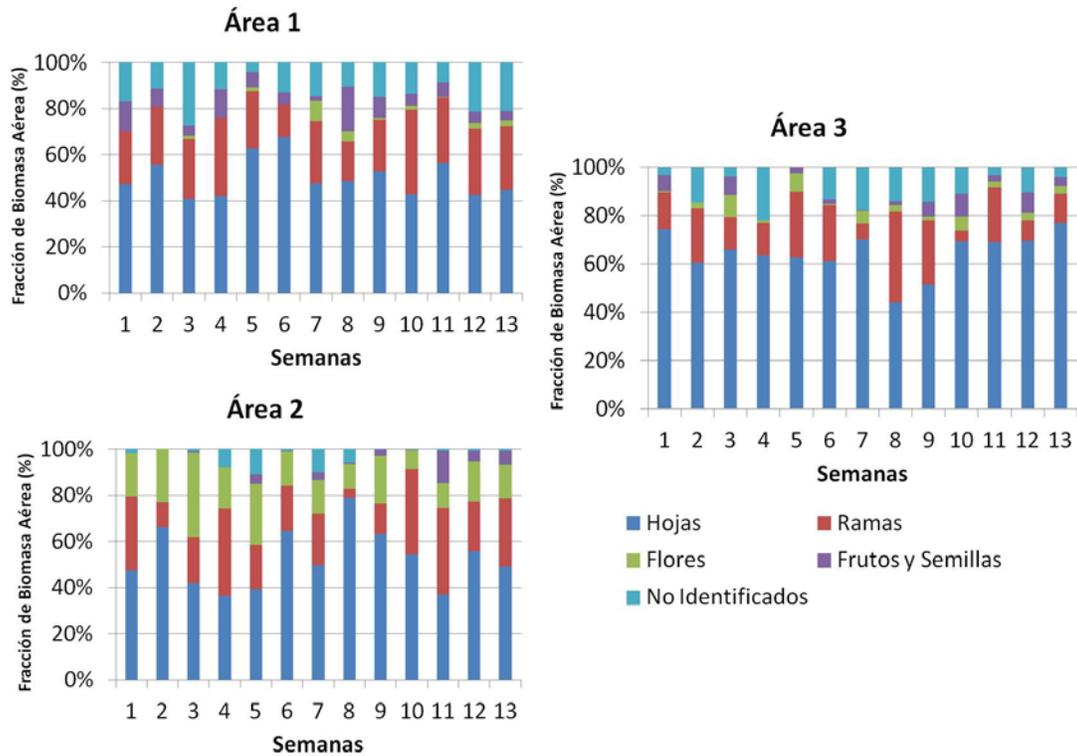
### **Producción de biomasa aérea liberada por los arboles.**

La producción de biomasa aérea arbórea que se recolectó en el campus, en un periodo de 7 días, se muestra en la tabla 3 y anexo 4. El mayor aporte de biomasa aérea, representado durante el periodo muestreado, fue dado por las hojas con 14,58 y 17,93 g/m<sup>2</sup>/semana, lo que equivale al 49 y 64% de la producción semanal respectiva. Seguidos por los datos arrojados por las ramas con 4,83 y 9,07 g/m<sup>2</sup>/semana, siendo este el 19 y 29% de la producción semanal. Continuando en importancia, pero con valores algo inferiores, con 1,26 y 4,42 g/m<sup>2</sup>/semana, los aportes de los restos no identificados, dando un porcentaje entre el 4 y 14% de la producción total. Los aportes de las flores representan 1,16 y 3,75 g/m<sup>2</sup>/semana, lo que significa un 4 y 12%, respectivamente (anexo 4). Los frutos y semillas contribuyeron con las menores cantidades de materia seca a la biomasa aérea arbórea, con sólo 0,59 y 2,39 g/m<sup>2</sup>/semana, lo que porcentualmente representan el 2 y 8% de las producciones semanales. Extrapolando la totalidad de producción de biomasa aérea arbórea a un año se obtuvo un resultado de 626,16 Kg/ha.

Semana	Hojas (g)	Ramas (g)	Flores (g)	Frutos y Semillas (g)	Restos No Identificados (g)	Total (g)	Total biomasa Aérea (Kg/ha)	Total Producción Biomasa Aérea (Kg/ha/mes)
1	16,66	7,18	1,88	2,13	2,49	30,33	0,97	4,14
2	14,59	4,93	1,69	0,73	2,28	24,22	0,77	3,30
3	16,33	6,34	3,76	1,59	3,99	32,01	1,02	4,37
4	14,92	8,33	1,61	1,31	4,42	30,60	0,97	4,17
5	17,02	7,36	3,34	1,25	1,28	30,24	0,96	4,13
6	15,90	4,84	1,16	0,59	2,35	24,85	0,79	3,39
7	16,48	6,49	3,21	0,68	4,14	30,99	0,99	4,23
8	15,64	6,65	1,52	2,39	3,24	29,44	0,94	4,02
9	15,21	5,73	1,98	1,65	2,78	27,35	0,87	3,73
10	16,09	8,03	1,42	1,54	2,64	29,72	0,95	4,05
11	17,12	9,07	1,36	2,30	1,27	31,11	0,99	4,24
12	16,55	6,06	2,00	1,82	3,64	30,07	0,96	4,10
13	17,93	7,23	1,84	1,38	3,19	31,56	1,00	4,31

**Tabla 3.** Aporte de biomasa aérea del campus de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá.

La biomasa aérea arbórea del campus registrada porcentualmente mostró algunas diferencias entre las áreas muestreadas dentro de las condiciones de los arboles del campus (grafico 7). En las tres áreas muestreadas, el porcentaje de peso remanente varió significativamente entre las diferentes fracciones de biomasa aérea arbórea y las 13 semanas muestreadas.



**Grafico 7.** Representación porcentual de los diferentes componentes de la biomasa aérea arbórea registrados en cada una de las áreas identificadas en el campus de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá.

