EVALUACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS PRESTADOS POR LOS ÁRBOLES AL CAMPUS DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA, (BOGOTÁ, COLOMBIA)

TATIANA CÉSPEDES CLAVIJO

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

FACULTAD DE ESTUDIOS AMBIENTALES Y RURALES

CARRERA DE ECOLOGÍA

NOVIEMBRE DE 2007

EVALUACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS PRESTADOS POR LOS ÁRBOLES AL CAMPUS DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA, (BOGOTÁ, COLOMBIA)

TATIANA CÉSPEDES CLAVIJO

Dirigido por:

CARLOS ALFONSO DEVIA

Trabajo de Grado Para Optar Por el Título en:

ECOLOGÍA

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

FACULTAD DE ESTUDIOS AMBIENTALES Y RURALES

CARRERA DE ECOLOGÍA

Bogotá D.C. Noviembre de 2007

Artículo 23 de la Resolución N° 13 de Julio de 1946

“La Universidad no se hace responsable por los conceptos emitidos por sus alumnos en sus trabajos de tesis. Solo velará porque no se publique nada contrario al dogma y a la moral católica y por que las tesis no contengan ataques personales contra persona alguna, antes bien se vea en ellas el anhelo de buscar la verdad y la justicia”.

Nota de Aceptación

_____

DR. LUIS MIGUEL RENJIFO

Decano Académico

_____

DR. JUAN RICARDO GÓMEZ

Director Carrera de Ecología

_____

CARLOS ALFONSO DEVIA

Directos Trabajo de Grado

_____

ALBERTO RAMÍREZ

Jurado

_____

LUIS ALBERTO VILLA

Jurado

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, a mi familia querida y a todas las personas que de algún modo estuvieron vinculadas con la realización de este proyecto. Gracias por el apoyo, entusiasmo y ánimo que me brindaron durante toda mi carrera.

TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN 1
2. INTRODUCCIÓN 2
3. PROBLEMÁTICA 3
4. JUSTIFICACIÓN 4
5. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN 5
5.1. General 5
5.2. Específicas 5
6. OBJETIVOS 6
6.1. General 6
6.2. Específicos 6
7. MARCO DE REFERENCIA 7
7.1. Marco Conceptual 7
7.1.1. La Ciudad 7
7.1.1.1. Ecología Urbana 8
7.1.2. Los Árboles 9
7.1.2.1. La Fotosíntesis 10
7.1.2.2. Captura de Carbono 11
7.1.2.3. Los Árboles en la Ciudad 11
7.1.2.4. Riesgos de los Árboles en la Ciudad 12
7.1.3. Bienes y Servicios Ecosistémicos 13
7.1.3.1. Servicios Ecosistémicos de los Árboles 15
7.1.3.2. Beneficios Ecosistémicos de los Árboles 17
7.1.4. Indicadores Ambientales 19
7.1.4.1. Indicadores Ambientales Urbanos 20
7.2. Marco Legal 22
7.3. Marco Geográfico 24
7.3.1. Colombia 24
7.3.2. Bogotá D.C. 24
7.3.2.1. Localidad de Chapinero 25
7.3.2.2. Pontificia Universidad Javeriana 26
8. ANTECEDENTES 28
9. METODOLOGÍA 30
9.1. Encuesta 30
9.2. Indicadores Ambientales 31

9.2.1. Valor Ecosistémicos 31
9.2.1.1. Captura de Carbono 31
9.2.1.2. Porcentaje de Cobertura Vegetal 33
9.3. Lineamientos 33
10. RESULTADOS 34
10.1. Servicios Ecosistémicos detectados en el Campus 34
10.1.1. Importancia de los Árboles en el Campus 34
10.1.2. Servicios Ecosistémicos de los Árboles en el Campus 34
10.1.3. Zona de Importancia en términos de Árboles 35
10.1.3.1. Cancha de Fútbol 36
10.1.3.2. Básicas y Artes 37
10.1.4. Aspectos Negativos y Posibles Riesgos 38
10.2. Indicadores Ambientales de los Árboles 39
10.2.1. Aspectos Generales 39
10.2.2. Indicadores Ambientales en el Campus 39
10.2.2.1. Número de Especies de Flora Inventariada 39
10.2.2.2. Concentración Atmosférica 39
10.2.3. Valor Ecosistémico de los Árboles del Campus 40
10.2.3.1. Captura y Almacenamiento de Carbono 40
10.2.3.2. Proporción de Sombra y Viento 41
10.3. Lineamientos para la Optimización 42
10.3.1. Servicios Ecosistémicos 42
10.3.2. Indicadores Ambientales 42
10.3.2.1. Valor Ecosistémico 43
11. DISCUSIÓN 44
11.1. Servicios Ecosistémicos con Respecto a los Arboles 44
11.1.1. Importancia de los Árboles dentro de la Universidad 44
11.1.2. Servicios Ecosistémicos de los Árboles en el Campus 45
11.1.2.1. Regulación 45
11.1.2.2. Soporte 46
11.1.2.3. Cultural 47
11.1.3. Zona de Importancia en Términos de Árboles 48
11.1.4. Aspectos Negativos y Posibles Riesgos 50
11.2. Indicadores Ambientales 51
11.2.1. Valor Ecosistémico 52
11.2.1.1. Captura y Almacenamiento de Carbono 52
11.2.1.2. Proporción de Sombra y Abrigo 54
11.3. Lineamientos 55
12. CONCLUSIONES 56
13. RECOMENDACIONES 57
14. BIBLIOGRAFÍA 58

LISTADO DE ANEXOS

Anexo 1. Tabla de los Indicadores Ambientales establecidos para las ciudades Colombianas. Núcleo Básico de Indicadores. (OAU, 2007)

Anexo 2. Formato De Encuesta Utilizado En El Proyecto. Identificación De Los Servicios Ecosistémicos Prestados Por Los Árboles De La Universidad, Además De Conocer Los Riesgos Y Aspectos Negativos Que Generan A La Comunidad.

Anexo 3. Mapa de Coberturas del la Universidad. Porcentaje de Proporción de Sombra por Parte de Los Árboles.

Anexo 4. Tabla de Número de Individuos por Género y Por Zona.

Anexo 5. Tabla del Número de Especies e Individuos de la Cancha de Futbol y Básicas.

LISTADO DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Porcentaje de Importancia de los Árboles Dentro de la Universidad Javeriana.

Gráfico 2. Porcentaje de los Servicios Ecosistémicos que Prestan los árboles dentro de la Universidad Javeriana.

Gráfico 3. Porcentaje y Frecuencia de Zona de Importancia en Términos de Árboles dentro de la Universidad Javeriana.

Gráfico 4. Importancia de los Arboles de la Cancha de Futbol.

Gráfico 5. Importancia de los Árboles en Básicas.

Gráfico 6. Aspectos Negativos de los Árboles dentro de la Universidad Javeriana.

Gráfico 7. Posibles Riesgos de los Árboles detectados por la Población Universitaria.

Gráfico 8. Porcentaje de Captura de Carbono por zona del campus de la Universidad Javeriana.

1. RESUMEN

El presente trabajo evaluó los servicios ecosistémicos prestados por los árboles del campus de la Pontificia Universidad Javeriana. Mediante una encuesta realizada a 202 personas se identificaron 8 servicios ecosistémicos de los árboles entre los que se encuentran: belleza escénica, captación y almacenamiento de carbono, mejora en la calidad de vida, proporción de sombra/abrigo contra el viento, conservación de la diversidad biológica, conservación de los suelos, así como, la recolección de aspectos culturales.

A partir de la identificación de los servicios ecosistémicos se procedió a determinar los indicadores ambientales existentes que tienen alguna relación con los servicios encontrados en la universidad; solo dos de los indicadores establecidos por los Observatorios Ambientales Urbanos (OAU) se tuvieron en cuenta: el número de especies de flora inventariada y la concentración atmosférica.

Además de tener en cuenta los indicadores ambientales, se halló el valor ecosistémico de los árboles en términos de captura de carbono y proporción de sombra con el fin de cuantificar ambientalmente la mayor cantidad de servicios ecosistémicos identificados. El valor encontrado en la Captura de Carbono fue de 428,26 toneladas por parte de 2299 árboles de la universidad; en cuanto a la proporción de sombra se obtuvo que el 46,25% del campus está cubierto por sombra.

Los datos arrojados por la evaluación realizada muestran que existe un reconocimiento claro por parte de la población universitaria con respecto a los servicios ecosistémicos y los beneficios que prestan los árboles al campus de la universidad en cuanto al valor subjetivo que estos tienen. En cuanto al valor ecosistémico de los árboles se obtuvo que los individuos existentes cumplen un papel importante en cuanto a la proporción de sombra, pero en cuanto a la captura de carbono no son eficientes debido al entorno geográfico en el cual se encuentra el campus y por la fisiología de algunos de los individuos.

2. INTRODUCCIÓN

Las ciudades al igual que otros sistemas presentan una serie de interacciones entre los diversos elementos que la componen, algunas de estas interacciones pueden llegar en algún momento a sobrecargar el sistema; por tanto, la dinámica que se presenta se considera aún más compleja que la de otros sistemas, "debido a que los flujos de entradas que en ésta confluyen son mayores buscando cubrir las necesidades del hombre, y los requerimientos ambientales del ecosistema. El cambio en el uso del paisaje, y la constante construcción de infraestructura requerida por las ciudades, hace que los componentes naturales como los árboles pierdan importancia y eficiencia en cuanto su funcionalidad ecosistémica" (Breuste, 2004).

Uno de los subsistemas que se encuentra presente dentro de las ciudades son los bosques o relictos, los cuales, brindan una serie de servicios ecosistémicos, entre los que se encuentran, la proporción de sombra y abrigo, la captación de partículas del aire, la belleza escénica, la conservación de la diversidad, el agua y el suelo, entre otros, además de destacarse como los principales reguladores ambientales del ecosistema, debido a su fisiología productora de oxígeno y captadores de carbono (Ricklefs, 2000).

Debido a la poca conectividad y al encontrarse aislados de entornos naturales, los relictos de bosques cambian su comportamiento, convirtiéndose en una carga más para el sistema disminuyendo sus servicios y beneficios ecosistémicos. Por tanto, la idea de cuantificar los servicios ecosistémicos prestados por los árboles en un entorno urbano es una iniciativa que poco a poco ha adquirido importancia alrededor del mundo, con el fin de generar alternativas eficientes que ayuden al aprovechamiento y optimización de los pocos árboles que se tienen en el entorno urbano (American Forests, 2007).

La posibilidad de conocer los árboles del campus de la Universidad Javeriana en términos de servicios ecosistémicos permite un acercamiento al comportamiento de estos dentro del sistema en el cual se encuentran, así como, determinar los múltiples beneficios que generan a las personas que se encuentran en el campus. El poder ir más allá de la identificación y obtener valores ambientales de cada uno de estos servicios mediante indicadores, permite tener una idea más clara de las falencias y beneficios reales de los árboles dentro del entorno en el cual se encuentran, así como, generar planes de optimización, todo esto con el fin de tener una idea más clara de la dinámica ecosistémica que generan los árboles como elementos pertenecientes al sistema urbano.

3. PROBLEMÁTICA

Las ciudades son consideradas como sistemas complejos, en los cuales se presentan distintos tipos de interacciones de función y estructura muy complejas y sobrecargadas de energía (Leal del Castillo, 2004). La mayoría de la energía que se encuentra en el ecosistema es introducida por el hombre para suplir sus necesidades, alguna de esta no puede ser transformada o sacada del sistema, generando así la sobrecarga. “El desarrollo industrial, con mucha frecuencia está relacionado con el incremento en la contaminación ambiental, lo cual entra en conflicto directo con la intención de mantener la salud de la gente y su ambiente” (Santamaría, 1995).

Entre las diferentes impresiones que vienen a la mente cuando se observa a una ciudad, hay cuatro muy importantes: falta de conexión visual con el campo, el uso exclusivo de los parques urbanos para el esparcimiento, el carácter mutuamente exclusivo de la relación entre la ciudad y el campo y el copioso empleo de energía (Hough, 1998).

Los árboles prestan gran cantidad de servicios ecosistémicos dentro del entorno en el cual se encuentren; en el caso particular de la ciudad el comportamiento de estos varía, 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). Cuando existe un desconocimiento sobre los árboles, sus servicios ecosistémicos así como del valor ecosistémico, la ayuda y optimización del sistema es menor, así como la posibilidad de contrarrestar con elementos naturales la contaminación ambiental que se genera en las urbes.

4. JUSTIFICACIÓN

En los últimos años ha venido creciendo la evidencia de que los árboles urbanos y los árboles de las calles se han visto involucrados en los beneficios sociales, económicos, de salud y ambientales de los habitantes (Ellis et al, 2005). Los servicios ecosistémicos que prestan los árboles en el entorno urbano, son analizados debido a que identifican varias interrelaciones que se quieren conocer como los son la calidad del agua, calidad del aire, viento, sombra, entre otros (American Forest, 2007), dando lugar a generar nuevas estrategias de optimización de los servicios ecosistémicos de los árboles, que se van a ver reflejadas en el ambiente, la sociedad y la economía de una ciudad.

La importancia de poder identificar los servicios ecosistémicos prestados por los árboles del campus universitario, además de poder aplicar algunos de los indicadores ambientales que valoren ecosistémicamente a los árboles dentro de su entorno, ayudará a que se actúe de manera más clara y correcta en los procesos de gestión ambiental que se están desarrollando en la ciudad, así como contribuir a mejorar el funcionamiento del sistema urbano.

5. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

5.1 General

- ¿Cuál es el valor de los servicios ecosistémicos prestados por los árboles en el campus de la Pontificia Universidad Javeriana?

5.2 Específicas

- ¿Cuáles son los servicios ecosistémicos que prestan los árboles dentro del campus universitario, así como los riesgos que generan en la población universitaria?
- ¿Qué indicadores ayudan a cuantificar los servicios ecosistémicos prestados por los árboles en el campus universitario?
- ¿Cómo optimizar los servicios ecosistémicos prestados por los árboles en el campus universitario?

6. OBJETIVOS

6.1 General

- Evaluar los servicios ecosistémicos prestados por los árboles en el campus de la Pontificia Universidad Javeriana.

6.2 Específicos

- Identificar los servicios ecosistémicos prestados y los riesgos presentes por los árboles dentro del campus universitario.
- Determinar los indicadores de cuantificación de los servicios ecosistémicos prestados por los árboles en el campus universitario.
- Plantear lineamientos para optimizar los servicios ecosistémicos prestados por los árboles en el campus universitario.

7. MARCO DE REFERENCIA

7.1 MARCO CONCEPTUAL

7.1.1 La Ciudad

Según Hough, (1998) “La ciudad es un sistema inmerso en otros, que son subsistemas de un sistema abierto, su funcionamiento requiere un aporte continuo de recursos renovables y no renovables y genera grandes cantidades de residuos, los cuales a su vez no se reciclan, transforman gran cantidad de materia, energía e información. Al enviar al exterior gran cantidad de energía no aprovechable en formas de gases y calor aumenta el nivel de entropía en el entorno. Desde la óptica sistémica los asentamientos humanos son estructuras disipativas”.

“Los sistemas urbanos se caracterizan por su función y su forma. La función se refiere a los procesos internos propios de la dinámica de la ciudad y a los procesos externos constituidos por el flujo de intercambio de información, materia y energía que establece con el medio y con otros sistemas urbanos, en tanto la forma se refiere al esquema de implantación en el medio” (Leal del Castillo, 2004). “Los paisajes urbanos consisten en una mezcla de formas del paisaje; un paisaje típico urbano podría ser la zona residencial, la zona industrial, los remanentes de bosques, entre otros” (Breuste, 2004).

Las ciudades contemporáneas cumplen diferentes funciones dependiendo de las actividades que más realicen las personas; entre las diferentes funciones que se encuentran están: comerciales, residenciales, administrativas y culturales, turísticas (Leal del Castillo, 2004).

La ciudad como todos los sistemas está inmersa en un paisaje; “El paisaje urbano es entendido como el paisaje existente en el entorno urbano y en sus alrededores especialmente marcado por una matriz urbana. Alrededor del mundo este tipo de paisaje ocupa cada vez más espacio” (Breuste, 2004). La mayoría de paisaje circundante está ocupado por zonas residenciales alejadas, así como de zonas agrícolas. Entonces los paisajes urbanos no se pueden reducir a los bordes administrativos de las ciudades, sino que también incluye entre 10 o más kilómetros a lo ancho conocidos también como las zonas suburbanas (Breuste, 2004).

Según Leal del Castillo, (2004) parten de cuatro formas básicas: la ortogonal, la lineal, la radial y la irregular. Teniendo en cuenta estas formas la topología, la correspondiente a la ciudad de Bogotá es la lineal, la cual esta descrita como: “este tipo de implantación generalmente obedece a la influencia de algún tipo de comunicación, no necesariamente recta, a lo largo de la cual se construye la ciudad”. Además se debe tener en cuenta la importante barrera geográfica que son los cerros orientales que acentúan esta forma.

Según Hough, (1998) el desarrollo del mercado, los sistemas de transporte y la nueva formas de construcción, son parte esencial de la forma espacial que tenga cada ciudad. “Desde el punto de vista visual, el advenimiento de la torre bloque y el desarrollo sin límites posterior a la guerra, han creado un paisaje de una escala más relacionada con el automóvil que con los peatones. Las construcciones ya no contienen el espacio y tienden a flotar en él las torres bloque se elevan desde plazas abiertas que a menudo son barridas por el viento y resultan sombrías en los climas fríos, o quedan aplastadas por el sol en los climas cálidos”.

7.1.1.1Ecología Urbana

“Las ciudades son organismos cuyas conexiones se entiende por todo el planeta y su funcionamiento se debe entender en términos de intercambios de materia, energía y de información, un consumo de recursos mayor a los ingresos produce una reducción del capital natural y el vertido de residuos afecta la calidad del entorno(…) La estructura de las ciudades está concebida como un metabolismo complejo que se relaciona horizontal y verticalmente para obtener los recursos naturales necesarios para su sustento y luego transformarlos en objetos artificiales”(Leal del Castillo, 2004).

Los sistemas urbanos presentan unas características importantes con respecto a la energía que fluye en estos; la primera hace referencia a el volumen de la energía externa a los organismos vivos que hace funcionar el sistema, teniendo en cuenta que la mayoría de esta energía se almacena de forma inadecuada.(Leal del Castillo, 2004) “La disponibilidad de energía barata ha sido un factor determinante de la forma urbana. La energía que fluye a través de la cuidad en fábricas, automóviles, sistemas de calefacción y refrigeración, y devuelven la energía calorífica desperdiciada. Los residuos sólidos y los desechos orgánicos se depositan en lugares preparados para ello, agotan y contamina la tierra y el agua, y generan grandes cantidades de metano y de otros gases en el proceso de descomposición” (Hough, 1998).

La segunda característica hace referencia a la movilidad horizontal que permite explotar ecosistemas alejados, los cuales poco a poco se van convirtiendo en suburbios y la mayoría de las ocasiones en agrosistemas. Por último se encuentra la existencia de instrumentos de cultura e información, haciendo que las relaciones que ya se encuentran sean cada vez más complejas de analizar (Leal del Castillo, 2004).

Según Hough, (1998) La Ecología Urbana busca la integración del urbanismo con el fin de establecer una visión local y bioregional más amplia y realizar las respectivas conexiones entre elementos dispares, revelando unas posibilidades que de otra forma no resultarían evidentes.

Cuando se habla de Ecología Urbana se debe hablar de sostenibilidad, la cual dependiendo del concepto del que se esté hablando varía, no en su esencia, pero adquiere algunos matices. En el caso presente Leal de Castillo, 2004 evidencia la sostenibilidad urbana "a través de la autonomía y la autosuficiencia, la cual, requiere de la integración territorial mediante redes globales de información e intercambio de suerte que se fortalezca la relación entre lo local y lo global en una clara aplicación del principio de subsidiariedad según el cual para resolver las necesidades locales no es necesario recurrir a lo global".

"Pensadores como Mcharg, Lewis y otros, interesados en reconciliar la naturaleza y el hábitat humano (ciudad) han demostrado de manera elocuente que los proceso que han configurado la tierra y la complejidad ilimitada de la formas de vida que se han desarrollado en el larguísimo proceso de evolución son las bases indispensables para configurar los asentamientos humanos" (Hough, 1998).

