

DETERMINATION OF THE POTENTIAL OF ECOSYSTEM SERVICES OF COMUNA 7 IN THE CITY OF BUCARAMANGA SANTANDER

Carolina Hernández Contreras, Magister en Ciencias y Tecnologías Ambientales¹, Carlos Alberto Amaya Corredor, Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, Master en Gestión y Auditorias Ambientales², Carlos Alberto Rodríguez Pérez, Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente³,

¹ Unidades Tecnológicas de Santander, Colombia, chernandez@correo.uts.edu.co

² Unidades Tecnológicas de Santander, Colombia, camaya@correo.uts.edu.co

³ Unidades Tecnológicas de Santander, Colombia, crodriguez@correo.uts.edu.co

Abstract -- This article evaluates ecosystem services and urban environmental management factors, through a study and forest inventory carried out by means of the acquisition of dasometric data such as; Diameter (DAP), circumference (CAP), biomass, observing important aspects such as the beauty of the landscape, the capture and storage of carbon, an increase in the quality of life and human development within the framework of sustainable development.

The environmental management factors that affect urban forestry were identified, characterizing in a dasometric way the natural coverages existing in the territory and, in this way, the urban ecosystem services present in the study area were analyzed, as an element of sustainability of the city.

Keywords – Urban Forestry, Environmental Management, Ecosystem Services, City, Urban Ecology.

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.399>
ISBN: 978-0-9993443-6-1 ISSN: 2414-6390

DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE SERVICIOS ECOSISTEMICOS DE LA COMUNA 7 EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA SANTANDER

DETERMINATION OF THE POTENTIAL OF ECOSYSTEM SERVICES OF COMUNA 7 IN THE CITY OF BUCARAMANGA SANTANDER

Carolina Hernández Contreras, Magister en Ciencias y Tecnologías Ambientales¹, Carlos Alberto Amaya Corredor, Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, Master en Gestión y Auditorias Ambientales², Carlos Alberto Rodríguez Pérez, Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente³,

¹ Unidades Tecnológicas de Santander, Colombia, chernandez@correo.uts.edu.co

² Unidades Tecnológicas de Santander, Colombia, camaya@correo.uts.edu.co

³ Unidades Tecnológicas de Santander, Colombia, crodriguez@correo.uts.edu.co

Abstract—El presente artículo evalúa los servicios ecosistémicos y los factores de gestión ambiental urbana, mediante un estudio e inventario forestal realizado por medio de la adquisición de datos dasométricos tales como; Diámetro (DAP), Circunferencia (CAP), Biomasa, donde se evidencian aspectos importantes como son: la belleza paisajística, captura y almacenamiento de carbono, mejora en la calidad de vida y desarrollo humano dentro del marco de desarrollo sostenible.

Se identificaron los factores de gestión ambiental que inciden sobre la silvicultura urbana, caracterizando dasométricamente las coberturas naturales, existentes en el territorio y llegar así a un análisis de las condiciones en generación de servicios ecosistémicos urbanos presentes en la zona de estudio, como elemento de sostenibilidad de ciudad.

Keywords-- Silvicultura Urbana, Gestión Ambiental, Servicios Ecosistémicos, Ciudad, Ecología Urbana.

Abstract—This article evaluates ecosystem services and urban environmental management factors, through a study and forest inventory carried out by means of the acquisition of dasometric data such as; Diameter (DAP), circumference (CAP), biomass, observing important aspects such as the beauty of the landscape, the capture and storage of carbon, an increase in the quality of life and human development within the framework of sustainable development.

The environmental management factors that affect urban forestry were identified, characterizing in a dasometric way the natural coverages existing in the territory and, in this way, the urban ecosystem services present in the study area were analyzed, as an element of sustainability of the city.

Keywords--Urban Forestry, Environmental Management, Ecosystem Services, City, Urban Ecology.

I. INTRODUCTION

De acuerdo a los principios de Desarrollo Sostenible y los Objetivos del Milenio, la ciudad sostenible se describe como aquella que integra la dimensión ambiental, combina el desarrollo económico, la elevación de la calidad de vida y el desarrollo social de su población, sin agotar la base de los recursos naturales renovables en que se sostiene, ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades. [1]

A juicio de ONU-Habitat las ciudades que implementan políticas claras de sostenibilidad ambiental son, por lo general, más compactas y más eficientes en el uso de la energía, contaminan menos, son más accesibles y ofrecen mejores opciones de transporte público. Este tipo de ciudades tienden a ser más productivas, competitivas, innovadoras y con mejor calidad de vida y con mayores posibilidades de incrementar el bienestar de la población y la prosperidad general.

Para ONU-Habitat, Bucaramanga teniendo en cuenta el desempeño en sostenibilidad ambiental se ubica en el puesto trece entre las 23 ciudades evaluadas con un puntaje de 47,93

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.399>

ISBN: 978-0-9993443-6-1 ISSN: 2414-6390

17th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: “Industry, Innovation, And Infrastructure for Sustainable Cities and Communities”, 24-26 July 2019, Jamaica.

(dos puntos por debajo del promedio) siendo éste el peor indicador de los cinco evaluados en el estudio.