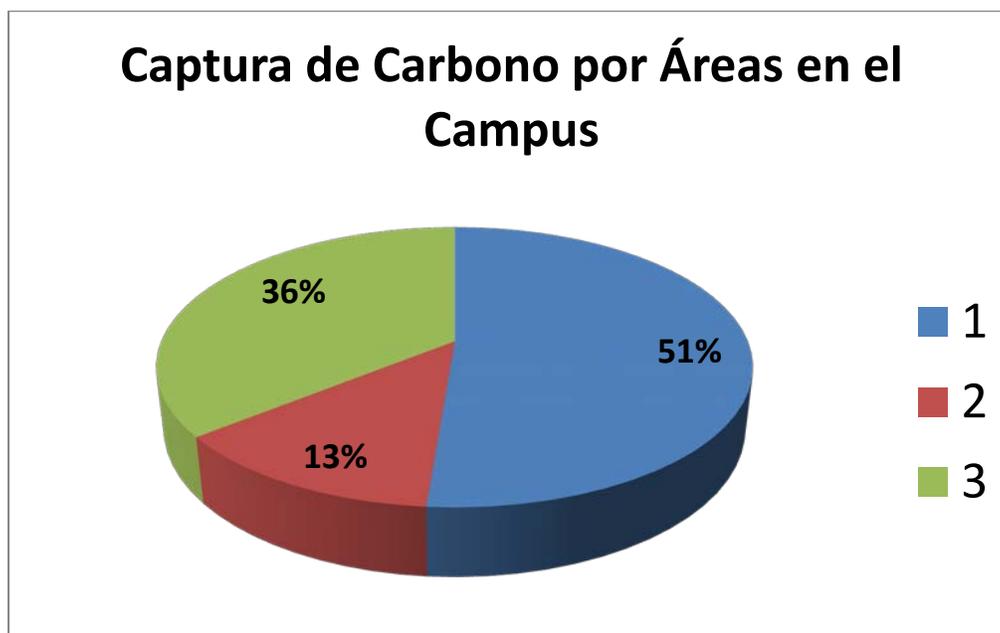
La prueba de normalidad realizada para los datos de producción de biomasa arbórea aérea de las especies del campus de la universidad arrojó un valor de  $P = 0,01004$  (g.l. = 5,  $P < 0.05$ ) con la prueba de Shapiro –Wilks, menor al 5% por lo cual se rechaza la hipótesis nula de la normalidad en los datos e indica que se debe utilizar un análisis estadístico no paramétrico.

Asimismo se analizó si la producción de biomasa aérea arbórea es igual en las tres áreas de muestreo dentro del campus de la universidad con la prueba estadística de Kruskal – Wallis, la cual arrojó un valor de  $P = 0.0058$  (g.l = 5,  $P < 0.05$ ) rechazando la hipótesis nula de igualdad en la producción de hojarasca en las tres áreas de muestreo, demostrando diferencias significativas.

Por último se analizó si la producción de biomasa aérea arbórea es igual en el tiempo de muestreo utilizando la prueba estadística de Kruskal - Wallis, la cual arrojó un valor de  $P = 0.0058$  (g.l = 5,  $P < 0.05$ ) mostrando que en los meses de muestreo de acuerdo a la estacionalidad de la biomasa aérea arbórea, la producción es significativamente diferente.

### **Contenido de carbono en la biomasa aérea del campus:**

Los resultados conseguidos revelan que el total de captura de carbono que se consiguió en el campus de la universidad es de 125,87 T/ha. Allí se halló que el área que tiene mayor captura es el área 1 ubicada entre básicas y el edificio 44 de salones de la carrera de música con 64,53 T/ha, siendo este el 51%, este dato estuvo seguido por el área 3 que corresponde a los árboles que rodean la cancha de futbol con 45,07 T/ha, siendo este el 36% y por ultimo el área que tiene menos aporte de carbono es el área 2 que rodea el canal del edificio 67 José Rafael Arboleda S.J. con 16,28 T/ha, siendo este el 13% del total de la captura de carbono del campus como lo muestra el gráfico 10.



**Gráfico 10.** Porcentaje de captura de carbono por áreas del campus de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá.

## 8. DISCUSIÓN

### **Superficie de la cobertura forestal.**

Otras universidades tienen en cuenta el elemento natural dentro de sus instalaciones,

En el área del campus de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá, existe una buena presencia y representatividad, hablando de la cobertura arbórea presente; ya que el campus de la Pontificia Universidad Javeriana es de las pocas universidades de la ciudad de Bogotá que cuenta con este elemento natural dentro de sus instalaciones, debido entre otras cosas al concepto de campus universitario, es decir un espacio en el cual se pueda estudiar y a su vez disfrutar del lugar en donde se está. Universidades como la Sabana, Nacional, Andes, cuentan con gran cantidad de zonas verdes y de árboles, lo cual, evidencia la importancia de estos en la comunidad universitaria a la cual benefician (Céspedes 2007). Dentro de la universidad Javeriana, en algunas áreas, hay mayor cantidad y variedad de arboles que en otras, esto debido a como se han construido las diferentes edificaciones y los diferentes diseños que han sido llevados dentro de la universidad (Céspedes 2007), por esta razón es que áreas como la biblioteca central tiene muy poca presencia de árboles; mientras que zonas como los alrededores de la cancha de futbol, el canal del edificio 67 José Rafael Arboleda S.J. y el área ubicada entre básicas y el edificio 44 de salones de la carrera de música, son los sitios dentro del campus con la mayor presencia de especies arbóreas.

La presencia de los arboles dentro de la ciudad es de gran importancia debido a la cantidad de funciones y servicios ecosistémicos que ofrece tanto a la ciudad como sistema, como a las poblaciones de fauna y flora que habitan dentro y fuera de ella; al igual que a la comunidad universitaria, donde se destacan entre los

servicios que prestan los árboles, el mejoramiento de la calidad de aire, mayor conservación de energía, así como, generadores de sombra, entre otros (Prendergast & Prendergast 2003). Teniendo en cuenta la posición estratégica en la cual se encuentra la universidad, la cobertura arbórea de esta, se tiene en cuenta debido a que puede servir como corredor biológico para distintas especies que se encuentran en el Parque Nacional y los Cerros Orientales.