"El modelo de intercambio de materia y energía de un Ecosistema Urbano es radicalmente opuesto al de un Ecosistema Natural donde el transporte de materia y energía es rotundamente vertical. El intercambio gaseoso que se produce en los Ecosistemas Naturales se reduce a la fotosíntesis y la respiración. En el caso de un Ecosistema Urbano se deben de tener en cuenta los gases emitidos a la atmósfera por la actividad humana" (Fernández, 2007).

7.1.2 Los Árboles

Una definición simple de árbol es "una planta leñosa alta, 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 tienen mayor vida que los arbustos)" (Prendergast, 2003).

Según Prendergast (2003), los árboles se encuentran en dos categorías principales:

- Siempre verde: Aquello árboles que mantienen un follaje verde durante todo el año. La mayoría de los árboles siempre verdes, como los pinos, píceas, y los árboles de abeto, tienen hojas en forma de agujas. Sin embargo también existen árboles siempre verdes con hijas anchas, y con hojas de tipo escalado, como los cedros y los enebros. La mayoría de los árboles coníferos son siempre verdes aunque existen algunas excepciones.
- Los deciduos: Aquellos que pierden su follaje durante la estación de otoño. También comúnmente conocidos como árboles opacos.

"Los árboles se establecen con carácter general en todos los paisajes más que otro tipo de plantas. Los árboles son parte predominante del ecosistema de los continentes debido a que previenen la erosión, constituyendo los elementos primordiales del paisaje, la agricultura, los llamados ecosistemas forestales, los bosques y las selvas, además de encontrarse dispersos en ambientes como las sabanas o las orillas fluviales" (Prendergast, 2003).

"Los árboles crecen en cualquier lugar donde haya suficiente agua en el suelo 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 puntos, los árboles sólo crecen en condiciones de cultivo bien controladas, en oasis y a lo largo de las orillas de ríos y arroyos. Además, los árboles que bordean desiertos y praderas suelen estar deformados o son de porte enano. En condiciones óptimas, los árboles crecen en extensas formaciones vegetales llamadas bosques" (UNAM, 2007).

7.1.2.1 La Fotosíntesis

Se define como "la capacidad de transformación de la energía radiante de la luz solar en energía química ATP y otros compuestos" (Villee, 1996) "Este proceso permite a las plantas y algas capturar la energía solar y transformarla en energía química y en carbohidratos. Las unidades químicas de la fotosíntesis tienen dos compuestos inorgánicos en común, el dióxido de Carbono y el agua, con el fin de formar la glucosa y producir oxigeno" (Ricklefs & Miller, 2000).

Las plantas construyen y mantiene sus tejidos mediante un complejo proceso de transformación bioquímica. Debido a que las plantas utilizan la mayoría de energía asimilada por la fotosíntesis para suplir sus necesidades, generalmente el tejido mantiene la menor cantidad de energía que el total de la asimilación de la planta. Por esta razón se han creado formas diferentes de medición de asimilación de la energía: la producción gruesa, producción neta y el total de la energía asimilada en la fotosíntesis. (Ricklefs & Miller, 2000).

- Producción Primaria. "La producción primaria tiene en cuenta flujos CO_2 O, minerales y el del agua, además de la acumulación de biomasa de las plantas. (…) Los rangos de cualquier de estos flujos puede proveer un índice de el total de la producción de la planta. En la practica la medida apropiada depende de hábitat en donde se encuentre la planta" (Ricklefs & Miller, 2000) esta medida se da en términos de producción de biomasa.
- Producción Neta. es una característica importante de los ecosistemas debido a que es una medida de la cantidad de energía disponible para los organismos además de los productores primarios. (Ricklefs & Miller, 2000)

7.1.2.2 Captura de Carbono

El carbón es el bloque básico de construcción para las grandes moléculas necesarias para la vida. La obtención de éste viene principalmente de las plantas, la cuales como se explicó realizan procesos fotosintéticos que lo hacen disponible para los organismos del ecosistema (Bedoya, 2002).

La captura de carbono por parte de las plantas, se da en la etapa oscura de la fotosíntesis, en donde el CO_2 es asimilado por una serie de moléculas orgánicas que mediante reacciones enzimáticas lo convierten en carbono disponible para la planta (Villee, 1996). "La producción neta puede expresarse convenientemente como gramos de carbón asimilados, el peso seco de la planta, o en su equivalente en energía. El peso seco se obtiene simplemente secando el material de la planta, porque en peso varía según la cantidad de agua acumulada por la planta. La energía contenida en un compuesto orgánico depende principalmente por su contenido de carbón y la energía adherida o sustraída durante varias transformaciones" (Ricklefs & Miller, 2000).

A través de muchas eras geológicas, una pequeña parte del carbono existente en el planeta fue almacenado, convirtiéndose en reserva energética, dicha reserva es la que hoy conocemos como los combustibles fósiles; desde la revolución industrial, se han venido utilizando de forma indiscriminada, haciendo que se sobrecargue la atmosfera

de moléculas que se encontraban almacenadas y que la capacidad de captación que tienen los árboles sea menor. (Bedoya, 2002).

El poder conocer la eficacia de los árboles en cuanto a la captura de carbono, debido a la sobrecarga que se presenta en los ecosistemas por al aumento de las emisiones de gases de tipo invernadero, ha llevado a varios investigadores entre ellos Brown, a realizar diferentes investigaciones en las cuales se hace una relación entre la captura de carbono con diversas variables fisiológicas de los árboles. Mediante la Dasometría se ha logrado expresar y conocer la captura de carbono en diferentes ecosistemas. (Kanninen, 2007).

7.1.2.3 Los Árboles en la Ciudad

Durante el establecimiento de las primeras ciudades alrededor del mundo, se generó conflicto con el cambio en el uso del paisaje, “Las actitudes y las percepciones del medioambiente expresadas en la planificación urbana desde el renacimiento se han centrado, con algunas excepciones, en ideales utópicos más que en los procesos naturales como elementos determinantes de la forma urbana. Las ciudades e instituciones de todo el mundo atestiguan que el bagaje estético y cultural de una época pasada se ha trasladado a medioambientes climáticamente hostiles y completamente inapropiados” (Hough, 1998).

La funcionalidad de los árboles dentro del entorno urbano se ve restringida debido a que los remanentes de bosque tienen poca conectividad con parches de su misma naturaleza, convirtiéndose así en sumideros de organismos y energía. (Iragorri, 2001). Al establecerse elementos naturales dentro del paisaje urbano, se debe tener en cuenta que sus requerimientos naturales no son suplidos por la matriz en la cual se encuentra, por tanto, es necesario en uso de tecnología y de altos aportes energéticos para su mantenimiento y supervivencia. (Hough, 1998).

“Las convenciones y los valores estéticos dominantes en las ciudades, han creado un paisaje configurado por parques, patios de recreo, espacios recreativos y jardines cuyo carácter descansa en la aplicación universal de un césped bien cuidado, el asfalto y vallas puntuadas ocasionalmente por un árbol ornamental o un arbusto exótico” (Hough, 1998).

La necesidad de mantener espacios de recreación y de descanso ha generado el estudio de los árboles dentro del entorno obteniendo resultados importantes, entre los que se encuentran los beneficios sociales, económicos, sanitarios, culturales, entre otros (Ellis, 2005).

“Los árboles son indicadores de la salud ecológica de una comunidad, así como, de la salud de un ecosistema urbano debido a las funciones biológicas de las raíces y de las hojas. Cuando los árboles son grandes y sanos, los sistemas ecológicos que los apoyan son también sanos. Los árboles sanos proporcionan las ventajas ambientales valiosas que se pueden medir en términos de los servicios del ecosistema. Cuanto mayor es la cubierta del árbol y cuanto menos es la superficie impermeable en una comunidad, se produce más los servicios del ecosistema” (American Forests, 2007).

“La ciudad se caracteriza por ser un sistema en el cual los árboles son el aspecto determinante, estar situados dentro, o cerca de áreas urbanas densamente construidas; contener una alta densidad de instalaciones recreativas, y finalmente, estar con frecuencia fragmentadas en cuanto a su tamaño y propiedad” (Konijnendijk 1997 en Nail 2006).

La silvicultura urbana se originó en Canadá en 1965, y tomo fuerza rápidamente en Estados Unidos. La silvicultura Urbana definida como “un acercamiento moderno a la gestión urbana del árbol, con una planificación a largo plazo que abarca la coordinación profesional y la participación local” (Nail, 2006).

7.1.2.4 Riesgos de los Árboles en la Ciudad

“Riesgo se define como el daño potencial que puede surgir por un proceso presente o suceso futuro. Se lo utiliza como sinónimo de posibilidad” (Larousse, 2007), es la posibilidad de que un peligro pueda llegar a materializarse.

Los riesgos más frecuentes que se presentan por la presencia de los árboles en la ciudad son: caída de ramas o total del árbol, que conllevaría al daño en las estructuras circundantes, así como a los accidentes a las personas que se encontrasen en ese lugar. La forma hasta ahora utilizada para la medición de riesgos en el continuo monitoreo de los árboles y su mantenimiento. “El mantenimiento regular de los árboles ayudará a identificar a aquellos con riesgo y el grado del mismo. Una vez que el peligro es reconocido, se deben seguir unos pasos para reducir la posibilidad de que el árbol caiga y lesione a alguien” (ISA, 2007).

La Sociedad Internacional de Arboricultura (ISA), estableció unos parámetros que se deben tener en cuenta en el momento en que se esté realizando un registro de los posibles riesgos a tener en cuenta.

- Tamaño y estado de las ramas de los árboles.
- Presencia de cavidades o madera podrida en el fuste o ramas.
- Agrietamiento del fuste.
- Antecedentes de daños por causa del árbol.
- Inclinación del árbol.
- Estado de las raíces de los árboles.
- Estado y color de las hojas de los árboles.
- Presencia de tala en zonas cercanas al árbol estudiado.
-

7.1.3 Bienes y Servicios Ecosistémicos

El concepto de Bienes y Servicios Ecosistémicos a lo largo de la última década ha venido tomando fuerza, debido a que en la comunidad mundial se ha tomado conciencia de la importancia de la relación de dependencia que existe entre el ser humano y los ecosistemas en los cuales se encuentra (Piñeros, 2006).

Además de reconocer la relación es necesario identificar cada uno de los Bienes y Servicios Ecosistémicos, todo esto con el fin entender la dinámica entre las funciones de los ecosistemas para suplir las necesidades de los Seres Humanos. El fin del estudio de esta relación es poder tomar la mejor decisión con respecto al manejo y conservación de los recursos y los ecosistemas en los diferentes procesos que se están realizando en los ecosistemas. (Piñeros, 2006)

Otro de los fines que tiene el conocer a fondo los bienes y servicios de los ecosistemas es el de “proporcionar información adecuada a nivel regional y local, para ser tenida en cuenta e incorporada por los formuladores de políticas y tomadores de decisiones, en la búsqueda de prácticas de manejo adecuadas, que garanticen el mantenimiento y/o aumento de la provisión de los bienes y servicios indispensables para la existencia humana y la de los demás organismos.” (Piñeros, 2006)

- Bienes Ecosistémicos

La definición que se va a utilizar en este proyecto es la dada por (De Groot, 2002 en Piñeros 2006) en donde se toma a “los bienes ecosistémicos como los productos materiales que son obtenidos de los sistemas naturales para uso humano”.

- Funciones Ecosistémicas

Las funciones ecosistémicas definidas como “la capacidad de los procesos naturales para proporcionar bienes y servicios que satisfacen las necesidades humanas de manera directa e indirecta” (De Groot, 2002 en Piñeros, 2006). Dichas funciones generan unos servicios dentro del ecosistema, por tanto, los servicios ecosistémicos son el resultado de las funciones que realiza un ecosistema.

- Servicios Ecosistémicos

Según (Binning, 2001 en Piñeros, 2006) los define como “aquellos que fluyen de los activos naturales o reservas de recursos naturales (suelo, agua, plantas, animales, atmósfera) para proporcionar al humano beneficios ecológicos, culturales y financieros. Son producto de las interacciones complejas entre las especies y de estas con los componentes abióticos”.

En el mundo todavía se sigue manejando el concepto de servicios ambientales, el cual se homologa al concepto que se está utilizando en este proyecto.

Los servicios ecosistémicos se ven reflejados en el sistema mediante los beneficios ecosistémicos, los cuales pueden manifestarse en los seres humanos de forma tangible o intangible, en donde los tangibles son los más notorios en el ecosistema y los intangibles los no palpables como la belleza estética, lo espiritual (O´Farrell, 2003 en Piñeros, 2006)

(Daily, 1997 en Maass, 2007) hizo una clasificación de los servicios ecosistémicos categorizándolos en:

- Provisión. “aquellos tangibles, finitos, de apropiación directa, que se pueden medir, cuantificar”. El agua, las nueces de los árboles, etc.
- Regulación. Aquellos servicios tangibles que ayudan a mitigar o regular el entorno. Resistencia ante incendios, entre otros.
- Culturales Aquellos servicios Intangibles que “dependen fuertemente del contexto cultural, son fuentes de inspiración para el espíritu humano. Aunque es muy difícil, y en ocasiones imposible, asignarles un precio, son fácilmente identificables, como por ejemplo, la belleza escénica de un cuerpo de agua (arroyos, cascadas, humedales, piletas u otros), etc.
- Soporte. “Se trata de los procesos ecológicos básicos que mantienen al ecosistema funcionando. Estos servicios no necesariamente tienen un beneficio directamente tangible por la sociedad, pero de manera indirecta le resultan sumamente beneficiosos. Estamos hablando de procesos hidrológicos, como el

acarreo de nutrientes y el transporte de materiales, la retención y almacenamiento de nutrientes en el suelo, la regulación de poblaciones de plantas, animales, hongos y otros, y el mantenimiento de una concentración de gases favorable en la atmósfera".

7.1.3.1 Servicios Ecosistémicos de los Árboles

Según la FAO (2007); "Entre los servicios ambientales y sociales que proporcionan los bosques y los árboles figuran la conservación de la diversidad biológica, la captación y almacenamiento del carbono para mitigar el cambio climático mundial, la conservación de suelos y aguas, la generación de oportunidades de empleo y de actividades recreativas, la mejora de los sistemas de producción agrícola, la mejora de las condiciones de vida en los núcleos urbanos y peri-urbanos y la protección del patrimonio natural y cultural". Cada vez se presta más atención a estos aspectos que, en algunos casos, han sido objeto de un compromiso jurídico mundial desde la celebración de la Cumbre de Rio de Janeiro.

"Los servicios ecosistémicos derivados de los ecosistemas forestales están ligados a la regulación de procesos naturales, como la provisión de agua, mejorar la calidad del aire, control de la erosión del suelo, acervo genético de plantas y animales y como soporte esencial en la mitigación de riesgos naturales" (CONAFOR, 2007).

Teniendo en cuenta la caracterización realizada (Daily, 1997 en Maass, 2007) los servicios prestados por los árboles en la Ciudad son:

Provisión

- Generación de Oportunidades de Empleo. Este es un servicio que tiende a subestimarse, pero que genera un aporte económico a las personas de las ciudades, a veces es de forma directa, y en otras ocasiones indirecta. Este servicio se puede ver en empresas de traslado de árboles, cuidado técnico, viveros, entre otros (AMB, 2000).

- Aporte Productivo. Todas las especies de plantas tienen la capacidad de producir ya sea alimento, madera, leña, forraje, tinturas, artesanías, medicinas, entre otras, en cualquier tipo de lugar, por tanto en los ecosistemas urbanos esto no es la excepción (AMB, 2000).

Regulación

- Captación y Almacenamiento de Carbono. “Se puede mejorar la calidad del aire mediante el uso de árboles, arbustos o césped. Las hojas filtran el aire que respiramos, removiendo el polvo y otras partículas. La lluvia arrastra la contaminación hacia el suelo. Las hojas absorben el dióxido de carbono del aire para formar hidratos de carbono que son utilizados en la estructura y las funciones de la planta. En este proceso las hojas también absorben otros contaminantes del aire como el ozono, monóxido de carbono y dióxido de sulfuro, y liberan oxígeno” (ISA, 2007).

- Regulación Climática. (Proporción de Sombra / Abrigo contra el Viento). “La temperatura es más fresca en la proximidad de los árboles que lejos de éstos. Cuanto más grande sea el árbol, mayor será el enfriamiento. Mediante el uso de árboles en las ciudades se puede moderar el efecto de isla de calor causado por el pavimento y los edificios” (ISA, 2007). “La vegetación urbana controla la absorción directa de la radiación de las superficies cubiertas por asfalto y controla y regula la humedad y temperatura gracias al proceso de evapotranspiración disminuyendo considerablemente los trastornos climáticos que se generan en la ciudades” (AMB, 2000).

  La mayor parte de las impurezas que encuentran en el aire de las ciudades se deben a los gases que producen los vehículos automotores. Los residuos sólidos provenientes de los gases de escape en forma de polvo y aerosol son muy nocivos, debido a que captan las radiaciones ultravioletas del sol haciendo que aumente la temperatura de la ciudad. (Tunarroza, 2002).

Soporte

- Conservación de la Diversidad biológica. Uno de los servicios generados por los árboles y que tiene un mayor aprecio por el ecosistema es “la capacidad de proveer un “territorio” de vida y refugio a diferentes especies de aves y la fauna y flora asociadas a ella. En el caso de la Sabana de Bogotá, es importante resaltar su importancia como ecosistema de paso para las especies de aves migratorias” (AMB, 2000).

- Conservación del Agua. “Los árboles interceptan el agua, almacenan parte de ella, reducen el escurrimiento excesivo causado por las tormentas y la posibilidad de inundación. El rocío y las heladas son menos habituales debajo de los árboles porque el suelo libera menos energía radiante por la noche en dichas áreas” (ISA, 2007).

- Conservación de Suelos. “Las raíces de muchas especies presentan relaciones simbióticas con microorganismos fijadores de nutrientes como las micorrizas o los *Rizombium* provenientes del aire como el nitrógeno. Este tipo de relaciones maximizan además la capacidad de absorción de otros nutrientes inorgánicos del suelo” (AMB, 2000).

Cultural

- Belleza Escénica. El color de la floración y fructificación, los troncos la textura y el color del follaje; la forma o silueta enriquecen visualmente los espacios. El dinamismo del movimiento y del sonido producido por las ramas y las hojas de los árboles genera un efecto tranquilizador. Las fragancias producidas durante los periodos de floración y después de la lluvia favorecen la conformación sensorial de los espacios (AMB, 2000).

- Mejora en la Calidad de Vida. El Banco Mundial define a la calidad de vida como el bienestar general de la población. Este servicio al igual que los de esta categoría, son intangibles y dependen mucho de la percepción de las personas. “incluye componentes intangibles como la seguridad nacional, la calidad de los entornos, las libertades políticas, entre otros (Romano, 2005).

- Generación Actividades Recreativas. Algunos árboles tiene las características para servir como objeto de juego para niños y Jóvenes. Algunos árboles tienen las características fisiológicas que permiten ser utilizados con este fin. Algunas de las características son: follaje denso, ramas bajas y fuertes y de poca altura (AMB, 2007).

- Recolección Aspectos Culturales y Sociales. “Los seres humanos tiene un vínculo directo con los árboles, que representan importantes símbolos culturales. Para muchas culturas, el árbol es símbolo de longevidad y poderes divinos e incluso de relación con la formación de la vida. Se reconoce en referencias históricas y bibliográficas la importancia de los árboles en la memoria de lugares y personajes históricos” (AMB, 2000).

7.1.3.2 *Beneficios Ecosistémicos de los Árboles*

En los últimos años ha venido creciendo la evidencia de que los árboles urbanos y los árboles de las calles se han visto involucrados en los beneficios sociales, económicos, de salud y ambientales (Ellis, 2005).

Según la Sociedad Internacional de Arboricultura (ISA, 2007), los beneficios de los árboles se pueden agrupar en:

- Sociales. “Algunos científicos han venido investigando el rol de los árboles en cuanto a la satisfacción que generan en las personas residentes de barrios; por ejemplo se ha encontrado que la armonía con la naturaleza es una de las cualidades preferidas por los residentes” (Peterson, 1967 en Ellis, 2005). El nivel de las reacciones que tiene las personas hacia en entorno también evidencia estos beneficios.” En mucho estudios sicológicos y sociales se ha obtenido resultados positivos en cuanto a la relación que existe entre los elementos naturales y la reacción de las personas en el entorno urbano” (Cooper & Sarkin, 1986 en Ellis, 2005).

- Comunitarios. “Los árboles de las ciudades a menudo cumplen diversas funciones de tipo arquitectónico o de ingeniería. Dan privacidad, enfatizan vistas u ocultan aquellas que son desagradables. Reducen la luz intensa y los reflejos indeseados o molestos. Dirigen el tránsito peatonal. Proporcionan vistas, o suavizan, complementan o realzan la arquitectura. Los árboles proporcionan elementos naturales y hábitat para la vida silvestre en los alrededores urbanos, aumentando la calidad de vida de los residentes de las comunidades” (ISA, 2007).

- Ambientales. “Los árboles alteran el ambiente en el que vivimos moderando el clima, mejorando la calidad del aire, conservando agua y dándole albergue a la vida silvestre. El control del clima se obtiene al moderar los efectos del sol, el viento y la lluvia. La energía radiante del sol se absorbe o se desvía por las hojas de los árboles caducifolios durante el verano, y se filtra sólo por las ramas de esos mismos árboles en el invierno. Sentimos más fresco cuando estamos a la sombra de árboles y no expuestos a la luz directa del sol. En el invierno apreciamos la energía radiante del sol y, debido a ello, debemos plantar sólo pequeños árboles caducifolios en la parte sur de las casas. La velocidad y dirección del viento se pueden modificar por los árboles. Cuanto más denso sea el follaje de los árboles, mayor será la influencia de cortavientos. La caída directa de la lluvia, nieve o granizo primero se absorbe o se desvía por los árboles, dando protección a personas, animales y edificios” (ISA, 2007).

- Económicos. “Los árboles y arbustos individuales tienen valor, pero la variabilidad de la especie, su tamaño, condición y función complican el cálculo de su valor económico. Los beneficios económicos de los árboles pueden ser directos o indirectos. Directos habitualmente están asociados con costos

energéticos. El gasto en aire acondicionado es menor en un hogar sombreado por árboles. De igual manera los costos de calefacción disminuyen cuando la casa posee cortavientos. Los árboles son una sabia inversión de capital, ya que los hogares con jardín tienen más valor que aquellos que no lo tienen. Indirectos están disponibles para las comunidades o regiones. Los clientes pagan recibos de electricidad más baratos cuando las compañías del servicio utilizan menos agua en sus torres de enfriamiento, construyen menos instalaciones para abastecer los picos de consumo, utilizan menos cantidad de combustibles fósiles en sus hornos y necesitan menos medidas de control de contaminación aérea. Las comunidades también pueden ahorrar si se precisa construir en la región menos instalaciones para controlar las escorrentías de las tormentas. Para un individuo estos ahorros son pequeños, pero para la comunidad la reducción de dichos gastos supone mucho dinero" (ISA, 2007).

7.1.4 Indicadores Ambientales

Está definido como una medida o valor calculado a partir de parámetros, ya sean indicativos o descriptivos, del estado de un fenómeno del medio ambiente o de una zona geográfica; con el fin de conocer con mayor profundidad las situaciones que se presentan en ese lugar. Es una variable socialmente dotada de significado. (MEDIOAMBIENTE, 2007).

Otra definición afirma que "Que indica o sirve para indicar algo sobre algún tema en particular. Los indicadores se analizan en cada dimensión y estos comunican información acerca del progreso hacia objetivos específicos" (Sepulveda, 1998 en Romano, 2005).

Según la Comisión de Desarrollo de la ONU (2001), "los indicadores brindan una información crucial para la toma de buenas decisiones de diferentes maneras. Los indicadores tienen la capacidad de trasladar el conocimiento de las ciencias físicas y sociales a unidades cuantificables, las cuales facilitan la toma de decisiones". Los indicadores de igual manera ayudan a medir y calibrar un proceso que se está llevando a cabo en un lugar a fin de cumplir las metas de sostenibilidad, prevenir los posibles riesgos que se presenten en un ecosistema de tipo económico, social o ambiental. También los considera importantes puesto que sirven para comunicar ideas, pensamientos y valores, algo que es tangible y del cual se pueden obtener resultados claros.

Según el SIRAC. Sistema Interactivo De Referenciación Ambiental Sectorial (2007), define a un indicador como "la medida cuantitativa o la observación cualitativa que

permite identificar cambios en el tiempo y cuyo propósito es determinar qué tan bien está funcionando un sistema, dando la voz de alerta sobre la existencia de un problema y permitiendo tomar medidas para solucionarlo, una vez se tenga claridad sobre las causas que lo generaron".

Para que los indicadores sean útiles dentro de los sistemas que se desean evaluar, el SIRAC tiene en cuenta una serie de características entre las que se encuentran la relevancia de este dentro de lo que se desea evaluar, que sean descifrables o entendibles para no generar confusiones, que la información en la cual se basan sea confiable, que tengan una relación directa con el lugar y en el tiempo en el que se encuentra.

Según el SIRAC (2007) los indicadores pueden ser clasificados en tres grupos:

- Indicadores de Operación o de Desempeño, los cuales miden la eficiencia y el desempeño ambiental de las operaciones o procesos dentro de una organización.

- Indicadores de Gestión, los cuales miden los esfuerzos de la gerencia para influenciar el desempeño ambiental de la organización.

- Indicadores de Condición Ambiental, que proporcionan información acerca de las condiciones del ambiente en el ámbito local, regional o global.

7.1.4.1 Indicadores Ambientales Urbanos

En Colombia existe una Red de Desarrollo Sostenible, la cual busca "ser el instrumento por medio del cual se genere conciencia entre los distintos agentes de la sociedad civil, divulgando y promoviendo los principios, recomendaciones y formulaciones expresados por la Organización de las Naciones Unidas en la Cumbre de la Tierra, principios a los cuales, el Estado colombiano adhirió sin reservas y con un alto grado de compromiso" (RDS, 2007).

Muchas entidades de tipo Gubernamental y privado se han adherido a esta red con el fin de proporcionar datos estadísticos que permitan conocer más a fondo las condiciones en las cuales se encuentran los ecosistemas, en este caso, las principales ciudades del país.

"En la actualidad, no sólo el Ministerio del Medio Ambiente y las entidades adscritas al Sistema Nacional Ambiental (SINA) cuentan con información estadística actualizada sobre el estado del medio ambiente urbano, sino la tienen también entes privados y

académicos. Existen en la actualidad redes de monitoreo hidrométricas, climatológicas, meteorológicas y de calidad del aire, en ciudades tales como Bogotá, Cali, Cúcuta, Medellín y Barranquilla. De la misma forma, se cuenta ya con ventanillas y observatorios ambientales en ciudades tales como Bogotá, Bucaramanga y Manizales" (RDS, 2007).

Previendo la necesidad de utilizar los indicadores y de establecer los mismos, se estableció un núcleo básico de indicadores urbanos, estos tienen la información más completa en términos ambientales de las ciudades. El proyecto es desarrollado por Colnodo en asocio con la Red de Desarrollo Sostenible de Colombia bajo la autorización del Ministerio del Medio Ambiente, en una subdivisión de llamada los Observatorios Urbanos en donde se tiene en cuenta la mayor cantidad de variables sociales, económicas y ecosistémicas que permiten cuantificar el comportamiento de las ciudades (Ver Anexo 1).

Según el American Forests (2007), entre los indicadores que se tiene en cuenta para medir los servicios ecosistémicos de los árboles en la cuidad se encuentran: Escorrentías pluviales, calidad del aire, ahorro de energía, captura y almacenaje de carbono, crecimiento de los árboles, entre otros.

La medición de la calidad del aire se complica debido a la carencia de conocimiento de lo que es el aire limpio. En la naturaleza no se encuentra aire puro, por tanto las mediciones para su calidad pueden definirse en tres grupos (Bedoya, 2002).

Para la Medición de la calidad del aire, existen una serie de métodos que sirven como indicadores de cantidad de partículas existentes en el aire de las ciudades y son:

- Medición de Emisiones. Estas permiten hacer un muestreo directo en los lugares en donde se producen mayor cantidad de emisiones, llámense chimeneas, ductos entre otros. Se debe además tener en cuenta la velocidad del viento y la velocidad a la cual es expulsado el humo de las chimeneas. (Tunarroza, 2002).

- Mediciones Meteorológicas. En donde se tiene en cuenta la temperatura, velocidad y dirección del viento. (Tunarroza, 2002).

- Medición de Partículas. Es el método más sencillo y práctico para ser utilizado. En éste se recogen muestras y luego se proyectan a una escala mayor, con el fin de identificar las zonas más críticas en cuanto a emisiones en el sistema (Tunarroza, 2002).

7.2 MARCO LEGAL

Dentro de los aspectos de la legislación ambiental presentes en Colombia cabe mencionar que desde la reforma a la constitución de 1991 se busca un mejoramiento de la calidad ambiental del país. Además busca que las instituciones y la persona misma pueda participar en el ejercicio y control de las actividades que puedan interferir en su diario vivir incluyendo dentro de éstas el entorno ambiental (Mesa, 1995 en Romano, 2005).

Dentro de las entidades que regulan el cumplimiento de estas leyes se encuentra en primera instancia el Ministerio del Medio Ambiente, como ente supremo en los asuntos ambientales del estado, el Departamento Administrativo del Medio Ambiente, el Instituto de Desarrollo Urbana, La Alcaldía Mayor de Bogotá, el Jardín Botánico José Celestino Mutis, el cual ha sido el mayor gestor en la Arborización de la ciudad de Bogotá.

En cuanto a los decretos existentes se encuentra el decreto 472 de 2003 de arborización urbana basado en los lineamientos correspondientes a los árboles presentes en la ciudad y con el fin de regular el proceso de arborización y la respectiva competencia de las entidades distritales (Jardín Botánico José Celestino Mutis, 2007).

Artículo 3. Instrumentos de Planificación. Son instrumentos para la planificación Urbana de Bogotá D.C. el plan marco de arborización urbana, los planes de arborización urbana, el manual de arborización urbana y el sistema de información para la gestión de arbolado -SIGA-

Artículo 4. Plan marco de arborización urbana: Es un instrumento de planificación cuya vigencia es de por lo menos de diez y seis (16) años y será actualizado como mínimo cada cuatro (4) años. Los contenidos y alcances del plan marco serán definidos por el Jardín Botánico José Celestino Mutis, quien será encargado de su formulación y actualización. El plan marco define los escenarios de mediano y largo plazo, así como los proyectos y criterios para la arborización urbana de Bogotá D.C. El plan entro otros aspectos, fijará prioridades y metas de mantenimiento y manejo, así como mecanismos de articulación con otros instrumentos de planeación vigentes: plan de desarrollo, plan de ordenamiento territorial y planes maestros. La administración distrital garantizará los recursos distritales para financiar las actividades y proyectos definidos en el plan marco de arborización urbana.

Artículo 6. Manual de Arborización. El manual es un documento que describe los aspectos técnicos conceptuales de las actividades y procedimientos relacionados con la arborización urbana: planeación, mantenimiento y manejo, inventario, seguimiento y

georeferenciación. Incluye la descripción de las especies más comunes para la arborización de Bogotá y la metodología para su selección. La Secretaría Distrital de Ambiente y el Jardín Botánico José Celestino Mutis adoptarán conjuntamente el manual de arborización para Bogotá, mediante resolución. Será obligación de todas las entidades públicas y de los particulares cumplir los procedimientos y estándares del manual de arborización urbana de Bogotá D.C.

Artículo 7. Sistema de Información para la gestión del Arbolado Urbano –SIGA- Adóptese el SIGA como el sistema único y oficial de información administrativo por el Jardín Botánico José Celestino Mutis mediante el cual se accede e intercambia información sobre las actividades de plantación, poda, traslado, talas y mantenimiento del arbolado localizado en espacio público de uso público que realizan las diferentes entidades competentes. Todas las intervenciones o actividades sobre el arbolado urbano localizado en espacio público y de uso público deberán ser registradas en el SIGA.

7.3 MARCO GEOGRÁFICO

7.3.1 Colombia

La República de Colombia se encuentra ubicada en la parte norte Suramérica, entre los 4°13´ S y 17° 50´N y 66° 50´y 84° 46 W. Sus límites son: Al norte con el Océano Atlántico, al Sur con Ecuador, Perú y Brasil, al Oriente con Venezuela y Brasil y al Occidente con Panamá y el Océano Pacífico. Tiene una superficie total de 2.070.408 Km^2, de los cuales 1'141.784 corresponden a tierras emergidas, tanto continentales como insulares y 928.660 a dominios marítimos. (UNIVALLE, 2007)

"Por su situación geográfica Colombia tiene un clima tropical, con temperaturas altas y constantes durante todo el año, y en general bastante húmedo. En la zona montañosa la principal característica del clima es la variación altitudinal de la temperatura y de la lluvia. De 1.200 a 2.000 metros de altura las temperaturas medias oscilan entre los 18 y 24ºC, entre 2.000 y 3.000 metros la temperatura media llega hasta los 12º, entre 3.000 y 4.800 metros y en adelante las temperaturas son muy bajas". Su altura máxima se encuentra en la Sierra Nevada de Santa Marta, el pico Colon con 5780 m.s.n.m (UNIVALLE, 2007)

7.3.2 Bogotá D.C.

"La ciudad de Bogotá se encuentra ubicada en el Centro de Colombia, a una altura de 2630 m.s.n.m.; posee un clima bimodal, con dos periodos de invierno en abril y en Octubre, y dentro 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. El clima es templado, con un promedio de 14.4° C. Tiene una precipitación anual promedio de 1.013 mm y una humedad relativa media anual de 72%. La ciudad posee una extensión de 32.000 Ha y está rodeada por 19 municipios que componen la región conocida como la Sabana de Bogotá" (Preciado en Nail, 2006).

Posee unas características geográficas que la hacen peculiar en cuanto a su gestión y sus límites como por ejemplo la zona de reserva ecológica de paramo al sur (Sumapaz), los humedales de la ciudad y los cerros orientales que la delimitan. "El territorio donde actualmente se encuentra localizada la capital de Colombia era, hace unos seis mil años, un inmenso lago que con el paso del tiempo y de algunos cambios geológicos se fue secando hasta conformar el paisaje actual de una enorme sabana, al interior de la

cual discurre lentamente el rio Bogotá la riqueza de los humedales, pantanos, ríos, vida animal y vegetación nativa hacían de esta sabana un lugar predilecto para la obtención de alimentos que abastecían la ciudad; en el siglo XIX la sabana de Bogotá como se conoce actualmente a este territorio, es el área que alberga la región metropolitana de la ciudad de Bogotá" (Preciado en Nail, 2006).

Los cerros orientales son otra característica importante de esta ciudad, estos atraviesan la ciudad de sur a norte y se elevan a unos 700 metros sobre la ciudad. Estos cerros fueron objeto de un programa de arborización a comienzos del siglo XX lo que generó su acelerado deterioro (Preciado en Nail, 2006).

7.3.2.1 Localidad de Chapinero

La localidad de Chapinero es la número dos de las 20 que conforman 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. Limita con las localidades de Santa Fe, Teusaquillo, Barrios Unidos, Usaquén y con los municipios de la Calera y Choachí. Posee un clima frío, los vientos son de baja intensidad pero varían en los meses de Julio a Septiembre (AMB, 2004).

La precipitación varía entre los 1000 y 1200 mm con mayor régimen en los meses de Octubre- Noviembre y Abril- Junio. Su temperatura media multianual es de 14,2°C.

Hidrológicamente hablando en esta localidad se encuentran cuencas importantes como lo son la del Río Bogotá, Arzobispo, Teusaca, gracias a su cercanía a los cerros orientales en donde tiene origen estos ríos (AMB, 2004).

En cuanto a la vegetación, la localidad "cuenta con un importante reducto de vegetación natural entre la calle 100 y la quebrada El Chicó, con más del 80% de superficie cubierto. También se encuentran manchas boscosas naturales importantes en la cuenca de la quebrada El Chicó y en un pequeño sector del Parque Nacional Olaya Herrera. Sin duda, es el sector de Cerros Orientales el que presenta mayor biodiversidad vegetal y animal, índice que se ve reducido drásticamente en los pastizales circundantes y más aún en las zonas urbanas (AMB, 2004).

“En fauna, los grupos más abundantes e importantes son los de aves, mamíferos pequeños e insectos. La mayor parte de estas especies habitan en los bosques y rastrójales de los alrededores de la ciudad, encontrando en los cerros un hábitat ideal para su resguardo y reproducción” (AMB, 2004).

Las zonas verdes de la localidad suman en total siete hectáreas concentradas principalmente en el Parque Nacional Olaya Herrera, los separadores de la carrera 11 desde la calle 100 hasta la 72 y los conjuntos residenciales desde la calle 86 hasta la Autopista Norte (AMB, 2004).

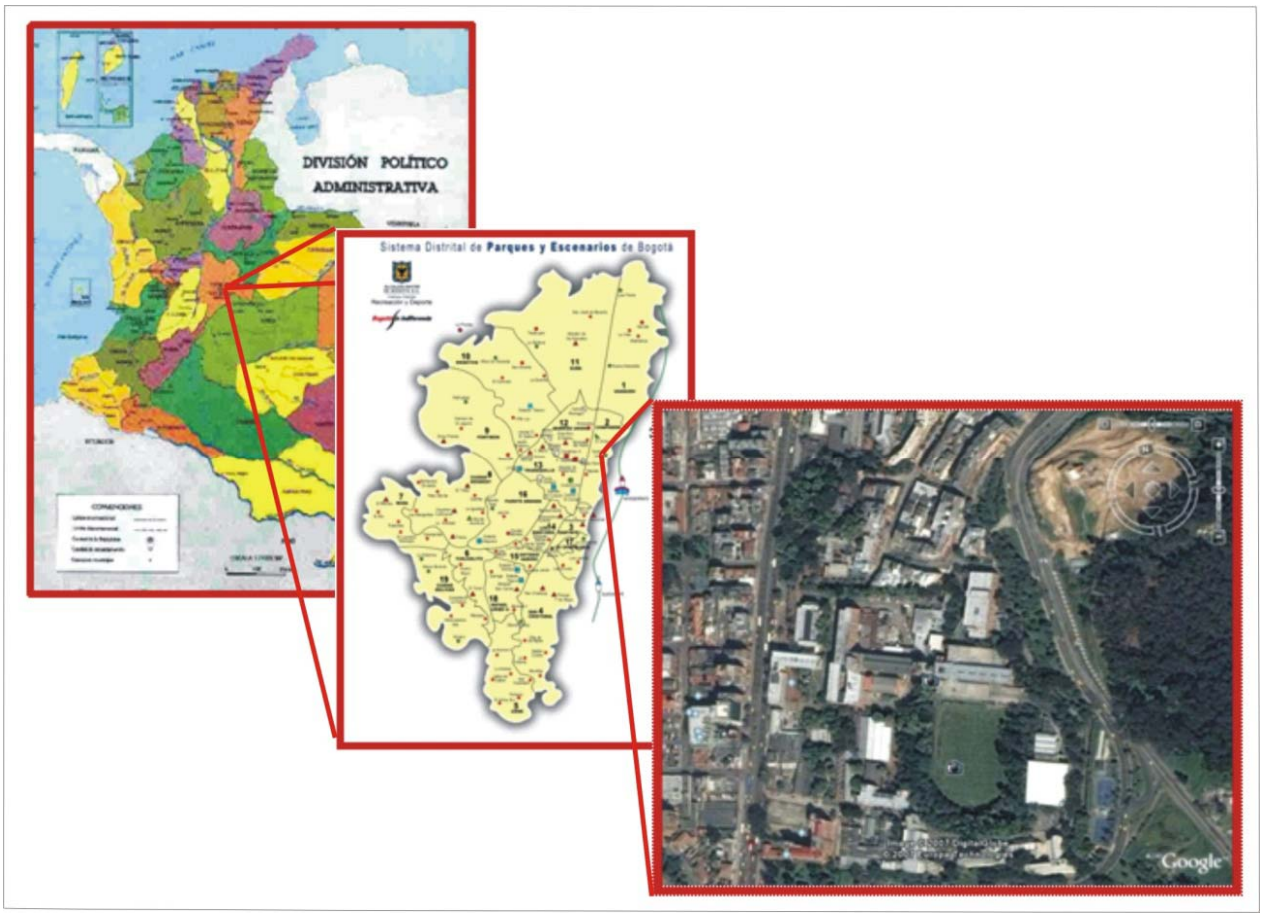
7.3.2.2 Pontificia Universidad Javeriana

La Pontificia Universidad Javeriana se encuentra ubicada en la Localidad de Chapinero (2) de Bogotá “En sus 16 hectáreas de terreno y casi 90.000 metros cuadrados de construcción surgen 26 edificios académicos, biblioteca, emisora, estudio de televisión, 3 instituciones hospitalarias, instituciones bancarias, 10 cafeterías, 3 auditorios, coliseo cubierto, campo de fútbol, 900 parqueaderos, 17.000 metros cuadrados de plazoletas peatonales” (PUJ, 2007).