### **Biomasa arbórea en pie.**

La especie árbol de caucho *Ficus elastica*, alcanza un gran porte (DAP promedio de 1,19 m y una altura promedio de 11 metros); seguida por especies como el ciprés *Cupressus lusitanica* con alturas y DAP promedio de 9,2 m y 0,6 m y el eucalipto *Eucalyptus globulus* con alturas y DAP promedio de 7,4 m y 0,4 m, por eso tanto el volumen como la biomasa de estas especies introducidas sea considerablemente alta; mientras que especies nativas muestreadas dentro del campus, alcanzando portes medianos y pequeños, como el croton o drago *Croton funckianus* (DAP promedio de 0,31 m y una altura promedio de 5,9 m) y el roble *Quercus humboldtii* (DAP promedio de 0,4 m y una altura promedio de 5,9 m); la biomasa calculada para el área 1 del campus (190,76 T/ha) es 10% mayor a la calculada para el área 3 (150,79 T/ha) y es 28% mayor a la biomasa calculada para el área 2 del campus (73,22 T/ha), esto posiblemente a que en el área 1 se encontraron mayor cantidad individuos de especies arbóreas con un DAP muy alto, mayores de 0,7 metros, los cuales, pueden equivaler a aproximadamente un 40% de la biomasa aérea en pie total, aun cuando esos árboles sean parte de menos de 5% de el total de los árboles (Brown, 1997).

La biomasa para las áreas muestreadas del campus es considerablemente alta si se contrasta con la biomasa de otros ecosistemas urbanos y naturales tropicales presentados en el grafico 8, por lo que incluso tienen una biomasa similar a la calculada para a los de los bosques de pino de España, en un estudio de (Montero *et al.* 2004); esto indican que los ecosistemas forestales urbanos, como el de la

Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá, son áreas de bosques urbanos maduros, con un número considerable de especies introducidas europeas, en un buen estado de longevidad, pese a que las áreas de bosque del campus de la universidad están dentro de la ciudad de Bogotá, sobre la carrera séptima que es una vía de alto tráfico vehicular; estos parches de bosques han podido permanecer en un estado de conservación por políticas internas de la universidad y de la ciudad.

### **Producción de biomasa aérea liberada por los arboles.**

En la cantidad de biomasa aérea arbórea, se halla gran variabilidad, al igual que en el contenido de carbono acumulado en las áreas de muestra del campus, a razón de las dinámicas de la hojarasca, que influyen los niveles de acumulación de estos (Vargas *et al.* 2007.). Confrontando el postulado anteriormente mencionado, en la investigación realizada de producción de biomasa aérea arbórea, se observó una cuantía de error potencial positiva y negativa del 5% en los resultados muestreados (grafico 9); donde a través del análisis estadístico, se evidenció que existe una diferencia significativa en la producción de biomasa aérea arbórea entre las semanas de muestreo a razón de la estacionalidad y variabilidad de ésta, la cual afecta las cantidades generadas.

Del mismo modo se hallaron diferencias significativas entre la producción de biomasa aérea arbórea por áreas, la cual puede ser resultado de la distribución de los individuos dentro del campus, indicando que las áreas de muestreo del campus no son homogéneas en la distribución de sus abundancias y que por lo tanto algunas áreas tienen mas individuos que otras.

Además de lo anterior, la producción de biomasa aérea arbórea para las trece semanas muestreadas del campus, mostró que la diferencia no es estadísticamente significativamente contradictoria, y por tanto tienen una producción un tanto similar; lo cual puede deberse a que durante el tiempo de

muestreo en las tres áreas, fue el mismo y se contó con colectores iguales, por consiguiente es posible que tengan en el tiempo una producción muy similar.

Se estimó una tasa de producción de biomasa aérea arbórea, para cada semana durante el periodo de muestreo; a partir del cual se pudo observar que la semana de mayor producción para el área 1, fue la semana 13, para el área 2, fue la semana 7 y para el área 3, fue la semana 5. Por otro lado esta producción es muy baja contrastándola con otros estudios de bosques al tratar de calcular una tasa de producción anual; estudios como el de Zapata *et al.* (2007), donde la producción de hojarasca de bosques tropicales es de 77877,20 kg/ha/año; o para Vargas y Varela (2007), donde la producción para bosques montanos esta alrededor de 7831 g/ha.

Como consecuencia de factores como limitaciones de tiempo y recursos sólo se realizaron 13 muestreos en el año, cada uno de 8 días, por lo que no se consideraron las fluctuaciones de aumento o disminución durante todo un año, por consiguiente no es sensato extrapolar estos datos a un año, pues usualmente estas mediciones se deberían hacer mensualmente durante un año para no incurrir en sesgos. Igualmente la baja producción de biomasa aérea se debe considerar por otros factores que hacen gran influencia en esta, como las características climáticas como el viento, lluvias y temperatura, edáficas, lumínicas entre otros factores.

### **Contenido de carbono en la biomasa aérea del campus.**

El contenido de carbono obtenido en los resultados (Contenido Total de Carbono (CT) = 64,53 t/ha para el área 1; CT = 16,28 t/ha para el área 2 y CT = 45,07t/ha para el área 3), está en un rango de valores que varían y entran en registros hallados donde sí se verifican con los resultados obtenidos en bosques tropicales

de Bolivia y Guatemala y los obtenidos en los bosques andinos de Argentina y Chile, los cuales muestran datos de 86 tC/ha, 104.08 tC/ha, 483,74 tC/ha y 662.06 tC/ha, respectivamente, Pero si se suman las cantidades de carbono obtenidas de carbono este dato para el campus es muy relevante y satisfactorio 125,87 t/ha y si comparamos ese resultado con registros de áreas urbanas como Atlanta , USA con 120 t/ha, la cual tiene un área mayor que el campus de la universidad y soporta mayor cantidad de población. Revelando que existe una buena captura de carbono de los árboles de la universidad sin tener en cuenta la cantidad de emisiones de carbono que se presentan alrededor del campus; no obstante es importante considerar las variaciones de los resultados por las diferentes metodologías utilizadas y empleadas en cada uno de los estudios, la cantidad de carbono dentro del campus de la Pontificia Universidad Javeriana es el resultado de la acción de las especies de arboles presentes como sumideros de CO<sub>2</sub>, a partir de la mitigación del CO<sub>2</sub> de la atmósfera, proporcionando un servicio ambiental significativo y muy necesario actualmente, donde el cambio climático afecta a la población mundial e igualmente el equilibrio ecosistémico.