En cuanto a zonas verdes cuenta con 74,000 metros cuadrados de zonas verdes distribuidas en jardines arbustos y arboladas. La población calculada según datos de la Universidad es de 30.000 personas entre las que encuentran estudiantes, profesores, empleados y visitantes o usuarios de los múltiples servicios universitarios (PUJ, 2007).

“La Presencia de la Universidad en la vida nacional, se aprecia también en el desarrollo físico de su campus universitario, el cual es fruto de un largo y continuo crecimiento y transformación, siempre en proceso, y que responda no sólo a los requerimientos pedagógicos y funcionales de cada una de las épocas que le ha tocado vivir, sino que se ha ido entretejiendo con el desarrollo mismo de la ciudad transformando todo un sector de chircales, planta cementera, fábrica de chocolates, tipografía, etc., en una "ciudad universitaria" de la que el común de los ciudadanos no percibe sus límites al ser parte de un barrio trasformado en universitario también” (PUJ, 2007).

Imagen 1. Campus de la Pontificia Universidad Javeriana. Imagen Satelital Google Earth. Alcaldía Mayor de Bogotá. Programa Bogotá Sin indiferencia. Mapa político de Colombia.



8. ANTECEDENTES

A lo largo de la historia, la relación del hombre con los árboles ha sido constante, al ser los productores y los pilares de cualquier cadena del los ecosistemas; cada individuo dependiendo de sus necesidades se ha visto beneficiado por su cercanía a su ecosistema. En el tema que compete a este proyecto, se tendrá en cuenta la relación de los árboles con el entorno urbano.

La forma en la cual está construida la ciudad muestra la historia, la sociedad, el uso que se le da a las zonas verdes. “Distintos tamaños, distintas formas, mayor o menor presencia de vegetación, diseños formales o clásicos al estilo francés, o románticos en la tradición inglesa, orientación hacia la contemplación de un paisaje o facilidades para ocupación activa en actividades recreativas, culturales, deportivas e incluso productivas. Los espacios verdes constituyen de una u otra forma lugares singulares y significativos de la ciudad” (Montaña en Nail, 2006).

Un modelo clásico que se ha implantado en la mayoría de las ciudades, es el francés el cual ha tenido una amplia aceptación en cuanto a lo referente a la arborización urbana. En el reinado de Luis XIV mando construir lo que en es hoy por hoy la base de la arborización urbana en Francia y en los jardines de Europa. La importancia fue el diseño de espacios exclusivamente para lucir la vegetación. (AMB, 2000).

Solo hasta mediados del siglo XIX se adopta el término de arborización urbana cuando el Barón Hausman, teniendo bases claras de planeación y ordenamiento de la cuidad, creó una de las zonas arboladas y verdes más importantes de Francia como lo son los campos elíseos. Es importante destacar que para el establecimiento de estas zonas se tuvo en cuenta los programas de planeación de los ministerios públicos que gobernaban en esa época. (AMB, 2000).

En la Actualidad el ambiente urbano ha sido conformado por una tecnología cuyos fines son económicos más que medioambientales y sociales. El crecimiento explosivo de las áreas urbanas desde la segunda guerra mundial ha ocasionado cambios fundamentales, no solo en el paisaje físico sino también en la percepción de la gente sobre la tierra y el medioambiente En consecuencia se han generado unas presiones insostenibles en ecosistemas que eran autosuficientes. (Hough, 1998)

Para lograr el análisis del componente arbóreo en las zonas urbanas, la Organización Americana Forestal, creó un proyecto llamado el Análisis Ecosistémico urbano, el cual

mediante mediciones de variables ambientales y fisiológicas de los árboles, logra establecer la situación de los bosques urbanos. Este proyecto se ha llevado a cabo en principales ciudades de los Estados Unidos como Palm Beach, Montgomery, San Antonio, San Diego, Atlanta, dando como resultado un acercamiento al conocimiento de las ciudades y su situación ambiental con el fin de introducir los servicios ecosistémicos de los árboles dentro de las políticas públicas y el desarrollo de las ciudades (American Forests, 2007).

En cuanto a lo referente en América Latina, en varias ciudades del continente está tomando importancia el concepto de Silvicultura urbana, la cual tiene en cuenta los programas de gestión, planificación de la organización del territorio, en donde es pieza fundamental los bosques urbanos. (Mail, 2006).

Dentro del campus universitario se está trabajando en los planes de manejo ambiental y reforestación liderados por el Instituto de Desarrollo Territorial, el cual, mediante una base de datos ha logrado identificar la flora que se encuentra presente en el campus (Puentes, 2007). Así, mismo se han hecho estudios relacionados a la contaminación ambiental, planes de reforestación y urbanismo, entre otros. (Iragorri, 2001)

9. METODOLOGÍA

El tipo de investigación que se utilizó en este proyecto fue de tipo empírico puesto que se basa ante todo en la experiencia de la comunidad universitaria con respecto a los servicios ecosistémicos que prestan los árboles en el campus universitario. Se considera no experimental correlacional porque se tiene en cuenta una serie de variables poco controladas que se pueden relacionar en la actualidad y predecir su comportamiento en el futuro (Salkind, 1998).

En cuanto a la herramienta que se utilizó, se tuvo en cuenta la encuesta (herramienta de tipo cuantitativo) "que permitió la recolección de información clave, rápida y puntual de manera ágil" (Hernández; Fernández & Baptista, P, 2003). Dicha encuesta se aplicó a la población universitaria (estudiantes, administrativos y profesores), con el fin de identificar los servicios ecosistémicos prestados por los árboles de la universidad, además de conocer los riesgos y aspectos negativos que generan a la comunidad.

9.1 Encuesta

Teniendo en cuenta los tipos de encuestas existentes, se seleccionó una de tipo probabilística aleatoria simple, es decir, cada miembro de la población tuvo la probabilidad igual o independiente de ser escogido para la formulación de la encuesta Salkind (1997). El tamaño de la muestra tuvo en cuenta la ecuación $n = \frac{t^2 \times p(1-p)}{m^2}$, en donde, "el tamaño de la muestra requerida (*n*) se halló con un nivel de confianza del 95% (*t*), un margen de error del 5% (*m*), una probabilidad de éxito del 85% (*p*)" (Hernández; Fernández & Baptista, 2003); dando como resultado un número igual o mayor a 196 personas a encuestar.

$$n = \frac{t^2 \times p(1-p)}{m^2}$$

$$n = \frac{(1{,}96)^2 \times 0{,}85\,(1-0{,}85)}{0{,}05^2}$$

$$n = \frac{3{,}842 \times 0{,}85\,(0{,}15)}{0{,}0025}$$

$$n = 195{,}94 \sim 196$$

La encuesta se realizó en el mes de Septiembre del año 2007, en las instalaciones de la Universidad Javeriana; 202 personas entre estudiantes(138), profesores (27) y personal administrativo (37) elegidos al azar, los cuales, contestaron durante aproximadamente cinco minutos el cuestionario que contenía 5 preguntas relacionadas con: Actividad que realiza dentro del campus, Importancia de los árboles dentro del campus, Servicios prestados por los árboles dentro del campus, Zona del campus mas importante en cuanto a la presencia de árboles, y aspectos negativos y riesgos que generan los árboles dentro del campus. (Ver Anexo 2).

9.2 Indicadores Ambientales

Con el fin de conocer los indicadores ambientales que tienen dentro de sus variables a los servicios ecosistémicos prestados por los árboles en el campus universitario, se realizó una revisión bibliográfica a fondo sobre los tipos de indicadores establecidos a nivel mundial y local, además de definir cuáles de los servicios ecosistémicos prestados por los árboles son cuantificables y cuáles no tiene una medida establecida. Esta información fue recogida mediante los Observatorios Ambientales Urbanos, de la Red de Desarrollo Sostenible de Colombia.

9.2.1 Valor Ecosistémico

Teniendo en cuenta la base de datos realizada por el IDEADE en el año 2007 dentro del Programa de Manejo de Zonas Verdes del Campus Universitario de la Javeriana, (Puentes et al, 2007) se estableció el valor ecosistémico de los árboles en cuanto a Captura de Carbono y la proporción de sombra, con el fin de establecer el aporte de éstos al mejoramiento de la calidad ambiental de la ciudad.

Los criterios de valoración ecosistémica utilizados en estas mediciones se obtuvieron de los datos dasométricos de cada uno de los árboles vivos que hacen parte del campus. Entre las variables censadas durante el año 2007 se encuentran: altura, DAP (Diámetro a la altura del pecho), ubicación, diámetro de copa, valor estético, afectación urbana,

concepto técnico, entre otros (Puentes et al, 2007). Para hallar la biomasa aérea, y posteriormente la captura de Carbono de los árboles, fue necesario hallar las variables de CAP, volumen y densidad básica.

9.2.1.1 Captura de Carbono

Teniendo en cuenta las variables de altura y DAP presentes en la base de datos, se prosiguió a establecer el volumen en m^3 de cada uno de los árboles mediante la ecuación de volumen establecida $v = Area\ basal * Altura * Factor\ forma$ (Rivas, 2006). El cálculo del área basal se dio en cm siendo el Área Basal (AB) el resultado del cuadrado de la circunferencia a la altura del pecho (CAP) dividido entre 4 π.

$$AB = \frac{CAP^2}{4\pi}$$

El factor forma, es un valor empírico que varía según el diámetro del fuste, con el fin de tener en cuenta la forma cónica (volumen cónico) que tienen los árboles; presenta valores entre 0,53 y 0,7 (Rivas, 2006). El factor forma utilizado en esta investigación fue de 0,7 para abarcar todos los diámetros existentes en los árboles estudiados. Posteriormente hallando el volumen de los árboles se continuó con el cálculo de la biomasa aérea de los árboles; esta se midió en kilogramos mediante la ecuación exponencial establecida por Brown (1989), la cual tiene en cuenta el diámetro, la altura, la densidad, además de la zona geográfica en la cual se encuentran los bosques (Terán, 2000).

Por tanto, la biomasa aérea es el resultado de la base exponencial (e) de -2,4090 + 0,9522 por el logaritmo natural del DAP al cuadrado por la altura (h) por la densidad básica del árbol (§).

$$e^{(-2.4090+0.9522\,\ln[(DAP^2\,h\,\S)])}$$

La densidad básica utilizada para la obtención de la biomasa fue de 0,5 ton/m^3, valor estandarizado por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) para las especies tropicales; de igual manera establece como constante el factor de conversión de biomasa a Carbono Capturado, siendo de 0,5 (IPCC, 2006). Por tanto, la captura de carbono de los árboles se obtiene multiplicando la biomasa por 0,5. (Devia, 2007).

$$Captura\ de\ C = Biomasa\ aérea * 0{,}5$$

Obteniendo los resultados de la captura de carbono en los árboles se procedió a definir la zona del campus que más captura de carbono presenta.

Adicionalmente se obtuvieron las emisiones de CO_2 con el fin de cuantificar la emisión total de CO_2 de la universidad; teniendo en cuenta que la emisión por persona es de 1,3 toneladas por año.

$$Emision\ CO2 = 1{,}3\frac{ton}{año} * Población$$

Equivalencia. 1.3 emisiones de CO_2 al año= 0,35 toneladas de captura de Carbono año. (IPCC, 2006 en Devia, 2007)

Para comparar el resultado de la emisión de CO_2 con la captura real de CO_2 por parte de los árboles existentes en la zona se procedió a utilizar la ecuación que tiene en cuenta el peso químico de los elementos carbono y oxigeno y la captura de Carbono, obteniendo así la captura de CO_2. (IPCC, 2006 en Devia, 2007)

$$Captura\ CO2 = \frac{44}{12} * Captura\ de\ C$$

9.2.1.2 Porcentaje de Cobertura Vegetal (Proporción de Sombra y Abrigo)

Para hallar la proporción de sombra de los árboles del campus, se utilizó una fotografía satelital del campus obtenida en Google Earth, en la cual, se identificó el porcentaje de cobertura vegetal y el porcentaje de cobertura construida, teniendo en cuenta el área en hectáreas de la universidad (16Ha), el área de zonas verdes (7,4Ha), así como el área total construida de la universidad (PUJ, 2007); posteriormente se establecieron los porcentajes de cobertura (Ver Anexo 3).

9.3 Lineamientos

Para la proposición de los lineamientos a seguir dentro del campus con respecto a la optimización de los servicios ecosistémicos prestados por los árboles, se procedió a investigar en la bibliografía temas referentes a la silvicultura y a la arboricultura urbana.

10.RESULTADOS

Los resultados obtenidos al resolver los objetivos correspondientes a la evaluación de los servicios ecosistémicos prestados por los árboles a la universidad y a su comunidad arrojaron los siguientes datos.

10.1 Servicios Ecosistémicos detectados en el Campus

10.1.1 Importancia de los árboles en el campus

A la pregunta sobre la importancia de los árboles de la universidad, 128 personas creen que tiene mucha importancia, 51 piensan que son medianamente importantes, 21 personas contestaron poca, y 2 personas respondieron ninguna y alguna respectivamente.

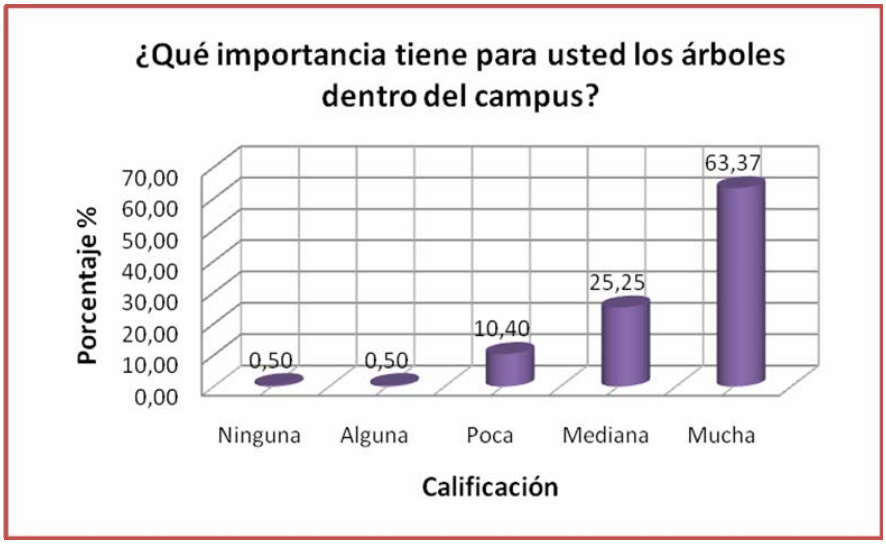


Gráfico 1. Porcentaje de importancia de los árboles dentro de la Universidad Javeriana.

10.1.2 Servicios Ecosistémicos de los Árboles en el Campus

La pregunta referente a cuales servicios ecosistémicos prestan los árboles de la universidad evidenció ocho servicios entre los que se encuentran la belleza escénica, la captura y almacenamiento de carbono, la mejora en la calidad de vida, la generación de actividades recreativas, la proporción de sombra y abrigo, la conservación de la diversidad biológica, la conservación de los suelos, y la recolección de aspectos sociales y culturales.

La reiteración con la que se presentaron los anteriores servicios ecosistémicos dentro de la encuesta, mostró que la belleza escénica con una frecuencia de 136 (27%) fue el servicio más relevante para la comunidad universitaria; en segundo lugar se ubicó la captura y almacenamiento de carbono con una frecuencia de 119 (24%). Los siguientes servicios repartieron el 49% restante del total en el siguiente orden: mejora en la calidad de vida 77 (15.31%), generación de actividades recreativas 33 (6,56%), proporción de Abrigo. Viento/ Sombra 65 (13%), conservación de la diversidad biológica 57 (11,33%), conservación de los suelos 14 (2,78%), recolección de aspectos sociales y culturales 2 (0.4%).

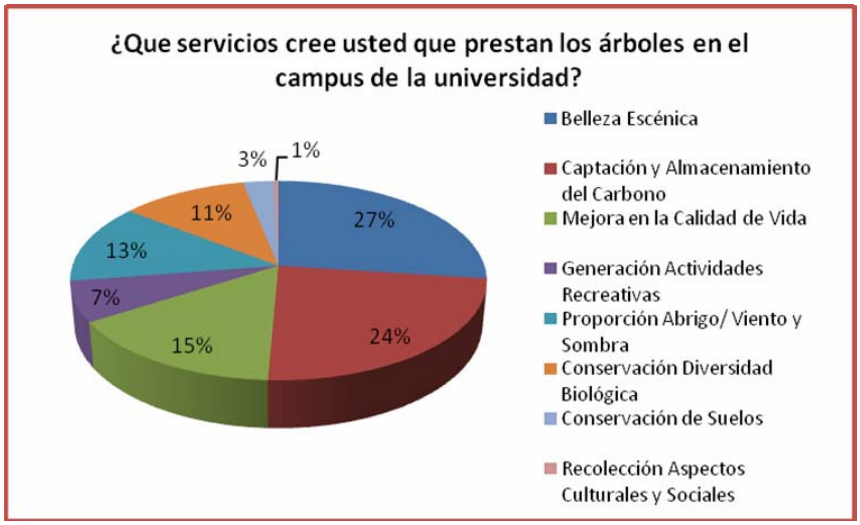


Gráfico 2. Porcentaje de los servicios ecosistémicos que prestan los árboles dentro de la Universidad Javeriana.

10.1.3 Zona de Importancia en términos de árboles

En cuanto a la zona del campus más importante por presencia de árboles, teniendo en cuenta la división de las cinco zonas a criterio del investigador: Básicas y Artes, Biblioteca Central, Edifico 67 (Canal), Derecho Arquitectura- Diseño- Ingeniería, Cancha de fútbol, mostró que la Cancha de fútbol es la más importante, con un porcentaje del 37,1%, seguida por Básicas y Artes con el 29,7%, la zona de Derecho Arquitectura- Diseño- Ingeniería obtuvo un 17,3%, el Edifico 67 (Canal) tuvo un porcentaje de 11,4 , y por último la zona de la Biblioteca Central obtuvo un 4,5% .

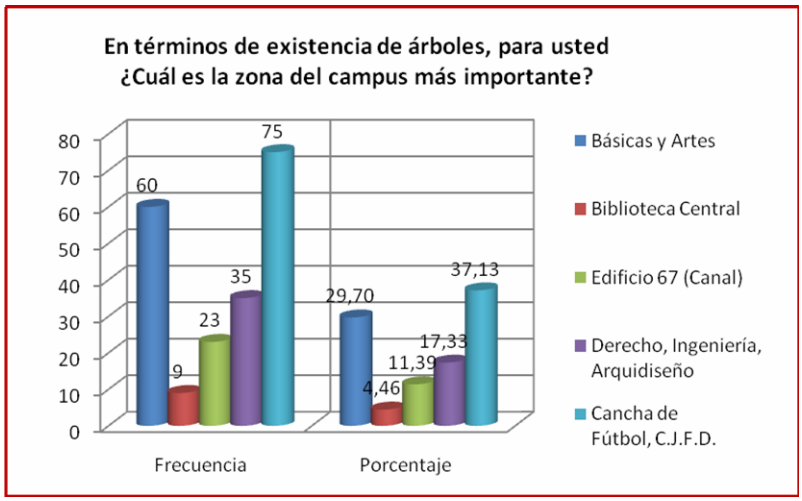


Gráfico 3. Porcentaje y Frecuencia de Zona de Importancia en términos de árboles dentro de la Universidad Javeriana.

Cada zona fue calificada teniendo en cuenta el por qué había sido escogida, lo cual generó unas categorías entre las que se encuentran, la cantidad de árboles que hay en la zona, la diversidad de árboles que en ésta se encuentra, el descanso que genera en el ambiente la presencia de árboles, además de su posición estratégica dentro del ecosistema en el cual está inmersa la Universidad.

10.1.3.1 Cancha de Fútbol

En el caso de la Cancha de Fútbol la mayoría de las personas consideraron esta zona importante por la cantidad de árboles que en ella se encuentran 44%, por el descanso que brinda 33%, por la diversidad de árboles que hay 11%, por la cercanía que tienen con el Parque Nacional y los Cerros Orientales 8%, así como por la barrera contra la contaminación que se genera en las avenidas 4%.

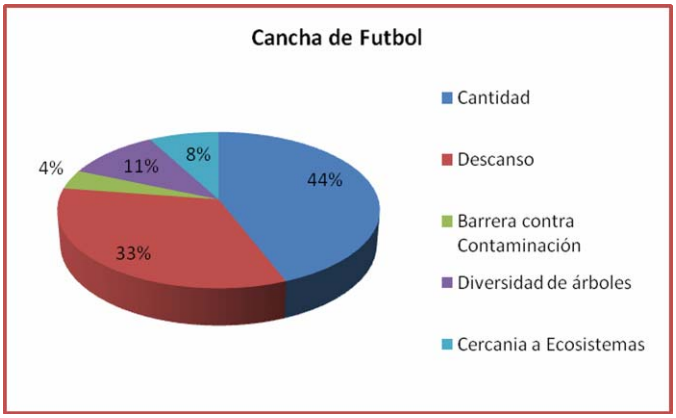


Gráfico 4. Importancia de los árboles dentro de la cancha de fútbol de la Universidad Javeriana.

10.1.3.2 Básicas y Artes

En la zona correspondiente a Básicas y Artes las categorías mostraron que esta zona es más importante por ser una barrera clara contra la contaminación 50%, seguida por la cantidad de árboles 30%, un 10% escogió esta zona por el descanso que genera dentro de la población universitaria, un 7% por la diversidad de árboles que en esta zona se encuentra, y un 1% por la cercanía que tiene con otros ecosistemas como los cerros orientales.

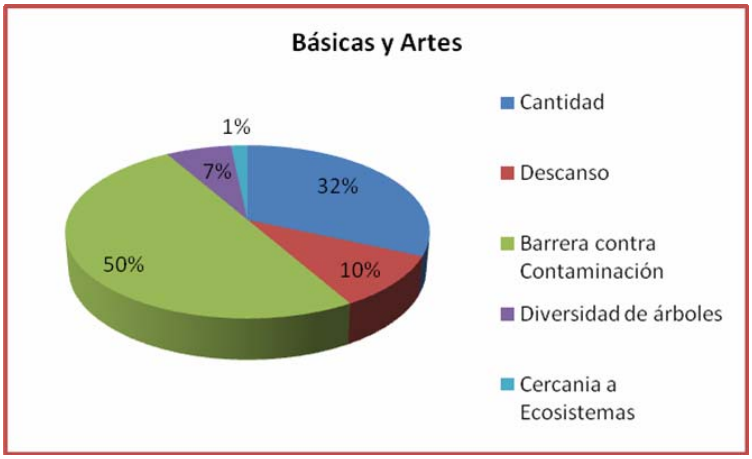


Gráfico 5. Importancia de los árboles en la zona de Básicas y Artes de la Universidad Javeriana.

10.1.4 Aspectos Negativos y Posibles Riesgos

A la pregunta referente a los aspectos negativos y posibles riesgos que generan los árboles a la población universitaria, la respuesta predominante fue ninguno, aunque se mencionaron aspectos de tipo fisionómico e infraestructural principalmente.

El porcentaje de respuestas con respecto a los aspectos negativos mostró un 47,03 % de personas que no consideraron ningún aspecto negativo, un 28% consideró que la fisonomía de los árboles (ramas largas, troncos delgados, raíces) podrían generar inconvenientes; un 13,86% contestó que la altura era un aspecto negativo de los árboles, un 7,43% consideró que los residuos vegetales (hojarasca) les incomodaba, y un 2,97 no respondió.

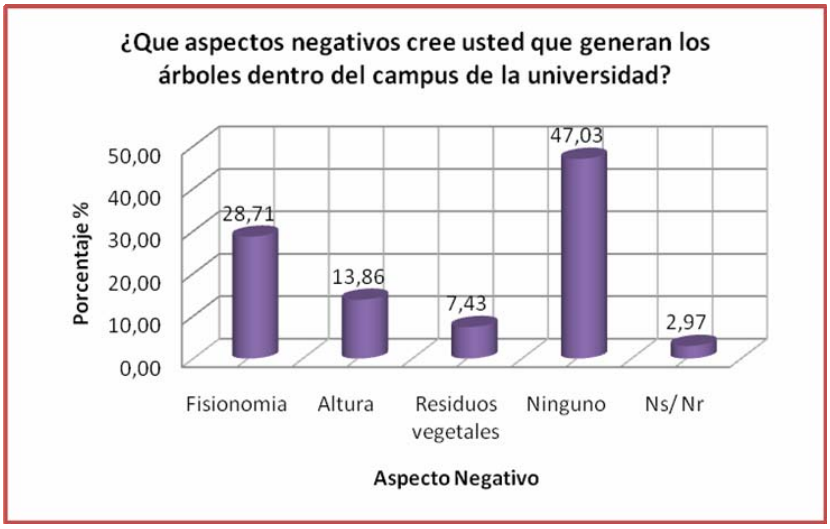


Gráfico 6. Aspectos negativos de los árboles detectados por la población de la Universidad Javeriana.

Dentro de los posibles riesgos, la caída de los árboles fue el que obtuvo mayor porcentaje 22.28%, seguido por los daños en la infraestructura de la universidad (Piso, grietas, ruptura de vidrios, etc.) 17,33%, los posibles accidentes a las personas obtuvo un porcentaje del 13,37%, mientras que el 43,07 no consideró ningún tipo de riesgo por parte de los árboles; un 3,96% no respondió.

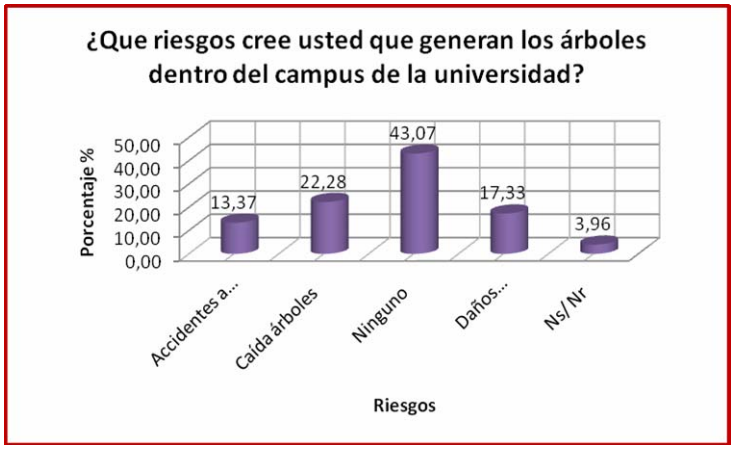


Gráfico 7. Posibles riesgos de los árboles detectados por la población de la Universidad Javeriana.

10.2 Indicadores Ambientales de los Árboles

10.2.1 Aspectos Generales

A partir de la revisión bibliográfica con respecto a la cuantificación de los servicios ecosistémicos locales, se identificaron los indicadores ambientales que se pueden cuantificar en el campus de la universidad.

Conociendo de antemano que algunos de los servicios ecosistémicos son subjetivos y algo confusos, que poseen poca información y que no tienen un indicador que permita calcular y entender su comportamiento dentro del ecosistema, son pocos entonces los servicios ecosistémicos del campus que en el momento se pueden cuantificar.

Mediante un plan de gestión y el establecimiento de los Observatorios Ambientales Urbanos, las ciudades más importantes de Colombia están recogiendo información fundamental para poder indicar el estado en el cual se encuentran algunos de los servicios ecosistémicos. Siguiendo el Núcleo Básico de Indicadores establecidos por el RDS (Red de Desarrollo Sostenible de Colombia). (Ver Anexo 1)

10.2.2. Indicadores de los Árboles en el Campus de la Universidad

Los indicadores ambientales establecidos por los Observatorios Ambientales Urbanos que tienen relación con los servicios ecosistémicos de los árboles son:

10.2.2.1 Número de especies de flora inventariada.

Es un tipo de indicador de calidad que “diagnostica la vegetación existente. Permite conocer y cuantificar la diversidad de especies vegetales (árboles, arbustos, hierbas y plantas acuáticas) existente” (OAU, 2007). Se cuantifica la diversidad de especies existentes en el ecosistema.

La sumatoria de las especies de árboles inventariadas dentro de la universidad Javeriana es 2299 individuos pertenecientes a 81 géneros. (Ver Anexo 4)

10.2.2.2 Concentración Atmosférica

"Es la relación entre el peso de gas contaminante por metro cúbico de aire que lo contiene. Entre las sustancias contaminantes se cuentan: el ozono troposférico, el monóxido de carbono, las partículas suspendidas, el dióxido de azufre, dióxido y monóxido de nitrógeno, los hidrocarburos volatilizados no quemados y el plomo. Lo que busca este indicador es hacer seguimiento al grado de exposición de contaminantes atmosféricos al que está sometida la población urbana. Se mide en ppm de cada compuesto" (OAU, 2007).

En los estudios realizados en la universidad con respecto a las Partículas Totales en suspensión dentro del campus, se evidenciaron los bajos niveles de éstos, a pesar de la cercanía a importantes avenidas, debido a que los bosques aledaños y los movimientos de los vientos no permiten la acumulación en la universidad y por consiguiente en los árboles (Tunarroza, 2002).

Para los demás servicios ecosistémicos de tipo cultural la formulación de indicadores resulta muy subjetiva, a menos que se tenga estudios y datos que estén relacionados con la salud como el estado mental de las personas en diferentes entornos, número de enfermedades de tipo respiratorio, entre otros.

En la Agenda 21 precedida por la ONU, se presenta un capítulo sobre los indicadores de sostenibilidad entre los que se encuentran los indicadores de medición de la calidad del aire, dichos indicadores, así como los del uso de la tierra, manejo del agua, entre otros, pueden ser utilizados siempre y cuando se tenga una base de datos sólida sobre el valor ecosistémico de cada variable que necesitan los indicadores; mientras los datos no se tengan, los indicadores quedarán sin ser utilizados.

10.2.3 Valor Ecosistémico de los Árboles Del Campus

El resultado de cuantificar el valor ecosistémico de los árboles en el campus universitario en términos de Captura de Carbono y Proporción de Sombra arrojó los siguientes datos:

10.2.3.1 Captura y Almacenamiento de Carbono

Los resultados arrojados por la base de datos muestran que el total de captura de carbono que se da en el campus de la universidad es de 428,26 ton/año. En donde la zona que tiene mayor captura es la zona de Básicas y Artes con 146 ton/año, seguida

por la Cancha de fútbol con 118,31; las demás zonas tienen un aporte menor a las 100 toneladas como la zona de Derecho, Ingeniería y Arquitectura 77,55; El Edifico 67 y la Biblioteca Central 46,17 y 39,72 toneladas respectivamente.

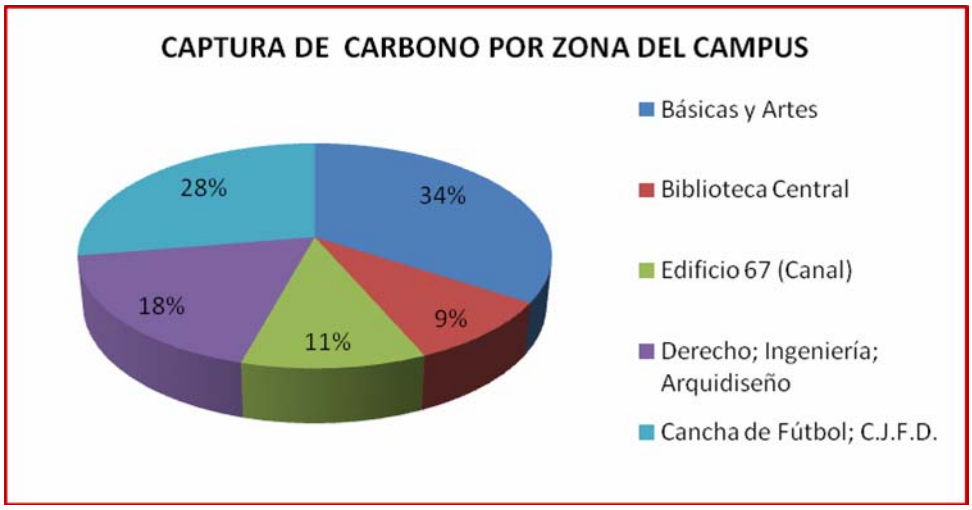


Grafico 8. Porcentaje de Captura de Carbono por zona del campus de la Universidad Javeriana.

Tabla 1. Captura de carbono por cada zona de la Universidad Javeriana.

#	**Nombre Zona**	**Captura Carbono Toneladas**	**# Árboles**	**Captura de CO_2 en Toneladas**
1	BASICAS Y ARTES	146,51	537	536,21
2	BIBLIOTECA CENTRAL	39,72	261	145,38
3	EDIFICIO 67 (CANAL)	46,17	438	136,26
4	DERECHO;INGENIERIA;ARQUIDISE	77,55	207	283,84
5	CANCHA DE FÚTBOL; C.J.F.D.	118,31	856	433,03
	TOTAL	428,26	2299	1534,72

10.2.3.2 Proporción de sombra y viento

El resultado del mapa de coberturas realizado muestra que de las 16 Ha de terreno que abarca todo el campus, 7,4 Ha son de zonas verdes distribuidas principalmente por los árboles, arbustos y jardines, es decir el 46, 25 %. (PUJ, 2007). (Ver Anexo 3).

La mayoría de los jardines que se encuentran en la universidad están rodeados de los árboles, por tanto el potencial de sombra y de abrigo que se presenta en la universidad es igual al porcentaje de zonas verdes.

Tener en cuenta las recomendaciones dadas por la ISA, (2007) sobre la forma de prevenir los riesgos por la presencia de árboles en el campus, considerando la zona más vulnerable la de Básicas y Artes, por el cubrimiento total que tienen algunos edificios por la presencia de los árboles.

10.3 Lineamientos Para La Optimización De Los Árboles Dentro Del Campus

10.3.1 Servicios Ecosistémicos

Teniendo en cuenta que la mayoría de los servicios ecosistémicos no cuentan con una información suficiente para poder ser aplicado, sería necesario ante todo complementar la información de la bases de datos existente del manejo del campus universitario, en donde se incluya variables de tipo social, como número de habitantes por área; sanitario como % porcentaje de enfermedades respiratorias; y psicológicas como respuesta a las variables de tipo cultural; ambientales como suspensión de partículas en el aire, calidad del agua, entre otros.

10.3.2 Indicadores Ambientales

La aplicación de cada uno de los indicadores establecidos en el Núcleo Básico de Indicadores propuestos por la Red de Desarrollo Sostenible de Colombia, puede ser una tarea ardua, además la poca información que se tiene del campus limita el acercamiento a los datos reales del comportamiento del sistema.

La aplicación de indicadores ya utilizados dentro de la universidad como la medición de partículas suspendidas, así como el inventario forestal, dentro de un rango de tiempo determinado, podrá arrojar datos sobre el posible comportamiento de las variables medidas a través del tiempo y así plantear y proyectar programas en pos del mejoramiento del ecosistema.

10.3.2.1 Valor Ecosistémico

Poner en práctica la propuesta de Tala presentada en el inventario forestal dentro del Programa de Manejo de Zonas Verdes del Campus Universitario, con el fin de reemplazar los árboles muertos y los altamente riesgosos para así, aumentar los beneficios de los árboles dentro de la institución universitaria. Al reemplazar los árboles antiguos y muertos se aumenta la posibilidad de captura de carbono de los Árboles.

Incentivar programas que ayuden al conocimiento del comportamiento de otros componentes ambientales tales como, contaminación del agua, capacidad de carga de la universidad, entre otros.

11. DISCUSIÓN

11.1 Servicios Ecosistémicos con Respecto a los Árboles

11.1.1 Importancia de los árboles dentro de la Universidad

Los árboles dentro de la ciudad son importantes debido a la cantidad de funciones ecosistémicas que brinda tanto a la ciudad como sistema, como a la población que habita en ella; entre los principales servicios que presta los árboles se encuentra el mejoramiento de la calidad de aire, mayor conservación de energía, así como, generadores de sombra, entre otros (Prendergast, 2003). Teniendo en cuenta la percepción de las personas encuestadas se evidencia una conciencia y valoración de los árboles dentro de la ciudad, en este caso en la universidad, porque conocen algunos de los tantos servicios que ofrecen los árboles al entorno urbano, además de no ser ajenos a los beneficios que estos les proporcionan mientras se encuentran en la universidad.

Al igual que las personas encuestadas, otras entidades e instituciones confirman la importancia de los árboles dentro de las ciudades; instituciones gubernamentales han tomado conciencia de la importancia de éstos en los planes de gestión que tienen para las diferentes ciudades. Según Neil (2006) “Los bosques urbanos tiene ahora arte y parte dentro de las estrategias que se fijan los gobiernos para hacer a las ciudades verdes y promover la sostenibilidad urbana en su más amplio sentido, incluyendo los paisajes, la conservación y la recreación”.

Según Weisner (2000) en las Memorias sobre el foro de la arborización urbana en Bogotá realizado por la Alcaldía Mayor, “el paisaje urbano es una expresión de las diferentes escalas de valores culturales y a la vez, un reflejo de la salud ambiental y ecológica del entorno urbano”. Esto demuestra que el tener árboles dentro de las ciudades, en este caso el campus universitario denota una conciencia sobre el valor cultural y ecológico que se pretende inculcar dentro de las instalaciones de la Universidad Javeriana.

Haciendo un paralelo con otras universidades de Bogotá, entre estas: Universidad Piloto de Colombia, La Gran Colombia, Rosario, Santo Tomás, Distrital, y el Externado, se encuentra que algunas de estas fueron construidas en espacios reducidos y con gran cantidad de edificaciones, sin darle importancia a los árboles y a la estética del lugar.

Otras universidades tienen en cuenta el 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.

"Es un espacio para vivir el quehacer universitario, el estudio y la investigación en un ambiente amable y centrado en la persona" (SABANA, 2007). El campus "tiene diversidad de espacios al aire libre en beneficio de la educación del estudiante y del entorno natural que lo rodea (cerros orientales)" (ANDES, 2007).

Finalmente la importancia de los bosques urbanos según Neil (2006), se da porque "participan intensamente en la textura de las ciudades, constituyen pulmones verdes en ciudades asfixiadas, y son sitios de relajación y refugios contra el anonimato de la ciudad".

11.1.2 Servicios Ecosistémicos de los Árboles en el Campus

Según la encuesta y la clasificación establecida para los servicios ecosistémicos, las personas destacaron los siguientes servicios: los Reguladores como es el caso de la Captación y Almacenamiento del Carbono, Regulación Climática que hace referencia a la proporción de sombra y abrigo; de Soporte como la conservación de la Diversidad Biológica, la conservación de los suelos; y los de tipo Cultural como la belleza escénica, la mejora en la calidad de vida, la recolección de aspectos culturales y sociales, así como también la generación de actividades recreativas.

El reconocimiento de estos servicios ecosistémicos se puede deber a que son los más fácilmente perceptibles y de los cuales la población universitaria se ha visto beneficiada en algún momento de su estancia en la universidad.

Analizando cada unos de estos servicios se obtiene que:

11.1.2.1 Regulación

- Captación y Almacenamiento de Carbono. El entorno en el cual se encuentran los árboles de la universidad es antropizado y con emisiones altas de gases de tipo invernadero, por tanto la necesidad que éstos capten el carbono es mayor. Algunos de los árboles de la universidad cumplen con el objetivo de captar de

una forma adecuada el carbono, otros por el contrario y debido a factores como la edad, la especie a la que pertenecen, entre otros no son tan productivos para el entorno en el cual se encuentran. Según Brown (1997), la captación de carbono es eficiente mientras la fotosíntesis sea mayor a la respiración, si es de forma contraria, entonces se generarán mayores emisiones de carbono por parte del ecosistema y no de oxigeno que es lo que necesitamos para respirar.