El aumento en las concentraciones de CO<sub>2</sub>, entre otros cambios atmosféricos como el aumento de la temperatura, y la estabilidad de los parámetros meteorológicos, como la precipitación, los arboles y bosques juegan un papel regulador (Lewis 2006), por esta razón es de vital importancia proteger y conservar los remanentes de bosques que se encuentren dentro de las ciudades, al igual que continuar remplazando las especies exóticas que dominan la cobertura arbórea del campus de la universidad por especies nativas de alto aporte a la captación de carbono y continuar asegurando los servicios ambientales que ellos prestan.

Es importante considerar las especies arbóreas que se encuentran en el campus de la universidad ya que algunas plantas desarrollan niveles de vulnerabilidad más altos que otras a los contaminantes que se presentan en la ciudad. Es por esta razón que las plantas con hojas perennes como los pinos, son más susceptibles que las caducifolias gracias a que estos últimos renuevan sus hojas y cambian sus

hojas constantemente (Tunarroza 2002). Los bosques urbanos, como todos los ecosistemas forestales, absorben y convierten CO<sub>2</sub> en oxígeno, pero es muy importante conocer la capacidad específica de cada especie para capturar carbono, pues se sabe que los mejores aspirantes para la arborización urbana son los árboles que tiene un rápido crecimiento, follaje denso, y producción importante de biomasa (Céspedes 2007). Por consiguiente es importante y necesario a la hora de arborizar, elegir especies capaces de suplir las necesidades del ambiente.

La captura de carbono de los arboles siempre tendrá variaciones dependiendo de la edad y el crecimiento de estos, por consiguiente se debe conocer y entender que las emisiones que se generan dentro y en los alrededores del campus con el tiempo incrementan, mientras que la capacidad de captura de carbono de los árboles tenderá a estabilizarse y a ser poco eficiente dentro del sistema (American Forests 2007). Esto porque las emisiones de carbono que se generan dentro del campus ya no están siendo lo suficientemente capturadas por la edad de los árboles de la universidad.

## **9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **Conclusiones**

Las estimaciones de biomasa área arbórea, para el campus de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá fueron relativamente medias, comparadas con otros ecosistemas naturales y urbanos, lo que indica que las áreas muestreadas tiene arboles diversos en especies y longevidad, en un buen estado de conservación; mientras que las estimaciones de productividad primaria arbórea y contenido de carbono fueron bajas, esto debido a condiciones externas como el clima y que posiblemente las emisiones que se generan alrededor y dentro del campus son mayores.

El obtener un acercamiento a registros de contenido de carbono de las áreas de cobertura arbórea de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá, muestran cómo funciona y es la dinámica del carbono en ecosistemas urbanos, al mismo tiempo da a conocer un poco de los servicios ambientales que estos parches de bosque brindan y que están siendo necesitados a nivel local y mundial.

Dentro del campus de la universidad los árboles juegan un papel importante en la regulación climática del campus, debido a que proporcionan y apoyan a la disminución de la temperatura ambiente del campus, al igual que aportan a la disminución de la velocidad de los vientos procedentes de los cerros orientales.

### **Recomendaciones**

Para la estimación de producción de biomasa aérea arbórea, es necesario realizar un mayor número de réplicas en diferentes épocas del año, por la dificultad de tomar los datos más seguidos, en esta investigación se tomaron solo 3 meses del año, sin embargo, tres épocas no son suficientemente significativas cuando se va a realizar una estimación de tasa de producción de biomasa aérea arbórea anual.

Es muy importante verificar y tener en cuenta los factores meteorológicos que tienen una gran influencia en la productividad primaria y producción de biomasa aérea arbórea, así pues sería significativo el monitoreo de estos factores en las áreas de estudio con el fin de relacionar la productividad y el clima, en este estudio no fue posible conseguir los datos climáticos suficientes para dicho análisis debido a los altos costos de estos y por la inexistencia de algunos datos.

## 10. REFERENCIAS CITADAS

- Agudelo-Guinand, M. (2009). Biomasa Aérea Y Contenido De Carbono En Bosques De *Quercus humboldtii* y *Colombobalanus excelsa*: Corredor De Conservación De Robles Guantiva – La Rusia – Iguaque (Santander – Boyaca). Santiago De Cali. Colombia.
- Amaya, C. (2005). El ecosistema urbano: Simbiosis espacial entre lo natural y lo artificial. *Revista forestal Latinoamericana*. 37: 1 - 16.
- AMB. (2004). Alcaldía Mayor de Bogotá. Programa Turístico de 12 Localidades. Ficha Técnica Turística. Localidad de Chapinero. Alcaldía Mayor de Bogotá. Instituto Distrital de Cultura y Turismo. Bogotá.
- American Forests. (2007). Urban summaries of American Forests. Urban Ecosystem Analysis. Data For decision Making Atlanta; Georgia. U.S.A.
- Anderson, J. M. (1973). Stand structure and litter fall of a coppiced beech *Fagus sylvatica* and sweet chestnut *castanea sativa* woodland. *Oikos* 24 (1): 128-135.
- Arenas, S. H. (1995). Dinámica de la hojarasca en un bosque nativo altoandino y un bosque de eucaliptos en la región de Monserrate, Colombia. En: MORA-O, L. y STURN, H (eds.). *Estudios Ecológicos del Páramo y del Bosque Altoandino Cordillera Oriental de Colombia*. Tomo II. Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. Colección Jorge Álvarez Lleras N° 6 Santa Fe de Bogotá. Colombia.
- Begon, M.J., Harper, L. Y Townsend, C.R. (1986). *Ecology: individuals, populations and communities*. Sinauer, Sunderland, M.A. USA.

- Briske, D.P. Y Heischmidt, R.K. (1993). An ecological perspective. En: R. K. Heischmidt y J.W. Stuck (ed.). *Grazing Management: An Ecological Perspective*. Timber Press inc. Hong Kong. 14-15.
- Brown, S. (1997). *Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a Primer*. FAO Forestry Paper 134. Roma, Italia.
- Brown, S. (2002). Measuring Carbon in forest: Current status and future challenges. *Environmental Pollution* 116. p. 363 – 372.
- 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. (1984). Biomass of Tropical Forests: A New Estimate Based on Forest Volumes. *Science, New Series*, Vol. 223, No. 4642. p. 1290-1293.
- Cáceres, L., Mejía, R. Y Ontoneda, G. (1998). *Evidencias del Cambio Climático en el Ecuador*. Instituto Nacional de Meteorología e hidrología. Quito, Ecuador.
- Céspedes, T. (2007). *Evaluación De Los Servicios Ecosistémicos Prestados Por Los Árboles Al Campus De La Pontificia Universidad Javeriana Bogotá Colombia*. Tesis. Ecología. Bogota. Pontificia Universidad Javeriana.
- Clark, D.A. Brown, S. Kicklighter, D. W. Chambers, J. Q. Thomlinson, J. R. Y Ni, J. (2001). Measuring Net Primary Production in Forests. Concepts and field methods. *Ecological Applications*. 11(2), pp 371-384.
- DANE. (2008). Departamento Administrativo Nacional de Estadística. *Manual de Uso de Fotografía Aérea y Cartografía Topográfica, Encuesta Nacional de Desempeño Agropecuario – ENDA*. Bogota.