Recientes estudios realizados por el American Forest, miden entre otras variables la captura de carbono en diferentes ciudades de Estados Unidos, en donde se muestra las toneladas anuales de captura de carbono por cada ciudad y su representatividad en dólares teniendo en cuenta las políticas ambientales de la ciudad. Esto evidencia que la captura de carbono beneficia al ambiente y puede llegar a beneficiar a la economía si se siguen y cumplen los rangos de captura de carbono (American Forest, 2003)
La eficiencia de los árboles en la captación de carbono debe ser vital para el sostenimiento de la comunidad universitaria.

- Regulación Climática. (Proporción de Sombra / Abrigo contra el Viento). De este aspecto se puede analizar que al encontrarse en un entorno en el cual los pavimentos y demás estructuras, los rayos del sol se reflejan de una manera más directa generando un mayor calentamiento del ecosistema, los árboles ayudan a evitar las islas de calor que se presentan en las ciudades y a regular la temperatura generando así un microclima dentro de la universidad y del cual la comunidad universitaria se ve beneficiada.

  El solo hecho de cambiar la estructura de la universidad genera cambios a nivel del clima que si no se mitigan con la ayuda de los árboles pueden generar daños al campus la Alcaldía Mayor de Bogotá afirma “que La generación de cambios de tipo urbanístico y la creación de infraestructura genera cambios importantes en los microclimas de la zona afectada, estos cambios se presenta por varios factores entre los que ese encuentran: el tipo de material utilizado en las estructuras, la rigurosidad aerodinámica de las áreas construidas disminuye el poder de enfriamiento que tiene el viento”(AMB, 2000).

11.1.2.2 Soporte

- Conservación de la Diversidad Biológica. La importancia de este servicio se debe a la posición estratégica en la cual se ubica la universidad; la cercanía con los cerros orientales, además de encontrarse al lado de uno de los bosques urbanos más importantes de la ciudad como lo es el parque Nacional Olaya Herrera evidencian la función ecosistémica de nicho y refugio para diferentes especies

de aves e insectos. 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.

Cabe resaltar la importancia de los árboles de la universidad al ser puente para muchas aves entre los cerros orientales y la ciudad. Con un debido mantenimiento de los árboles y cuidado se podrá observar un beneficio del entorno del campus. "El aumento de avifauna y entomofauna reactivará los procesos de dispersión y polinización lo que significa un aumento en la diversidad e árboles alrededor del campus beneficiando al entorno en el cual se encuentra (Iragorri, 2001).

"Los cinturones verdes pueden en el área urbana convertirse en corredores biológicos para la gran cantidad de animales que habitan en la región vecina e incluso formar parte de estrategias más amplias de mantenimiento de la biodiversidad regional afectada por el mismo crecimiento urbano" (AMB, 2000).

Un estudio realizado en la ciudad de Santiago de Chile sobre las aves presentes en la ciudad evidencio que las aves que habitan en los árboles pueden percibir más fácil el follaje que las aves de suelo las cuales ven interrumpido su hábitat por los diferentes elementos antrópicos que se encuentran en la ciudad, por tanto las aves de follaje son las que tienen más probabilidad de sobrevivir en los entornos urbanos (Díaz & Armesto, 2003). Teniendo en cuenta este estudio se podría pensar que los árboles con mayor altura son más perceptibles por las aves que presentan este tipo de hábito.

Para que el beneficio de este servicio sea mayor en el campus se necesitaría el reemplazo de individuos muertos por árboles que produzcan un follaje denso y que alcancen gran altura, así como, especies que produzcan frutos atractivos para las aves que habitan en los árboles del campus así como para algunas aves migratorias que en algún momento lleguen a las cercanías del parque. El estudio del número de especies presentes en el campus, la abundancia y el uso del hábitat de las aves, ayudará a determinar las posibles especies de árboles a sembrar.

Una estrategia a largo plazo podría ser disponer una extensión del campus en donde se propicie el regreso de especies silvestres mediante procesos de restauración y sucesionales.

- Conservación de Suelos. Este servicio hace referencia a la disposición de nutrientes en el suelo para el uso de diferentes organismos y para el fortalecimiento del mismo. Principalmente el Soporte de las estructuras del campus, y la capacidad de carga que necesita la Universidad la cual diariamente es transitada por miles de personas.

Los suelos de las ciudades por lo general suelen ser poco fértiles debido a la cantidad de sustancias como metano, hidrocarburos; además del continuo tránsito de personas que no permiten el establecimiento de semillas y posterior crecimiento de flora.

11.1.2.3 Cultural

- Belleza Escénica. Este servicio se presento como el más relevante dentro de la investigación, debido entre otras cosas a la dinámica que le da a la ciudad la cual tiende a ser estática por los diferentes elementos inertes que en ésta se encuentran. “la gente de las ciudades normalmente está rodeada de un ambiente estático, siendo los árboles los que ofrecen aspectos como el color, el olor, el sonido” (Uribarrena, 2006).

  El campus universitario al estar enclavado en una de las localidades más concurridas y con más tráfico de la ciudad, necesita de elementos visiblemente más agradables y distensionantes que les permita a las personas relajar la vista y hacer de su lugar de estudio un espacio más agradable y con mayor posibilidad de desarrollar los sentidos. (AMB, 2000).
  “Los árboles ayudan a estructurar visualmente la ciudad, ya que sirven para encuadrar perspectivas. Pueden llegar a ser señales visuales y permitir una mejor orientación, al romper la continuidad y la monotonía de las edificaciones” (Uribarrena, 2006). “Los árboles, debido a su tamaño, forma, color, cambios estacionales e importancia en el paisaje, son el elemento vivo natural más visible y, por lo tanto, más preciado. El verde es el color que más descansa la vista, probablemente porque el hombre se ha desarrollado en un medio ambiente fundamentalmente verde. Los árboles devuelven cierta armonía al medio urbano y, por consiguiente, desempeñan la importantísima función social de aliviar la tensión propia de las ciudades” (Olembo & Rham, 2007).
  En un estudio realizado por Ellis (2995) se muestra que en zonas residenciales en donde hay gran cantidad de zonas verdes y árboles, las personas están dispuestas a pagar un mayor precio por las casas, debido a que consideran que esto se va a ver reflejado en la mejora en la calidad de vida. Las viviendas aumentan su valor comercial por la presencia de zonas verdes. Contraponiendo este ejemplo se podría pensar que los estudiantes en algún momento estarían dispuestos a pagar un monto mayor en la matricula que les permita mantener las zonas verdes y los árboles del campus bien cuidados, con el fin de mantener la belleza escénica que estos ofrecen.

- Mejora en la Calidad de Vida. Se presentó como uno de los servicios más importantes y con más beneficios dentro de la comunidad universitaria. Las personas están siempre en busca de un espacio que les permita relajarse, distencionarse y a la vez concentrarse en las actividades académicas que realizan. Diversos estudios han comprobado el aumento de la calidad de vida con relación a un entorno arbolado. "Los árboles además de tener cualidades fiscas visibles y estéticas tiene cualidades intangibles que se reflejan en aspectos culturales simbólicos que incluyen lo personal, tanto en lo físico como en los sicológico, señalan también que tienen un efecto relajante en las comunidades barriales y se ha probado inclusive que reduce los índices de violencia en las ciudades Se ha comprobado que los individuos que trabajan o viven con vista a zonas arborizadas tiene más baja presión arterial y comportamientos más relajados" (AMB, 2000 en Iragorri, 2001).

  "El arbolado dentro de las ciudades desempeña un importante papel en la salud mental de los ciudadanos. Los árboles permiten mantener en el interior de las ciudades, una cierta proporción de elementos naturales, indispensables para el equilibrio psíquico de las personas" (Uribarrena, 2007).
- Generación Actividades Recreativas. Este servicio tuvo importancia dentro del estudio debido a que una del las zonas que presenta mayor cantidad de árboles se ve asociada a la zona deportiva del campus, como lo es la cancha de futbol. Ayuda a que la disposición para hacer ejercicio sea mayor, así como el cuidado de la salud. "Los factores más importantes dentro de la satisfacción de los habitantes son la habilidad de tener árboles cercanos, zonas verdes y lugares en donde se pueda caminar (…) Otros estudios han demostrado que elementos naturales soportan la salud pública y reducen los niveles de violencia y crimen dentro de la ciudad, ayudando a la reducción de la fatiga mental" (Kaplan, 1989 en Ellis, 2005).

- Representatividad de Aspectos Culturales y Sociales. Este servicio es muy importante debido a que algunos de los árboles que se encuentran en la universidad, aún permanecen desde la fundación de la universidad. Han sido participes de la historia de la creación del campus, así como de la ciudad. Cuentan historias sobre los diferentes conceptos urbanísticos que en la ciudad se han implantado; según Neil (2006) "Los bosques forman parte de la identidad y del referencial de los habitantes urbanos, los paisajes de bosques urbanos con frecuencia son el resultado de la superposición de criterios estéticos europeos sobre paisajes y culturas nativos, fruto del proceso de la colonización".

11.1.3 *Zona de Importancia en Términos de Árboles*

Con la información recolectada en la encuesta se reafirmó los datos obtenidos en el censo realizado por el IDEADE en el año 2007 dentro del Programa de Manejo de Zonas Verdes del Campus Universitario de la Javeriana, el cual arrojó que de 2299 árboles vivos que se encuentran en el campus de la universidad, 856 se encuentran en la zona de la cancha de Fútbol la cual abarca el entorno de la cancha, el corredor del Edificio Barón hacia Odontología, el bosque interior de Teología, el centro Javeriano de Formación Deportiva y la fachada de árboles que da hacia la circunvalar. La zona de Básicas y Artes tiene 537 árboles que están distribuidos en la zona de Básicas, el corredor peatonal del edificio Pablo VI, los bosques de la facultad de Artes, así como los el interior del edificio Pablo VI, y el Bioterio. La zona del edificio 67 tiene 438 árboles que cubren el corredor de Árboles que dan hacia la circunvalar, así como los alrededores del edificio 67, morfología y los parqueaderos. La zona correspondiente a la biblioteca central, la cafetería Centra, peatonal hacia la avenida 5 y alrededores del hospital San Ignacio cuenta con 261 árboles; y la zona correspondiente a la zona sur de la Universidad, lo que es Arquitectura, Diseño, Ingeniería, Limites con el Parque Nacional cuenta con 207 árboles.

Se puede decir que en todas las zonas de la universidad hay buena representatividad en cuanto a los árboles, en algunos existe mayor cantidad que en otros, lo cual se puede deber a la forma en la cual se construyó la universidad; la primera zona construida fue la zona de la biblioteca central en donde existe presencia de árboles pero no son tan visibles como en zonas abiertas y más nuevas como es el caso de la cancha de futbol.

En las anteriores preguntas no se había tenido en cuenta la diversidad de árboles de las zonas, cabe resaltar que en la zona de la cancha de fútbol se encuentran el 31,70% y en la zona de Básicas se encuentra el 63,4% del total de las especies censadas (Puentes, 2007); esto indica que además de ser las que tiene mayor cantidad de individuos, también son representativas en términos de diversidad. (Ver Anexo 5)

A pesar de que la zona de Básicas y Artes es de las más antiguas, la presencia de los árboles se hace más relevante debido a que en la construcción se tuvo en cuenta el diseño de caminos arbolados y zonas verdes más amplias.(Ver Anexo 4).

De nuevo se reitera la importancia de la zona de la cancha de fútbol con respecto de las demás por la cantidad de árboles que en esta se encuentran, además cabe resaltar que la mayoría de las personas encuentran en este sitio un lugar propicio para relajación y descanso de las actividades académicas.

Sin duda estas dos zonas escogidas por importancia son las que tienen la mayor cantidad de especies registradas en la base de datos, la mayoría de las especies que se encuentran en esta zona son especies que tienen una funcionalidad importante dentro de los ecosistemas urbanos, en donde lo que se busca es que tengan un crecimiento rápido, buen tamaño de fuste y que sean especies de tipo generalista. (AMB, 2000).

En cuanto a los beneficios ecosistémicos que las personas reconocieron de los árboles en la universidad, se encuentran el de la barrera contra la contaminación de la zona circundante ya sea por la polución o por el ruido que se genera por las principales avenidas como la circunvalar y la avenida séptima. Según Uribarrena (2007) "en las ciudades, las plantaciones arbóreas sirven de pantalla sonora a los edificios, al reflejar parte de los ruidos de la circulación de los automóviles (…) ayudan a la disminución de las molestias sonoras", esto se evidencia en la zona de Básicas y Artes en donde pese a su cercanía con la avenida séptima se siente un ambiente tranquilo y en donde el ruido de los carros se atenúa de manera considerable con los árboles.

Los árboles logran la desviación, absorción y refracción del sonido, así como su remplazo por otro más placentero. Mitigan componentes visuales negativos, protegiendo a las personas de agentes visuales contaminantes. (Uribarrena, 2007)

En cuanto a la disminución de la polución se afirma que "los árboles favorecen la limpieza del aire, eliminado los contaminantes en suspensión, mediante su follajes que permite un cierto filtrado de polvo, el cual es arrastrado después al suelo por las lluvias. (Uribarrena, 2007). Este beneficio se percibir porque se puede respirar aire puro y además porque en algunas hojas de árboles se observa partículas provenientes de la polución.

La posición estratégica en la cual se encuentra la zona se vuelve a tener en cuenta debido a que puede servir como corredor biológico para distintas especies que se encuentran en el Parque Nacional y los Cerros Orientales.

11.1.4 Aspectos Negativos y Posibles Riesgos

La fisionomía de los árboles entendida como las raíces, las ramas y las hojas, y la altura son los aspectos más relevantes puesto que algunos árboles de la universidad generan situaciones de riesgo, accidentes a las personas cuando van caminando, el evidente levantamiento de las placas de los pisos peatonales debido a las grandes raíces por la antigüedad de los árboles.

El peligro de la cercanía de los árboles altos a los edificios genera el riesgo de que en cualquier momento se caiga y dañe la ventanería de los edificios, así como la integridad e las personas que se encuentren dentro del edificio.

Los riesgos y aspectos negativos se tuvieron en cuenta pero se encontró que son más los beneficios que tienen los árboles en la universidad. Se tiene que tener en cuenta que al ser elementos vivos dentro de un ambiente antrópico se debe tener mayor control y buen manejo con el fin de no dañar la dinámica del ecosistema urbano.

La captación de partículas en suspensión también puede generar complicaciones fisiológicas en los árboles, al servir como pantalla para diferentes partículas se puede afectar la función fotosintética. AMB (2000).

Tener un buen plan de manejo y arborización, así como estudios de las especies a sembrar y los árboles a talar disminuirá de manera importante los riesgos y aspectos negativos que se presentan en el campus.

El modelo de manejo que impone la (ISA 2007) es el de realizar una evaluación de riesgo teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- Tamaño y estado de las ramas de los árboles.
- Presencia de cavidades o madera podrida en el fuste o ramas.
- Agrietamiento del fuste.
- Antecedentes de daños por causa del árbol.
- Inclinación del árbol.
- Estado de las raíces de los árboles.
- Estado y color de las hojas de los árboles.
- Presencia de tala en zonas cercanas al árbol estudiado.

Además se deben tener unos aspectos básicos de la precaución tales como:

- En lo posible mover objetos que estén en riesgo de ser aplastados en caso de alguna caída.
- Tener un constante pode correcto de los árboles que lo necesitan, eliminando las ramas defectuosas.

- Eventualmente disponer de cables que sirvan de soporte al peso del árbol o aquellos que por su altura pueden doblarse.
- Tener un mantenimiento cotidiano y más cuando son árboles como los del campus que tiene una cierta edad y necesitan más atención.
- Cortar el árbol en casos extremos.

11.2 Indicadores Ambientales

El conocimiento de los indicadores ambientales dentro de la ciudad, además de los planes de gestión que se están desarrollando, evidencia la importancia que se le está dando al componente ambiental, ya que permite tener un acercamiento más claro al entendimiento del sistema; esto se debe en gran parte a los decretos y legislaciones que se están imponiendo en las grandes ciudades.

Según Olembo & Rham (2007) "Se tienen pocos datos científicos válidos sobre los efectos positivos mensurables de los árboles en el medio ambiente urbano. Probablemente ello se deba en parte a la actitud de la población que considera indiscutible que los árboles y los bosques tienen siempre ese efecto positivo y, por lo tanto, son algo muy deseable para la comunidad".

Existen muchos casos como el de la ciudad de Londres mencionado por Olembo & Rham (2007) en el cual es indiscutible su valor ambiental, si saber si quiera el funcionamiento de estos dentro de la ciudad; no existe un estímulo para ser medidos y cuantificados, simplemente esfuerzos emocionales de cuidar y salvar a los árboles.

En el caso específico de la universidad se encontró que la información existente es deficiente por tanto no es posible conocer el comportamiento de todas las variables medibles en relación al ecosistema de las ciudades (Tunarroza, 2002).

El conocer las especies que se encuentran dentro del campus con su respectiva Dasometría, hace más fácil la obtención de datos y valores. La base de datos desarrollada para el Plan de Gestión, permitió identificar el valor ecosistémico de los árboles en términos de captura de carbono y Dióxido de Carbono.

Los estudios realizados anteriormente por estudiantes con respecto a la calidad ambiental, permitieron cuantificar algunas de las partículas que se encuentran suspendidas en el aire, haciendo que la aplicación de indicadores sea posible. Tunarroza, 2002).

En cuanto a los servicios ecosistémicos de tipo cultural, como se ha mencionado a lo largo del documento, son de difícil cuantificación debido a la poca información que se tiene, la subjetividad y la dificultad por encontrar unidades de medida relevantes a estos temas.

11.2.1 Valor Ecosistémico

11.2.1.1 Captura y Almacenamiento de Carbono

El análisis más relevante de poder medir la captura de Carbono, es la importancia que tiene conocer los niveles de contaminación que se están manejando alrededor del campus y dentro del mismo, con el fin de observar de qué forma se puede disminuir las emisiones de gases de tipo invernadero. “Debido al incremento de la combustión y aumento de la contaminación por los gases de invernadero, los bosques juegan un papel importante, no solo como factor de desarrollo de un país y de sus modelos de sostenibilidad, si no que adquieren protagonismo mundial por su probable reconocimiento como sumideros en los sistemas contables de los ciclos de carbono”. (Terán. 2000)

Es de destacar la importancia de los aplicar los indicadores que cuantifican estos gases dentro del ecosistema de las ciudades, debido a que diariamente se están emitiendo este tipo de gases al ambiente, que de no ser disminuidos pueden causar daños al ecosistema y a los organismo que se encuentran en este.

El tener en cuenta el tipo de especies de plantas que se encuentran en el campus se debe a que algunas plantas tienden a ser más vulnerables que otras a los contaminantes que se presentan en la ciudad. “Las plantas con hojas perennes como los pinos, son más susceptibles que los caducifolios debido a que estos últimos renuevan sus hojas” (Leithe, 1981 en Tunarroza, 2002). Además es necesario escoger especies que sean capaces de suplir las necesidades del ambiente, más específicamente del aire. Por tanto la escogencia de las planta que van a ser sembradas en reemplazo de otras también se debe tener en cuenta según esta apreciación. “Los Bosques urbanos, como cualquier otro ecosistema forestal, absorben y convierten CO_2 en Oxigeno. Aunque es Indispensable profundizar más en la capacidad específica de cada especie para capturar carbono se sabe que los mejores candidatos para la arborización urbana son los árboles que tiene un rápido crecimiento, follaje denso, y producción importante de madera (en general de biomasa)”. (Alcaldía Mayor de Bogotá 2000).

Dependiendo de la edad y del crecimiento que tengan los árboles la captura de carbono va a ser diferente (American Forests, 2007), por tanto, se debe tener en cuenta que las emisiones que se están generando en el campus de la universidad son dinámicas, es decir, en el tiempo pueden incrementarse; mientras que la capacidad de captura de carbono por parte de los árboles tenderá a estabilizarse y a ser poco eficiente dentro del sistema. Esta situación se debe a que la mayoría de los árboles de la universidad por su edad están copando su capacidad de captura de emisiones de gases de efecto invernadero.

La captura de carbono que se presenta en el campus universitario (428,26) es mayor a la que se presenta en algunas ciudades en los Estados Unidos como Atlanta (120 ton/año), la cual tiene un área mayor que el campus de la universidad y soporta mayor cantidad de población. Esto puede indicar que hay una buena captura de carbono por parte de los árboles de la universidad sin tener en cuenta la cantidad de emisiones de carbono que se presentan alrededor del campus y entonces convertirse en una captura que este en deuda con el entorno en el cual se encuentra.

En algunos estudios realizados por el American Forest en ciudades de Estados Unidos, se encuentra que siempre existe un déficit de árboles con respecto a la cantidad de emisiones de carbono que se generan en las ciudades. Todas estos estudios ayudan a establecer planes de forestales urbanos que tiene en cuenta las necesidades propias de cada lugar. Todo esto llevado a términos de económicos.

Si se tuviera en cuenta el último registro sobre las emisiones de CO_2 por persona al año 1.3 ton/año (Devia, 2007), la emisión total de CO_2 del campus universitario suponiendo que todas las personas vivieran en el campus durante todo el año sería de 39000 toneladas al año por persona, lo cual demostraría un déficit de captura de CO_2 por parte de los árboles debido a que las emisiones son mayores que la captura que están registrando los árboles.

Este dato varía puesto que las condiciones que se presentan en la vida real son diferentes; nos sirve con un número posible de emisiones que es dinámico y en aumento, que para contrarrestarlo se necesitaría que se aumentara el número de árboles en el campus universitario.

Para maximizar la captura de carbón de los árboles urbanos, el American Forests sugiere que se planten especies con una esperanza de vida mayor que para que puedan almacenar mayor cantidad de carbón, con esto los índices de mortalidad también disminuyen(McPherson, 1994).

11.2.1.2 Proporción de Sombra y Abrigo

La importancia de los árboles se evidencia ya que casi el 50% de la cobertura del campus está destinado a los árboles, además que se encuentran distribuidos en todas las zonas del campus.

El microclima que se genera dentro del campus ayuda a bajar los niveles de penetración directa de los rayos solares, así como a regular el aire circundante en el ecosistema. “Las plantas generan barreras para el movimiento de las masas de aire y cumplen un papel importante en el funcionamiento del ciclo hídrico y la regulación de la temperatura” (Hough, 1995). Según Tunarroza (2002), la dinámica de los vientos que se presenta en esta localidad es desde los cerros hacia el centro de la ciudad; por tanto los árboles de la universidad actúan como barrera ante estos.

Un ejemplo de la forma en la cual actúan los arboles en el microclima de la ciudad es el de Frankfurt en Alemania, en donde franjas no muy densas de bosque lograron reducir la temperatura en esa zona de la ciudad en 3,5°C “debido a la evapotranspiración, y de aumentar la humedad relativa en un 5 por ciento respecto de los valores registrados en el centro de la ciudad” (Bernatsky, 1969 en Olembo & Rham, 2007).

La altura en la cual se encuentra Bogotá, se debe tener en cuenta que lo que muchas veces se busca no es la disminución de la temperatura si no por el contrario el aumento o la proporción de calor. En este aspecto los árboles ayudan a que los cambios de temperatura no sean tan bruscos si no que por el contrario se hagan de una manera paulatina. “En las proximidades de los árboles los días son menos calurosos y las noches menos frías ya qué ayudan a reducir las diferencias entre temperaturas nocturnas y diurnas” (Uribarrena, 2006). Por tanto ayudan a controlar los cambios bruscos de temperatura.

Teniendo en cuenta el concepto de isla de calor, Las emisiones de calor que se generan en los ecosistemas urbanos hacen que la regulación de la temperatura por parte de los árboles sea vital. Según la Alcaldía Mayor de Bogotá (2000), muestra la importancia de los árboles, afirmando que “La arborización puede generar de un microclima debido a que influencia de forma importante el grado de radiación solar el movimiento del aire, la humedad y la temperatura”.

11.3 Lineamientos

Según los resultados obtenidos en esta investigación es importante tener en cuenta que la dinámica sistémica que se presenta en el campus universitario es única por tanto la adopción de modelos sistémicos deberá acoplarse a los requerimientos que aquí se presentan.

Una vez identificados los diferentes servicios ecosistémicos prestados por los árboles de la universidad, será necesario recopilar información cuantificable propia de las diferentes variables ambientales incluidas en los indicadores ambientales.

La recolección de información de calidad permitirá conocer el estado en el cual se encuentra el campus universitario en términos del arbolado, así como identificar las falencias que se tienen en este aspecto. Un primer paso de búsqueda de información sería la oficina de administración del campus.

Lograr analizar y evaluar por aparte todos los servicios ecosistémicos con el fin de conocer la problemática y la situación real en la que se encuentran estos árboles, debido a que existen distintos tipos de servicios los tangibles y los subjetivos por tanto su evaluación es distinta.

En cuanto al mantenimiento y disminución de riesgos de los árboles es necesario evaluar al equipo de mantenimiento de las zonas verdes de la universidad, con el fin de poder conocer la salud de los árboles, así como los riesgos reales y potenciales.

Tener un control real de la mayor cantidad de variables ambientales dentro del campus, mediante la implantación de tecnología, que permita un seguimiento durante todo el año de las mismas.

12. CONCLUSIONES

Se evidencia una conciencia y valoración de los árboles dentro de la universidad, porque se conocen algunos de los tantos servicios que ofrecen los árboles al entorno urbano, además de no ser ajenos a los beneficios que estos les proporcionan mientras se encuentran en la universidad.

Los servicios ecosistémicos de regulación, soporte y culturales identificados en el campus de la universidad son importantes de una forma subjetiva debido a que se basan más en la percepción siempre positiva y de beneficio que las personas tiene con respecto a estos, y no por la importancia ambiental cuantificable que estos puedan tener, es decir el valor ecosistémico real que los árboles tienen.

Se encontró que son más los beneficios de los árboles que los aspectos negativos que estos generan en la comunidad, sin embargo para que los aspectos negativos y riesgos permanezcan bajos se debe tener un control y mantenimiento de los árboles y así obtener un equilibrio en la relación hombre – árbol.

Es importante tener una zonas dentro de la universidad con una representatividad importante de árboles tanto de cantidad como de diversidad (cancha de fútbol, básicas y artes), debido a que ayudan a que los servicios ecosistémicos que prestan los árboles sean más tangibles dentro de la ciudad, así como los beneficios que generan en la población, tales como, barrera contra la contaminación visual y auditiva, descanso, captación de carbono, entre otros, sean más perceptibles.

La aplicabilidad de los Indicadores Ambientales propuestos para los entornos urbanos, se debe en gran medida a la disponibilidad de datos que cuantifiquen las variables ambientales presentes en los indicadores, así como, a la calidad de la información que se tenga.

La captura de carbono por parte de los árboles del campus universitario se considera poca debido a que las emisiones que se generan alrededor del campus son mayores; además se debe tener en cuenta que las emisiones de carbono son dinámicas y tienden a aumentar, mientras que la capacidad de captura de los árboles se tiene a estabilizar.

Los árboles de la universidad juegan un papel importante en la regulación climática del campus, ya que ayudan a disminuir la velocidad de los vientos procedente de los cerros, atenuar los cambios bruscos de temperatura, y refrescar el ambiente en los días calurosos.

13. RECOMENDACIONES

Profundizar en la complementación de las bases de datos del inventario forestal realizado por IDEADE en el año dentro del Programa de Manejo de Zonas Verdes del Campus Universitario de la Javeriana, con el fin de cuantificar la mayor cantidad de variables aplicables a los diferentes indicadores, tales como captura de gases de tipo invernadero.

La implantación de modelos en donde se cuantifican variables ecosistémicas propias de las ciudades, tales como CityGreen y los modelos australianos, acercaría de una manera importante al estudio del manejo del campus.

Mediante los estudios que se realicen con respecto a la situación forestal del campus, proponer una zona cercana de la universidad la cual sea destinada para la siembra de árboles que ayuden a los procesos de mitigación de contaminación generada por la universidad.

Estudiar más a propuestas de investigación de la bioarquitectura, en donde lo que se busca es integrar la vegetación con la forma y materiales de las edificaciones, calculando minuciosamente las necesidades y consumos energéticos, de esta forma el mejor diseño es aquel que combina belleza con ecoeficiencia con el mínimo impacto negativo sobre el entorno. (AMB 2000)

14. BIBLIOGRAFÍA

- AMB. 2000. Memorias del Foro Arborización urbana. Bogotá D.C. Alcaldía Mayor de Bogotá. 52p.
- AMB. 2004. Bogotá Programa Turístico de 12 Localidades. Ficha Técnica Turistica. Localidad de Chapinero. Alcaldía Mayor de Bogotá. Instituto Distrital de Cultura y Turismo.
- American Forest. 2007. American Forest Organization. www.americanforests.org
- American Forests. 2003. Urban Ecosystem Analysis Phase 2: Data For Decision Making San Antonio, TX. www.americanforests.org
- American Forests. 2007. Urban Sumaries of American Forests. Urban Ecosystem Analysis. Data For decision Makin Atlanta; Giorgia.U,S.
- Bedoya, J. 2002. El Hombre y Su Ambiente. La problemática de la Contaminación Ambiental y Aportes para su Solución. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas. Colombia.
- Breuste, J. 2004. Decision making, planning and design for the conservation of indigenous vegetation within urban development. Landscape and Urban Planning 68 (2004) 439–452
- CONAFOR, 2007. Servicios Ambientales Forestales: Servicios ambientales hidrológicas. Comisión Nacional Forestal. Gobierno Mexicano. Mexico www.conafor.gob.mx/portal/index.php?s1=3&s2=9
- Devia, 2007. Dinámica del Carbono, Árboles y Ciudad. Aproximación Teórica con datos reales. Caso de estudio Bogotá. Conferencia Presentada al Instituto Alexander Von Humboldt. Bogota.
- Díaz, I & Armesto, J. 2003. La conservación de las aves silvestres en ambientes urbanos de Santiago. Revista Ambiente y Desarrollo de CIPMA. Vol XIX,.# 2. P 31-38.
- Doing Business - No. 53 - Septiembre de 2007. "Megaciudades y sus desafíos". Publicación de negocios colombo-alemana. Cámara de Industria y Comercio

Colombo - Alemana y de su filial DEI International Ltda., con el respaldo de la Asociación de Eurocámaras.

- Ellis et al 2005. 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. Science Direct. www.sciencedirect.com

- FAO, 2007.Servicos ambientales. Ecosistemas de Bosques. Food and Agriculture Organization. www.fao.org/docrep/W9950S/w9950s04.htm

- Fernández, S. 2007. Ecosistema Urbano. Arboricultura y Medio Ambiente. http://sanfern.iies.es/

- Google Earth. 2007. Imagen Satelital. Campus Pontificia Universidad Javeriana.

- Hawkins, 2003. Economic valuation of ecosystem services. 42 pp. www.frc.state.mn.us/Landscp/econ_lit_search_1003.pdf

- Hernández, R; Fernández, C & Baptista, P. 2003. Metodología de la Investigación. Editorial. McGraw-Hill. México. 505 p

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

- ISA, 2007. Benefit of Trees. Beneficios de Los Árboles. Sociedad Internacional de Arboricultura Traducción Moreno & Chueca España. Edición Zayas USDA. Illinois USA. 4p.

- ISA. 2007. El Reconocimiento de Riesgos en los árboles. www.isahispana.com/pubs/hazards.htm

- IPCC. 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Panel Intergubernamental del Cambio Climático. www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/1_Volume1

- Iragorri, 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.

- Jardín Botánico José Celestino Mutis, 2007. Nuevo Decreto de Arborización Urbana. Proyecto de Decreto por el cual regula el proceso de arborización urbana de Bogotá D.C. y se definen las competencias de las entidades distritales en la materia. Alcaldía Mayor de Bogotá.

- Kanninen, M. 2007. Secuestro de Carbono en Bosques El Papel de los Bosques en el Ciclo Global de Carbono.
- Leal Del Castillo, Gabriel. 2004. Introducción Al Ecourbanismo: El Nuevo Paradigma Bogotá. ECOE Editorial.252 p.
- McPherson, E; Nowak, D; Rowntree, Rowan A. eds. 1994. Chicago's Urban Forest Ecosystem: Results of the Chicago Urban Forest Climate Project. Gen. Tech. Rep. NE-186. Radnor, PA: U.S. department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station: 201 p.
- Maass, M. 2007. Principios Generales Sobre el Manejo de los Ecosistemas. Centro de Investigaciones en Ecosistemas. UNAM. Instituto Nacional de Ecología. www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/395/maass.html
- Medioambiente, 2007. Indicadores Ambientales. Portal Del Medio Ambiente En Cuba www.medioambiente.cu/diccionario.asp?letra=i
- Neil, S. 2006. Bosques Urbanos en América Latina. Usos, Funciones, Representaciones. Compilado de Artículos. Universidad Externado de Colombia.
- OAU. 2007. Observatorios Ambientales Urbanos. Núcleo Básico de Indicadores. Ministerio del Medio Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. web.minambiente.gov.co/oau
- Olembo, R & Rham, P. 2007. Silvicultura Urbana en dos Mundos Diversos. Deposito de documentos de la FAO. http://www.fao.org/docrep/s1930s/s1930s04.htm
- Pendergast, D & E. 2003. The Tree Doctor. A Guide to Tree Care and Maintenance. USA. Firefly Books .141p.
- Piñeros, A. 2006. Investigación: Protocolo para la identificación de bienes y servicios ecosistémicos proporcionados por la biodiversidad a los sistemas productivos. Departamento de Ecología y Territorio. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá (Documento Inédito).
- Puentes, A et al. 2007. Programa de Manejo de Zonas Verdes del Campus Universitario de la Javeriana. Base de datos Inventario Forestal.

- PUJ. 2007. Presentación Campus Universitario. Información de Interés General. Pontificia Universidad Javeriana. www.javeriana.edu.co/puj/campus/presentacion.htm

- RDS. 2007. Red de Desarrollo Sostenible de Colombia. Portal de Inicio. http://www.rds.org.co/rds.htm

- Ricklefs, E & Miller, G. 2000. Ecology. W.H. Freeman And Company. 4 Ed. New York. 186-189 p.

- Rivas, D. 2006. Evaluación de los Recursos Forestales. Unidad II. Sistemas de Producción Forestal. Universidad Autónoma de Chapingo. Preparatoria Agrícola. Área de Agronomia. Mexico.

- Reuste, 2004. Decision Making, Planning And Design For The Conservation Of Indigenous Vegetation Within Urban Development. Landscape And Urban Planning 68 (2004) 439–452. Science Direct. www.sciencedirect.com

- Romano, A. 2005. Formulación de indicadores ecológicos urbanos, relativos a la cobertura vegetal pública y su aplicación en la localidad de Usaquén. Tesis de Ecología. Facultad de Estudios Ambientales y Rurales. Pontificia Universidad Javeriana.

- Salkind, N.1998. Métodos de Investigación. Prentice Hall. 3ed. México.

- Santamaria, S. 1995. Estratégia para la vigilancia de la calidad del aire de la ciudad de Santa Fe de Bogota. Tesis de Maestria en Saneamiento y Desarrollo Ambiental. Pontificia Universidad Javeriana. IDEADE.

- SIRAC. 2007. Indicadores. Sistema Interactivo De Referenciación Ambiental Sectorial.www.sirac.info/Curtiembres/html/indicadores.asp

- Terán, J; Dauber, E; Guzman, R. 2000. Estimaciones de Biomasa y Carbono en Bosques de Bolivia. Revista Forestal Iberoamericana. Vol 1. # 1. 10p.

- UNIVALLE. 2007. Republica de Colombia. Universidad del Valle. www.univalle.edu.co/colombia.html.

- 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. Los Árboles en la UNAM. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. www.árboles.org

- Uribarrena, S. 2006. Funciones y Beneficios del Árbol Urbano. Revista Valencia Naturalmente. 26-28p.
- Villee, C.1996. Biología. MCgraw Hill. 8ed.méxico D.F. México 142 -143.

Anexo 1. Tabla de los Indicadores Ambientales establecidos para las ciudades Colombianas. Núcleo Básico de Indicadores. (OAU, 2007)

TEMA	NOMBRE	TIPO	OBJETIVOS	ECUACIÓN	DESCRIPCIÓN
Agua Subterránea	Extracción anual de aguas subterráneas como porcentaje del agua disponible (intensidad del uso del agua subterranea) (%)	Calidad	Mostrar en qué grado se están explotando los recursos hídricos disponibles para atender a la demanda de agua del país. Se trata de una medida importante de la vulnerabilidad del municipio a la escaséz de agua.	(VASubE/ IRAcu) * 100	IRAcu (m3/s) . Indice de recarga de los acuíferos . VASubE (m3/s). Consumo de aguas subterráneas extraídas para uso industrial comercial y doméstico.
	Indice de recarga de los acuíferos	Calidad	Reflejar el volumen de agua teóricamente disponible para consumo desde los acuíferos, así mismo refleja indirectamente las características hidrogeológicas del acuífero como la conductividad hidráulica y los coeficientes de almacenamiento.	IRAcuG + IRAcuC	IRAcu. (m3/s) . Indice de recarga de los acuíferos
	Consumo de aguas subterráneas extraídas para uso industrial comercial y doméstico	Calidad	Cuantificar la disminución de la cantidad de agua subterránea, a través de su relación con las presiones que las actividades antrópicas ejercen sobre un recurso de frágil sostenibilidad como este.	VASubEAG + VASubEAC	VASubE (m3/s). Consumo de aguas subterráneas extraídas para uso industrial comercial y doméstico
Agua Superficial	Acceso al agua potable: % de personas que disponen de agua potable en el hogar o tienen acceso a ella.	Gestión	Supervisar los progresos alcanzados en el acceso de la población al agua potable.	(PAP/ HAB) * 100	HAB (hab). Número de habitantes dentro del perímetro urbano PAP (hab). Población con agua potable suficiente
	Consumo de agua potable (agua tratada para consumo industrial y comercial)	Gestión	Visualizar la evolución histórica del consumo de agua potable	CAPC + CAPI + CAPMix + CAPOf + CAPEsp	CAPIC Mm3/año Consumo de agua potable (agua tratada para consumo industrial y comercial)
	Consumo de agua potable (agua tratada para consumo residencial)	Gestión	Servir como parámetro decomparación en la toma de decisiones por la empresa prestadora del servicio.	CAPR	CAPR Mm3/año Consumo de agua potable (agua tratada para consumo residencial)
	Carga contaminante por sst (sólidos suspendidos totales) en las masas de agua.	Calidad	Evaluar la calidad del agua de que disponen los consumidores en los municipios o comunidades para satisfacer sus necesidades básicas y comerciales.	CCSSTSal + CCSSTFuc + CCSSTTun	SST mg/l Concentración de SST (Sólidos Suspendidos Totales) en las masas de VARTS Mm3/año Volumen de agua residual total servido
	Consumo doméstico de agua per cápita	Calidad	evaluar la cantidad de agua que necesitan y/o de la que disponen las personas de una comunidad determinada para sus necesidades básicas.	(VAC/ HAB) * 1000000000 / 365	HAB hab Número de habitantes dentro del perímetro urbano VAC Mm3/año Volumen de agua consumido