- Dauber, E.; Terán, J Y Guzmán, R. (2000). Estimaciones de biomasa y carbono en bosques naturales de Bolivia. *Revista Forestal Iberoamericana*. Volumen 1, número 1. IUFRO – RIFALC. Venezuela. 83. 10. p.
- Diaz, S. Y Molano, M. (2001). Cuantificación y valoración económica de la captura de CO<sub>2</sub> por plantaciones del género *Eucalyptus*. *Revista Forestal Iberoamericana*. Vol 7. No. 14.
- Dixon, R. K., S. Brown, R. A. Houghton, A. M. Solomon, M. C. Trexler, Y J. Wisniewski. (1994). Carbon Pools and Flux of Gobar Forest Ecosystems. *Science* 263:185–190.
- Ellis, C. Lee, S. Kweon, B. (2004). Retail land use, neighborhood satisfaction and the urban forest: an investigation into the moderating and mediating effects of trees and shrubs. *Landscape and Urban Planning*. Texas A&M University.
- Fau-Daners, D. (2009). El papel de los bosques en el Ciclo del Carbono. *Gestión ambiental sostenible*. Boletín de sostenibilidad de IBERSILVA SERVICIOS. p. 4 – 6.
- FIDA. (2004). Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola. Memorando de entendimiento entre el banco internacional de reconstrucción y fomento (birf), en calidad de administrador fiduciario del fondo de biocarbono, y el fondo internacional de desarrollo agrícola en relación con el tramo de manejo de tierras secas del fondo de biocarbono. 2004. p.1.
- Gasperri, I. Y Manghi. E. (2004). Estimación de volumen, biomasa y contenido de carbono en las regiones forestales Argentinas. Ministerio de salud y

ambiente de la República de Argentina. Unidad de manejo del sistema de evaluación forestal. Argentina.

Hough, M. (1998). *Naturaleza Y Ciudad: Planificación Urbana Y Procesos Ecológicos*. Barcelona. Traducción Gustavo Pili. 315 P.

Husch, B. (2001). Estimación del contenido de carbono de los bosques. En: *Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la captura de carbono en Ecosistemas Forestales*. Valdivia – Chile. 9 p.

Iragorri, G. (2001). *Plan de arborización para el campus de la Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C.* Tesis de Ecología. Facultad de Estudios Ambientales y Rurales. Pontificia Universidad Javeriana. 105 p.

IPCC. (2006). *Intergovernmental Panel on Climate Change. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Panel Intergubernamental del Cambio Climático.

IPCC. (2007). *Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación). IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), Ginebra, Suiza.

Kanninen, M. (2007). *Secuestro de Carbono en Bosques El Papel de los Bosques en el Ciclo Global de Carbono*.

Lauenroth W.K. Y Sala O.E. (1992). Long-term forage production of North American shortgrass steppe. *Ecological Applications* 2:397-403

- Leigh, J. E. G. Y Windsor, D. (1990). Producción del bosque y regulación de consumidores primarios de la isla de Barro Colorado. Pg.179-190.
- Lewis, J.K. (1969). Primary producers in grasslands ecosystems. In G.M. Van Dejne (ed.). The ecosystems concept in natural resources management. Academic Press, New York.91- 187.
- Lewis, S. (2006). Tropical forest and the changing earth system. The Royal Society. London. p. 195 – 210.
- Macnaughton, S. J, M. Oesterheld, D. A. Frank Y K. J. Williams. (1989). Ecosystem-level Patterns of Primary Productivity and Herbivory in Terrestrial Hábitats. *Nature* 341:142 – 144.
- MAVDT. (2007). Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. Colombia vende Us \$ 1 Millón por captura de CO<sub>2</sub> en proyecto forestal. Colombia.
- MMA. (2000).Ministerio del Medio Ambiente. Estudio de Estrategia Nacional para la Implementación del Mecanismo de Desarrollo Limpio en Colombia. Bogotá. 238 p.
- Montero, G. Muñoz, M. Donés, J. Y Rojo, A. (2004). Fijación de CO<sub>2</sub> por *Pinus sylvestris* L. y *Quercus pyrenaica* Willd. En los montes “Pinar de Valsaín” y “Matas de Valsaín”. *Revista Investigación Agraria, Sistemas y Recursos Forestales* Vol 13 (2): 399-416.
- Moreno, L. F. (1987). Producción de Material Vegetal (Mantillo) en un Bosque Pluvial Premontano Tropical (Guatapé, Antioquia), durante el periodo de Septiembre – Diciembre. Universidad de Antioquia. Departamento de Biología. Medellín. Inédito.

- Mota, C., Alcaez, C., Iglesias, M., Martinez, M. Y Carvajal. M. (2010). Investigación sobre la absorción de CO<sub>2</sub> por los cultivos más representativos de la región de Murcia. Departamento de nutrición vegetal. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) Murcia, España.
- Neil, S. (2006). Bosques Urbanos en América Latina. Usos, Funciones, Representaciones. Compilado de Artículos. Universidad Externado de Colombia.
- Ordóñez, J. Y Masera, O. (2001). La captura de carbono ante el cambio climático. *Madera y Bosques* 7(1):3-12. Xalapa. México.
- PAST. (2012). PAlaeontological STatistics Prigram. <http://folk.uio.no/ohammer/past/>
- Prendergast, D Y Prendergast, E. (2003). *The Tree Doctor. A Guide to Tree Care and Maintenance.* USA. Firefly Books .141p.
- PUJ. (2007). Pontificia Universidad Javeriana. Presentación Campus Universitario. Información de Interés General. Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá. [www.javeriana.edu.co/puj/campus/presentacion.htm](http://www.javeriana.edu.co/puj/campus/presentacion.htm)
- Quinto, H. Ramos, Y. Abadía, D. (2007). Cuantificación De La Caída De Hojarasca Como Medida De La Productividad Primaria Neta En Un Bosque Pluvial Tropical En Salero, Chocó, Colombia. *Revista Institucional Universidad Tecnológica del Chocó D.L.C.* 26, 28-41.
- Ramírez, A. (2006). Ecología, Métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá. Colombia.