TEMA	NOMBRE	TIPO	OBJETIVOS	ECUACIÓN	DESCRIPCIÓN
Agua Superficial	Demanda de agua potable	Calidad	Conocer la presión de los distintos sectores que ejercen sobre el volumen de agua tratada.	DAP	DAP Mm3/año Demanda de agua potable
	Carga contaminante por dbo (demanda bioquímica de oxígeno) en las masas de agua.	Calidad	Evaluar la calidad del agua proveniente de la cuenca del río Bogotá y que disponen los consumidores en Bogotá D.C. para satisfacer sus necesidades básicas y comerciales.	DBO5 * VARTS	DBO5 mg/l Concentración de DBO5 en el agua VARTS Mm3/año Volumen de agua residual total servido
	Indice a de calidad del agua potable	Calidad	establecer en forma rápida y económica la potabilidad del agua		IndA Adimensional Indice A de calidad del agua potable
	Porcentaje de incremento o reducción del consumo de agua (promedio anual)	Gestión	evalúa la variación de la cantidad de agua consumida por el municipio.	((VACAUA - VACAAA) / VACAAA) * 100	VACAAA Mm3/año Volumen de agua consumido año anterior VACAUA Mm3/año Volumen de agua consumida el último año
	Porcentaje del tratamiento de las aguas residuales	Gestión	evalúa el nivel potencial de contaminación procedente de fuentes domésticas e industriales/comerciales que entra en el medio ambiente acuático	(VARTrA / VARTS) * 100	VARTrA Mm3/año Volumen de agua residual tratado anual VARTS Mm3/año Volumen de agua residual total servido
	Saneamiento básico: porcentaje de la población conectada al sistema de alcantarillado	Gestión	Seguir los progresos en el acceso de la población a instalaciones de saneamiento adecuado para disposición de excrementos.	(PIA / HAB) * 100	HAB hab # de habitantes dentro del perímetro urbano PIA hab Población con instalaciones adecuadas de eliminación de
	Vertimientos no tratados	Calidad	Mide el nivel de impacto y de la ausencia de respuesta que puede dar la sociedad a la presión que ejerce sobre los recursos hidrobiológicos y sobre la renovabilidad del agua que utiliza.	(VNTA / VARTS) * 100	VARTS Mm3/año Volumen de agua residual total servido VNTA Mm3/año Vertimientos no tratados anuales
Aire	Concentración de monóxido de carbono	Calidad	Medir la exposición de las personas a la concentración de monóxido de carbono.	CCO ppm Concentración de monóxido de Carbono	CCO ppm Concentración de monóxido de Carbono
	Concentración de material particulado inferior a 10 micras	Calidad	Medir la exposición de las personas a la concetración de material particulado inferior a 10 micras.	CMP ug/m3 CMP	CMP ug/m3 CMP
	Concentración de dióxidos de nitrógeno	Calidad	Medir la exposición de las personas a la concentración de Dióxido de Nitrógeno	CNO2 ppb Concentración de dióxidos de Nitrógeno	CNO2 ppb Concentración de dióxidos de Nitrógeno
	Concentración de ozono	Calidad	Concentración de ozono	CO3	CO3 ppb Concentración de oxidantes fotoquímicos expresados como ozono
	Concentración de dióxido de azufre	Calidad	Medir la exposición de las personas a concentraciones de Dióxido de Azufre.	CSO2	CSO2 ppb Concentración de dióxido de azufre
	Emisiones netas de co percápita	Calidad	Emisiones netas de co percápita	(COFF+COFM)/HAB	COFF Kg/año Emisiones de CO generadas por fuentes fijas COFM Kg/año Emisiones de CO generadas por fuentes moviles HAB hab Número de habitantes dentro del perímetro urbano

TEMA	NOMBRE	TIPO	OBJETIVOS	ECUACIÓN	DESCRIPCIÓN
Aire	Emisiones netas de gases azufrados a la atmósfera	Calidad	para indagar el desempeño de las políticas de control de emisiones y para indicar el grado de presión en relación con la reducción de emisiones.	SO2+SO3+H2S	H2S Ton Equiv de SO Sulfuro de Hidrógeno SO2 Ton Equiv de SO Dióxido de Azufre SO3 Ton Equiv de SO Trióxido de Azufre
	Emisiones netas de óxidos de nitrógeno	Calidad	desempeño de las políticas de control de emisiones y el grado de presión en relación con la reducción de las	ENON	ENON Ton equivalente Emisiones netas de óxidos de nitrógeno
Biodiversidad	Decomiso anual de fauna silvestre y sus productos	Gestión	Medir el número de productos de fauna silvestre o derivados de estos que pretenden ser comercializados	DFSP	DFSP #/año Decomiso de fauna silvestre y sus productos
	Especies de fauna silvestre inventariadas	Calidad	Conocer, registrar y mantener una base de información sobre la fauna silvestre existente en los ecosistemas	ESFI	EFSI # Especies de fauna silvestre inventariadas
	Número de especies de flora inventariadas	Calidad	Registrar y mantener una base de información sobre la biota existente	NEFI	Sumatoria del número de especies de Flora identificadas
Contaminación Visual	Número de vallas ilegales desmontadas anualmente	Gestión	Informar a la comunidad sobre el número de vallas ilegales y la contaminación que producían en la ciudad y orientar a las autoridades municipales competentes	NVDA	NVDA # Número de vallas ilegales desmontadas anualmente
	Número de vallas dentro del perímetro urbano	Calidad	Informar a la comunidad sobre el grado de contaminación visual en el que se encuentra la ciudad y orientar a las autoridades municipales competentes	NVPU	NVPU # Número de vallas dentro del perímetro urbano
Energía	Consumo de energía eléctrica sectorial - uso comercial	Calidad	Cantidad de energía eléctrica consumida por el sector comercial en un año determinado y en una zona geográfica determinada	(CEEC / CTEE) * 100	CEEC MWH/año Consumo de energía eléctrica sector comercial CTEE MWH/año Consumo total de energía eléctrica
	Consumo de energía eléctrica percápita	Calidad	Cantidad de energía -líquida, sólida, gaseosa o eléctrica- utilizada por cada persona en un año determinado y en	(CTEE / HAB) * 1000	CEPC KWH/hab/año (CTEE / HAB)
Residuos Solidos	Tasa de reciclado y reutilización de residuos.	Gestión	Medir el porcentaje de desechos que se reutiliza o recicla	(RRR / GTRS) * 100	TRRR % (RRR/GTRS)*100

Anexo 2. Formato De Encuesta Utilizado En El Proyecto. Identificación De Los Servicios Ecosistémicos Prestados Por Los Árboles De La Universidad, Además De Conocer Los Riesgos Y Aspectos Negativos Que Generan A La Comunidad.

Pontificia Universidad Javeriana. Carrera de Ecología. Proyecto de Grado.

Encuestador: Tatiana Céspedes Clavijo Fecha: _____

1. Carrera/ Administrativo/ Docente

2. ¿Qué Importancia tiene para usted los árboles dentro del campus? Califique

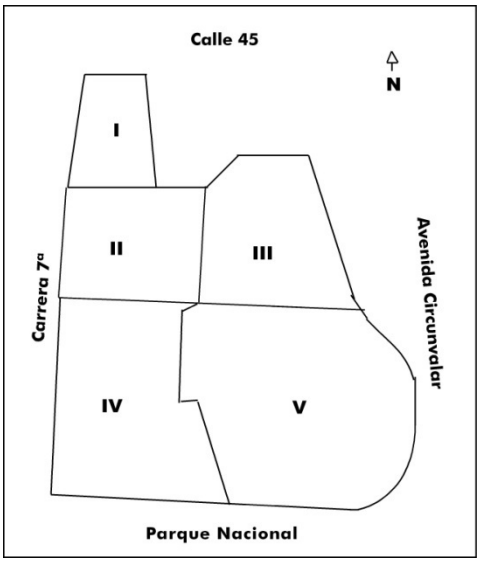
Ninguna 1___2___3___4___5___ Mucha

3. Que servicios cree usted que prestan los árboles en el campus de la universidad

_____

_____

4. En términos de árboles, para usted cuál es la zona del campus más importante?



I. Básicas y Artes ____

II. Biblioteca Central ____

III. Edificio 67 (Canal) ____

IV. Derecho; Ingeniería; Arquidiseño ___

V. Cancha de Futbol; C.J.F.D. ____

Por que?

_____

_____

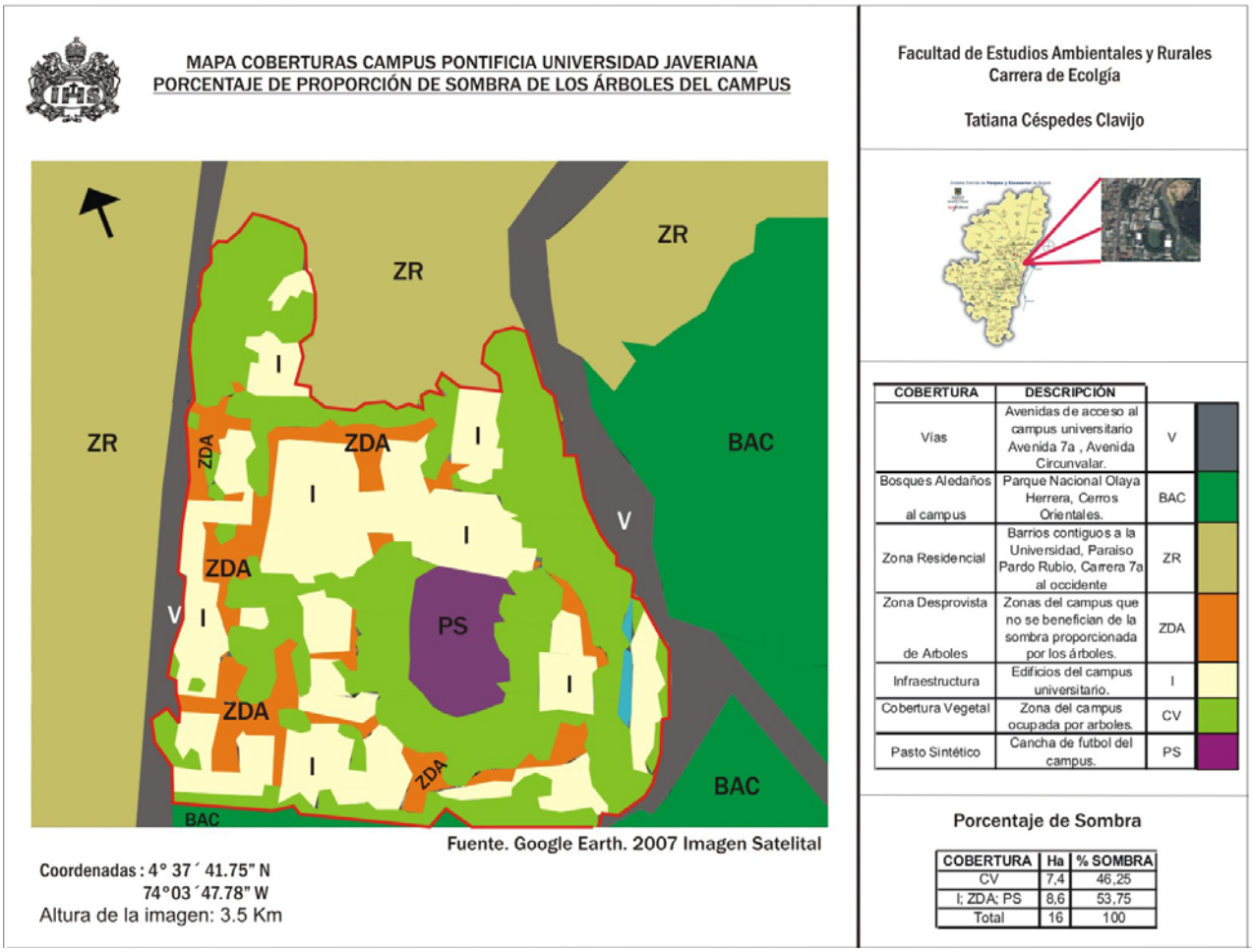
5. ¿Qué aspectos negativos cree usted que generan los árboles dentro del campus de la universidad?

_____

Observaciones.

_____

Anexo 3. Mapa de Coberturas del la Universidad. Porcentaje de Proporción de Sombra por Parte de Los Árboles.



Anexo 4. Tabla de Número de Individuos por Género y Por Zona.

		# INDIVIDUOS POR ZONA					
	GÉNERO	zona 1	zona 2	zona 3	zona 4	zona 5	TOTAL
1	*Ficus soatensis*	15	0	3	4	7	29
2	*Croton funckianus*	39	0	6	1	14	60
3	*Fraxinus chinensis*	106	142	32	53	202	535
4	*Araucaria heterophylla*	5	2	5	4	1	17
5	*Acacia spp.*	23	5	6	11	0	45
6	*FAMILIA MYRTACEAE*	5	0	0	1	0	6
7	*Pittosporum sp*	33	6	26	12	28	105
8	*Cupressus lusitanica*	42	0	0	8	76	126
9	*Sambucus peruviana*	24	7	2	2	0	35
10	*Alnus jorullensis*	4	1	1	0	1	7
11	*Pinus patula*	5	1	7	0	0	13
12	*Myrclanthes leucoxyla*	1	0	0	0	0	1
13	*Tibouchina urvilleana*	4	0	0	4	0	8
14	*Eugenia andicola*	4	3	8	0	0	15
15	*Prunus serotina*	11	0	2	0	7	20
16	*Feijoo selllowiana*	3	0	0	0	0	3
17	*Ficus benjamina*	11	3	2	1	0	17
18	*Tibouchina lepidota*	7	0	1	0	0	8
19	*Eucalyptus globulus*	25	15	51	9	72	172
20	*Salix humboldtiana*	1	3	0	6	0	10
21	*Acacia melanoxylon*	7	1	46	1	198	253
22	*Lafoensia speciosa*	26	6	7	7	9	55
23	*Magnolia grandiflora*	1	5	0	1	1	8
24	*Tibouchina urvilleana*	3	0	0	0	0	3
25	*Ficus elástica*	3	0	1	0	0	4
26	*Ligustrum sp.*	1	0	0	0	0	1
27	*Meriana nobilis*	1	0	0	0	0	1
28	*Ficus tequendamae*	2	3	0	4	1	10
29	FAMILIA VERBENACEAE	1	0	1	0	0	2
30	*Clusia multiflora*	2	0	0	0	1	3
31	*Tecoma stans*	21	0	0	6	0	27
32	*Carica pubescens*	5	1	1	0	0	7

33	*Podocarpus oleifolius*	4	0	0	0	0	4
34	*Pinus cembra*	5	1	3	0	0	9
35	*Cestrum parvifolium*	6	0	4	5	0	15
36	*Eucalyptus ficifolia*	4	1	2	0	0	7
37	*Prunus persica*	1	0	0	10	0	11
38	*Salix viminalis*	1	0	0	0	0	1
39	*Callistemon citrinus*	4	0	0	2	12	18
40	*Acacia decurrens*	3	2	146	8	157	316
41	*Prunus serotina*	10	1	3	9	4	27
42	*Streptosolen jamesonii*	0	0	0	2	74	76
43	*Juglans neotropica*	0	3	0	5	0	8
44	*Yucca elephantipes*	18	23	2	4	0	47
45	*Senna viarum*	12	0	0	7	2	21
46	*Delostoma integrifolium*	0	1	0	3	0	4
47	*Xylosma spiculifera*	0	0	0	1	0	1
48	*Citharexylum subflavescens*	0	0	0	2	0	2
49	*Abutilon insigne*	0	5	9	8	0	22
50	*Liquidambar styraciflua*	0	13	6	3	18	40
51	*Sparmarva africana*	3	0	4	0	0	7
52	*Eucalyptus pulvirulenta*	0	0	3	0	12	15
53	*Quercus humboldtii*	5	0	1	0	4	10
54	*Locroma fucsifoides*	0	0	1	0	0	1
55	*Baccharis latifolia*	0	0	1	0	0	1
57	*Croton mithianus*	0	0	3	0	0	3
58	*Cedrela montana*	0	3	2	0	8	13
59	*Piracantea coccinea*	0	0	9	5	1	15
60	*Lipia sp1 (VERBENACEAE)*	0	0	0	0	0	0
61	*Solanum sp*	0	1	1	0	0	2
62	*Dodonaea viscosa*	0	0	0	0	17	17
63	*Washingtonia filifera*	0	0	0	0	3	3
64	*Acacia lophanta*	14	0	0	6	4	24
65	*Eucalyptus ficifolia*	66	0	0	0	0	66
66	*Laurus nobilis*	1	0	0	0	0	1
67	*Musa ensete*	160	0	0	0	0	160
68	*Ficus sp*	1	0	0	0	0	1
69	*Salix humboldtiana*	0	0	9	0	2	11
70	*Aloe arborescens*	0	0	0	2	0	2
71	*Podocarpus oleifolius*	2	0	0	0	0	2
72	*Phoenix canariensis*	2	0	0	0	0	2
73	*Escallonia pendula*	0	0	0	0	0	0

74	*Yucca sp*	5	0	0	0	3	8
75	*Hibiscus rosae-sinensis*	3	0	0	0	0	3
76	*Cupressus lusitanica*	46	0	7	6	0	59
77	*Polymnia pyramidalis*	186	0	0	0	0	186
78	*Bocconia frutescens*	0	0	2	0	0	2
79	*Platanus occidentalis*	0	0	1	0	0	1
80	*Cytisus monspessulanus*	0	1	0	0	0	1
81	*Archontophoenix alexandrae*	0	1	3	1	0	5
82	*Crotalaria agatiflora*	0	0	1	0	0	1
83	Especie Desconocida	0	0	2	1	0	3
84	*Ceroxylon quindiuense*	0	0	2	1	8	11
	TOTAL	1003	388	435	226	947	2999

Anexo 5. Tabla de Número Especies e Individuos de la Cancha de Futbol y Básicas.

Cancha de Fútbol		
# Especies	Nombre Científico	# Individuos
1	*Acacia decurrens*	157
2	*Acacia melanoxylon*	198
3	*Acacia lophanta*	4
4	*Eucalyptus globulus*	72
5	*Eucalyptus pulvirulenta*	12
6	*Fraxinus chinensis*	202
7	*Pittosporum sp*	28
8	*Lafoensia speciosa*	9
9	*Prunus serotina*	7
10	*Cupressus lusitanica*	76
11	*Ficus tequendamae*	1
12	*Ficus soatensis*	8
13	*Cedrela montana*	8
14	*Magnolia grandiflora*	1
15	*Senna viarum*	2
16	*Yucca elephantipes*	3
17	*Yucca sp*	3
18	*Callistemon citrinus*	12
19	*Croton funckianus*	14
20	*Dodonaea viscosa*	2
21	*Washingtonia filifera*	3
22	*Alnus jorullensis*	1
23	*Clusia multiflora*	1
24	*Liquidambar styraciflua*	18
25	*Salix humboldtiana*	2
26	*Ceroxylon quindiuense*	6
27	*Piracantea coccinea*	1
28	*Araucaria heterophylla*	1
29	*Quercus humboldtii*	4
	TOTAL	856

Basicas Y Artes		
# Especies	Nombre Científico	# Individuos
1	*Ficus soatensis*	15
2	*Ficus benjamina*	11
3	*Ficus elástica*	3
4	*Fraxinus chinensis*	106
5	*Araucaria heterophylla*	4
6	*Acacia spp.*	23
7	*FAMILIA MYRTACEAE*	5
8	*Pittosporum sp*	33
9	*Cupressus lusitanica*	42
10	*Sambucus peruviana*	24
11	*Pinus patula*	5
12	*Clusia multiflora*	2
13	*Myrclanthes leucoxyla*	1
14	*Alnus jorullensis*	3
15	*Tibouchina urvilleana*	4
16	*Eugenia andicola*	4
17	*Prunus serotina*	11
18	*Feijoo selllowiana*	3
19	*Tibouchina lepidota*	7
20	*Eucalyptus globulus*	25
21	*Salix humboldtiana*	1
22	*Acacia melanoxylon*	7
23	*Lafoensia speciosa*	26
24	*Magnolia grandiflora*	1
25	*Ligustrum sp.*	1
26	*Meriana nobilis*	1
27	*Ficus tequendamae*	2
28	FAMILIA VERBENACEAE	1
29	*Tecoma stans*	21
30	*Carica pubescens*	5
31	*Podocarpus oleifolius*	4
32	*Pinus cembra*	5
33	*Cestrum parvifolium*	6
34	*Eucalyptus ficifolia*	4
35	*Prunus persica*	1

36	*Salix viminalis*	1
37	*Callistemon citrinus*	4
38	*Acacia decurrens*	3
39	*Yucca elephantipes*	19
40	*Acacia lophanta*	14
41	*Laurus nobilis*	1
42	*Musa ensete*	1
43	*Sparmarva africana*	3
44	*Ficus sp*	1
45	*Phoenix canariensis*	2
46	*Quercus humboldtii*	5
47	*Escallonia pendula*	1
48	*Chinchona pubescens*	1
49	*Yucca sp*	5
50	*Hibiscus rosae-sinensis*	3
51	*Polymnia pyramidalis*	2
52	*Senna viarum*	12
	TOTAL	495