- Riera, P. (2004). Ponencia para el II Simposio Iberoamericano de Gestión y Economía Forestal. Universidad Autónoma de Barcelona. Departamento de Economía Aplicada. Barcelona, España.
- Rivas, D. (2006). Evaluación de los Recursos Forestales. Unidad II. Sistemas de Producción Forestal. Universidad Autónoma de Chapingo. Preparatoria Agrícola. Área de Agronomía. Mexico.
- Roberts, M.J. S.P. Long, Tieszen Y C.L. Beadle (1985). Measurement of Plant Biomass and Net Primary Production. Pergamon Press. Nueva York.
- Rodríguez, R. Jiménez, J. Aguirre, O. Treviño, E. Y Razo, R. (2009). Estimación De Carbono Almacenado En El Bosque De Pino-Encino En La Reserva De La Biosfera El Cielo, Tamaulipas, México. Universidad Autónoma Indígena de México. año/Vol. 5, Número 3. Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 317-327.
- Sala, O.; Jackson, J.; Money, H. Y Howarth, R. (2000). Methods in Ecosystem Science. Springer-Verlag. Berlin.
- Salas, J.R. Y A.C. Infante. (2006). Producción primaria neta aérea en algunos ecosistemas y estimaciones de biomasa en plantaciones. *Rev. For.Lat.* 40, 47-70.
- Schlegel, B. (2001). Estimación de la biomasa y carbono en bosques del tipo forestal siempreverde. Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la captura de carbono en Ecosistemas Forestales. Valdivia – Chile. Universidad Austral de Chile. p. 1- 13.

- Schlegel, B. Gayoso, J. Guerra, J. (2001). Manual de procedimientos para Inventarios de carbono en Ecosistemas forestales. Universidad Austral de Chile. Valdivia.
- Terán, J; Dauber, E; Guzman, R. (2000). Estimaciones de Biomasa y Carbono en Bosques de Bolivia. Revista Forestal Iberoamericana. Vol 1. # 1. 10p.
- Tunarroza, M. (2002). Evaluación de la Calidad del Aire de la Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá. Tesis de Ecología. Facultad de Estudios Ambientales y Rurales. Pontificia Universidad Javeriana.105 p.
- UNAM. (2007). Universidad Nacional Autónoma de México. Los Árboles en la UNAM. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Valencia, S. Y Vargas, J. (1997). Método empírico para estimar la densidad básica en muestras pequeñas de madera. Maderas y Bosques. 3 (1) 81–87.
- Vallejo, Joyas; M.I; Londoño, A.C; López, R.; Galeano, G; Alvarez, E Y Devia, W. (2005). Establecimiento de parcelas permanentes en bosques de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Bogotá – Colombia. 310 p y 277 p.
- Vargas, L & Varela, A. (2007). Producción de hojarasca de un bosque de niebla en la reserva natural La Planada (Nariño, Colombia). Universitas Scientarium. Revista de la Facultad de ciencias. Edición Especial I. Vol 12. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá.
- Villee, C. (1996). Biología. MCgraw Hill. 8ed.méxico D.F. México 142 -143.

Waring, R. H. Y W. H. Schlesinger. (1985). Forest Ecosystems: concepts and management. *Academic Press*, NewYork, New York, USA.

Whitmore, T.C. (1975). Tropical Rain Forest of the Far East. Oxford University Press, London.

Zapata, C.; Ramírez, J.; León, J. & Gonzáles, M. (2007). Producción de hojarasca fina en bosques alto andinos de Antioquia, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, vol.60, no.1.

## 11. ANEXOS

**Anexo 1.** Estimación de biomasa para el área 1 del campus de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá.

#	Especie	Altura (m)	DAP (m)	Volumen (m3) = $\frac{1}{4}(3.1416)*DAP^2*h*Ff$	Densidad (T/m3)	Biomasa total (T)
1	<i>Acacia melanoxylon</i>	5,0	0,28	0,2155	0,48	0,018
2	<i>Acacia melanoxylon</i>	7,6	0,35	0,5118	0,48	0,042
3	<i>Cupressus lusitanica</i>	9,0	0,58	1,6645	0,64	0,169
4	<i>Cupressus lusitanica</i>	9,7	0,52	1,4420	0,64	0,148
5	<i>Cupressus lusitanica</i>	8,0	0,54	1,2825	0,64	0,132
6	<i>Cupressus lusitanica</i>	8,2	0,56	1,4138	0,64	0,145
7	<i>Eucalyptus globulus</i>	7,3	0,48	0,9247	0,81	0,121
8	<i>Eucalyptus globulus</i>	8,0	0,59	1,5310	0,81	0,196
9	<i>Eucalyptus globulus</i>	6,8	0,3	0,3365	0,81	0,046
10	<i>Eucalyptus pulvirulenta</i>	6,7	0,29	0,3098	0,87	0,046
11	<i>Eucalyptus pulvirulenta</i>	6,7	0,37	0,5043	0,87	0,073
12	<i>Ficus elástica</i>	14,0	1,88	27,2040	0,77	2,885
13	<i>Ficus elástica</i>	10,0	0,71	2,7714	0,77	0,328
14	<i>Fraxinus chinensis</i>	8,6	0,42	0,8340	0,87	0,118
15	<i>Fraxinus chinensis</i>	8,1	0,45	0,9018	0,87	0,127
16	<i>Fraxinus chinensis</i>	8,7	0,43	0,8844	0,87	0,124
17	<i>Fraxinus chinensis</i>	8,0	0,41	0,7393	0,87	0,105
18	<i>Fraxinus chinensis</i>	8,0	0,46	0,9307	0,87	0,131
19	<i>Fraxinus chinensis</i>	6,4	0,45	0,7125	0,87	0,101
20	<i>Fraxinus chinensis</i>	6,0	0,24	0,1900	0,87	0,029
21	<i>Fraxinus chinensis</i>	8,0	0,45	0,8906	0,87	0,125
22	<i>Fraxinus chinensis</i>	7,0	0,4	0,6158	0,87	0,088
23	<i>Fraxinus chinensis</i>	6,7	0,33	0,4011	0,87	0,059
24	<i>Fraxinus chinensis</i>	7,5	0,38	0,5954	0,87	0,085
25	<i>Pinus patula</i>	6,4	0,2	0,1407	0,55	0,014
26	<i>Podocarpus oleifolius</i>	6,4	0,47	0,7773	0,74	0,094
27	<i>Prunus serotina</i>	6,2	0,42	0,6013	0,94	0,092
28	<i>Prunus serotina</i>	5,5	0,38	0,4366	0,94	0,068
29	<i>Prunus serotina</i>	4,0	0,18	0,0713	0,94	0,012
30	<i>Prunus serotina</i>	3,8	0,15	0,0470	0,94	0,008
31	<i>Prunus serotina</i>	4,3	0,19	0,0853	0,94	0,014

32	<i>Prunus serotina</i>	5,1	0,27	0,2044	0,94	0,033
33	<i>Sambucus peruviana</i>	4,0	0,15	0,0495	0,80	0,007
34	<i>Sambucus peruviana</i>	4,3	0,28	0,1853	0,80	0,026
35	<i>Sambucus peruviana</i>	4,6	0,21	0,1115	0,80	0,016
36	<i>Yucca elephantipes</i>	7,0	0,49	0,9240	0,76	0,113
				51,4418		5,939
<b>BIOMASA TOTAL: 129,05 T/ha</b>						

**Anexo 2.** Estimación de biomasa para el área 2 del campus de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá.

#	Especie	Altura (m)	DAP (m)	Volumen (m3) = $\frac{1}{4}(3.1416)*DAP^2*h*Ff$	Densidad (T/m3)	Biomasa total (T)
1	<i>Acacia melanoxylon</i>	5,1	0,32	0,2871	0,48	0,024
2	<i>Acacia melanoxylon</i>	6,4	0,34	0,4067	0,48	0,034
3	<i>Acacia melanoxylon</i>	5,5	0,33	0,3293	0,48	0,027
4	<i>Acacia melanoxylon</i>	5,8	0,32	0,3265	0,48	0,027
5	<i>Acacia melanoxylon</i>	5,3	0,3	0,2622	0,48	0,022
6	<i>Acacia melanoxylon</i>	5,5	0,28	0,2371	0,48	0,020
7	<i>Acacia melanoxylon</i>	5,4	0,29	0,2497	0,48	0,021
8	<i>Acacia melanoxylon</i>	5,4	0,32	0,3040	0,48	0,025
9	<i>Acacia melanoxylon</i>	5,0	0,32	0,2815	0,48	0,024
10	<i>Acacia melanoxylon</i>	5,8	0,3	0,2870	0,48	0,024
11	<i>Acacia melanoxylon</i>	5,5	0,31	0,2906	0,48	0,024
12	<i>Acacia melanoxylon</i>	7,7	0,33	0,4610	0,48	0,038
13	<i>Acacia melanoxylon</i>	5,4	0,31	0,2853	0,48	0,024
14	<i>Acacia melanoxylon</i>	6,9	0,28	0,2974	0,48	0,025
15	<i>Croton funcckianus</i>	5,8	0,3	0,2870	0,55	0,028
16	<i>Eucalyptus globulus</i>	8,2	0,48	1,0387	0,81	0,135
17	<i>Eucalyptus globulus</i>	6,8	0,28	0,2931	0,81	0,041
18	<i>Eucalyptus globulus</i>	6,8	0,34	0,4322	0,81	0,059
19	<i>Eucalyptus globulus</i>	7,7	0,49	1,0164	0,81	0,133
20	<i>Eucalyptus pulvirulenta</i>	6,0	0,37	0,4516	0,87	0,065
21	<i>Eucalyptus pulvirulenta</i>	7,4	0,49	0,9768	0,87	0,136

22	<i>Eucalyptus pulvirulenta</i>	7,0	0,58	1,2946	0,87	0,178
23	<i>Fraxinus chinensis</i>	7,7	0,58	1,4241	0,87	0,196
24	<i>Fraxinus chinensis</i>	6,3	0,38	0,5001	0,87	0,072
25	<i>Fraxinus chinensis</i>	6,9	0,45	0,7682	0,87	0,109
26	<i>Fraxinus chinensis</i>	7,2	0,54	1,1543	0,87	0,160
27	<i>Fraxinus chinensis</i>	6,7	0,47	0,8137	0,87	0,115
28	<i>Fraxinus chinensis</i>	7,0	0,42	0,6789	0,87	0,097
29	<i>Prunus serotina</i>	4,8	0,21	0,1164	0,94	0,019
30	<i>Prunus serotina</i>	5,6	0,31	0,2959	0,94	0,047
31	<i>Prunus serotina</i>	5,2	0,22	0,1384	0,94	0,023
32	<i>Quercus humboldtii</i>	6,5	0,46	0,7562	0,58	0,073
33	<i>Quercus humboldtii</i>	6,4	0,34	0,4067	0,58	0,040
34	<i>Quercus humboldtii</i>	5,8	0,48	0,7347	0,58	0,071
35	<i>Quercus humboldtii</i>	4,0	0,31	0,2113	0,58	0,022
36	<i>Quercus humboldtii</i>	6,7	0,41	0,6192	0,58	0,060
37	<i>Tecoma stans</i>	4,0	0,18	0,0713	0,70	0,009
38	<i>Tecoma stans</i>	4,2	0,2	0,0924	0,70	0,012
39	<i>Tecoma stans</i>	5,3	0,23	0,1541	0,70	0,019
				19,0316	26,23196	2,279
<b>BIOMASA TOTAL: 32,55 T/ha</b>						

**Anexo 3.** Estimación de biomasa para el área 3 del campus de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá.

#	Especie	Altura (m)	DAP (m)	Volumen (m3) = $\frac{1}{4}(3.1416)*DAP^2*h*Ff$	Densidad (T/m3)	Biomasa total (T)
1	<i>Acacia melanoxylon</i>	5,0	0,3	0,2474	0,48	0,021
2	<i>Acacia melanoxylon</i>	7,2	0,34	0,4576	0,48	0,038
3	<i>Acacia melanoxylon</i>	6,4	0,29	0,2959	0,48	0,025
4	<i>Acacia melanoxylon</i>	7,0	0,29	0,3237	0,48	0,027
5	<i>Croton funckianus</i>	5,2	0,3	0,2573	0,55	0,025
6	<i>Croton funckianus</i>	6,5	0,3	0,3216	0,55	0,031
7	<i>Croton funckianus</i>	6,6	0,38	0,5240	0,55	0,049
8	<i>Croton funckianus</i>	5,3	0,26	0,1970	0,55	0,019
9	<i>Cupressus lusitanica</i>	10,0	0,6	1,9792	0,64	0,200

10	<i>Cupressus lusitanica</i>	10,5	0,65	2,4390	0,64	0,244
11	<i>Cupressus lusitanica</i>	8,4	0,48	1,0640	0,64	0,111
12	<i>Cupressus lusitanica</i>	9,0	0,5	1,2370	0,64	0,128
13	<i>Cupressus lusitanica</i>	9,4	0,52	1,3974	0,64	0,143
14	<i>Eucalyptus globulus</i>	8,3	0,5	1,1408	0,81	0,148
15	<i>Eucalyptus globulus</i>	8,0	0,48	1,0134	0,81	0,132
16	<i>Eucalyptus globulus</i>	7,4	0,36	0,5273	0,81	0,071
17	<i>Eucalyptus globulus</i>	6,3	0,23	0,1832	0,81	0,026
18	<i>Eucalyptus globulus</i>	6,4	0,28	0,2759	0,81	0,038
19	<i>Eucalyptus globulus</i>	7,2	0,39	0,6021	0,81	0,081
20	<i>Eucalyptus globulus</i>	7,5	0,4	0,6597	0,81	0,088
21	<i>Eucalyptus globulus</i>	8,4	0,53	1,2972	0,81	0,167
22	<i>Eucalyptus globulus</i>	7,4	0,38	0,5875	0,81	0,079
23	<i>Eucalyptus globulus</i>	8,5	0,56	1,4655	0,81	0,188
24	<i>Eucalyptus globulus</i>	6,5	0,22	0,1730	0,81	0,025
25	<i>Eucalyptus globulus</i>	7,8	0,54	1,2505	0,81	0,162
26	<i>Eucalyptus globulus</i>	6,9	0,4	0,6070	0,81	0,081
27	<i>Eucalyptus globulus</i>	7,4	0,49	0,9768	0,81	0,128
28	<i>Eucalyptus globulus</i>	7,0	0,5	0,9621	0,81	0,126
29	<i>Eucalyptus globulus</i>	8,0	0,6	1,5834	0,81	0,202
30	<i>Eucalyptus globulus</i>	6,7	0,37	0,5043	0,81	0,068
31	<i>Eucalyptus globulus</i>	7,6	0,34	0,4830	0,81	0,065
32	<i>Eucalyptus globulus</i>	7,1	0,48	0,8994	0,81	0,118
33	<i>Eucalyptus globulus</i>	8,2	0,62	1,7330	0,81	0,221
34	<i>Ficus elástica</i>	9,0	0,98	4,7521	0,77	0,548
35	<i>Fraxinus chinensis</i>	6,1	0,48	0,7727	0,87	0,109
36	<i>Fraxinus chinensis</i>	7,0	0,38	0,5557	0,87	0,080
37	<i>Fraxinus chinensis</i>	8,0	0,52	1,1893	0,87	0,165
38	<i>Fraxinus chinensis</i>	8,0	0,37	0,6021	0,87	0,086
39	<i>Fraxinus chinensis</i>	8,9	0,42	0,8631	0,87	0,122
40	<i>Fraxinus chinensis</i>	6,3	0,33	0,3772	0,87	0,055
41	<i>Fraxinus chinensis</i>	7,7	0,41	0,7116	0,87	0,101
42	<i>Fraxinus chinensis</i>	7,6	0,39	0,6355	0,87	0,091
43	<i>Prunus serotina</i>	4,6	0,19	0,0913	0,94	0,015
44	<i>Prunus serotina</i>	5,7	0,38	0,4525	0,94	0,070
				38,6690	33,28063	4,717
<b>BIOMASA TOTAL: 90,14 T/ha</b>						

**Anexo 4. Producción de biomasa aérea del campus la Pontificia Universidad  
Javeriana de Bogotá.**

Semana	Hojas (g)	% Hojas	Ramas (g)	% Ramas	Flores (g)	% Flores	Frutos y Semillas (g)	% Frutos y Semillas	Restos No Identificados (g)	% Restos No Identificados	Total (g)	Total biomasa Aérea (Kg/ha)	Total Producción Biomasa Aérea (Kg/ha/mes)
1	16,66	55%	7,18	24%	1,88	6%	2,13	7%	2,49	8%	30,33	0,97	4,14
2	14,59	60%	4,93	20%	1,69	7%	0,73	3%	2,28	9%	24,22	0,77	3,30
3	16,33	51%	6,34	20%	3,76	12%	1,59	5%	3,99	12%	32,01	1,02	4,37
4	14,92	49%	8,33	27%	1,61	5%	1,31	4%	4,42	14%	30,60	0,97	4,17
5	17,02	56%	7,36	24%	3,34	11%	1,25	4%	1,28	4%	30,24	0,96	4,13
6	15,90	64%	4,84	19%	1,16	5%	0,59	2%	2,35	9%	24,85	0,79	3,39
7	16,48	53%	6,49	21%	3,21	10%	0,68	2%	4,14	13%	30,99	0,99	4,23
8	15,64	53%	6,65	23%	1,52	5%	2,39	8%	3,24	11%	29,44	0,94	4,02
9	15,21	56%	5,73	21%	1,98	7%	1,65	6%	2,78	10%	27,35	0,87	3,73
10	16,09	54%	8,03	27%	1,42	5%	1,54	5%	2,64	9%	29,72	0,95	4,05
11	17,12	55%	9,07	29%	1,36	4%	2,30	7%	1,27	4%	31,11	0,99	4,24
12	16,55	55%	6,06	20%	2,00	7%	1,82	6%	3,64	12%	30,07	0,96	4,10
13	17,93	57%	7,23	23%	1,84	6%	1,38	4%	3,19	10%	31,56	1,00	4,31