La ciudad de Bucaramanga se ubica al nororiente del país. La ciudad se divide en 17 comunas, cada una de las cuales incluye barrios, asentamientos, urbanizaciones y otros sectores con población flotante. Dentro de ellas se destaca la comuna 7, La comuna se encuentra formada por el barrio: Ciudadela Real de Minas, y las urbanizaciones Macaregua, Ciudad Bolívar, Los Almendros, Plazuela Real, Los Naranjos, Plaza Mayor, Acrópolis

Esta zona se edificó bajo un predio que pertenecía a la Aeronáutica Civil, en donde funcionaba el Aeropuerto Gómez Niño, este terreno fue adquirido por el Municipio de Bucaramanga y lo conforma una península inclinada rodeada por cañadas profundas que topográficamente la aíslan en aproximadamente dos terceras partes de su perímetro, cumplía todos los ítems para hacer parte de las llamadas Ciudades Dentro de la Ciudad. [1]

El hecho de ser la Ciudadela un polo de desarrollo, trae consigo estrategias para que se incorpore a medida de su crecimiento urbano el concepto que tomó fuerza en sectores donde la calidad de vida de la población es elevada, con lo que, en los países desarrollados principalmente, empezaron a exigirse bienes y servicios que respetasen el medioambiente, aunque estos fueran más costosos, y se privilegiaron para vivir zonas urbanas en las que se respetaran las normas ambientales, y más aún, en las que se cuidaran los recursos naturales y el ambiente, en las que el aire fuera más puro, estuvieran alejadas de la contaminación, incluyendo la sonora, y rodeadas de vegetación. Todos estos crecimientos fueron alentados por las Agendas 21. [2]

Actualmente en esta comuna, se evidencian dos escenarios importantes, principalmente la Calle de los Estudiantes, donde lo integran cinco colegios entre ellos el Pilar con una cobertura arbórea muy notable y dos universidades, una extensión de terreno donde en el transcurso del día se genera la mayor movilidad, aparte de contar con zonas residenciales donde se evidencia el concepto de urbanización sostenible y establecimientos comerciales, lo cual brinda la posibilidad que la economía de la zona dependa de las entidades educativas que se encuentran ubicadas allí.

Este documento tiene como propósito determinar la potencialidad de los Servicios Ecosistémicos generados por la silvicultura urbana presentes en la comuna 7 de Bucaramanga, bajo la clasificación establecida por la FAO. Es de relevancia de conocer la ventaja de los árboles ubicados, en términos de servicios ecosistémicos es permitir conocer el comportamiento de estos dentro del área de influencia de este proyecto, así

como, determinar los múltiples beneficios que generan a las personas que habitan o que concurren en la zona de estudio.

En la ciudad de Bucaramanga en especial la comuna 7 enfrenta desafíos significativos debido a que no existen zonas actualmente libres donde se puedan realizar diferentes áreas edificables, el cambio climático que se presenta y el crecimiento demográfico, es lo que hace que el propósito de este proyecto juegue un papel determinante en la Silvicultura Urbana de la zona de estudio del proyecto, una de las principales funciones de la cobertura vegetal es brindar sombra y enfriamiento al sector, por lo que la implementación de proyectos de reforestación desempeñara en un futuro no muy lejano una función importante en el suelo para una vegetación sana y como mejora continua de la ecología en la ciudad.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La ciudad es un constructo social, en donde se conjugan aspectos históricos, arquitectónicos, espaciales, territoriales: Civitas que es un conjunto de ciudadanos asentados en un lugar y la Urbs el espacio físico donde habitan los ciudadanos. Por consiguiente, la ciudad debe ser el territorio, donde se reúnen las expectativas de vida de los habitantes, así como los satisfactores a esas necesidades.

Un componente fundamental de estas necesidades y satisfactores lo constituye el componente ambiental de la ciudad, el cual asume papel de agente de equilibrio en las estructuras urbanas y en la calidad de vida de sus habitantes, pero esta dimensión ambiental viene siendo la menos importante al considerar la ciudad como un elemento de construcción de cemento, donde la dureza de la superficie se asume como evidencia de desarrollo, modernidad e identidad.

Como lo presenta el Objetivo 11, de los objetivos del Desarrollo sostenible, las ciudades son hervideros de ideas, comercio, cultura, ciencia, productividad, desarrollo social y mucho más. Ahora bien, son muchos los problemas que existen para mantener ciudades de manera que se sigan creando empleos y prosperidad sin ejercer presión sobre la tierra y los recursos. Los problemas comunes de las ciudades son la congestión, la falta de fondos para prestar servicios básicos, la escasez de vivienda adecuada y el deterioro de la infraestructura. Los problemas que enfrentan las ciudades se pueden vencer de manera que les permita seguir prosperando y creciendo, y al mismo tiempo aprovechar mejor los recursos y reducir la contaminación y la pobreza.

Las ciudades colombianas, reflejan estas problemáticas, las cuales se multiplican al mirar cada subregión de ciudad, o al mirar cada ciudadano que la conforma y construye a diario. Bucaramanga, se ha desarrollado bajo estas dificultades,

asociadas a su posición de polo urbano, generador de desarrollo y prestador de servicios. La ciudad ha perdido infraestructura común de respuesta a la dinámica del constructo social, componentes como zonas públicas, sociales, parques de convivencia ciudadana y componentes ambientales de disfrute de ciudad, como por ejemplo los arbolados urbanos y zonas verdes, que han cedido el paso a mantos de cemento y a densos edificios. Esto suma al aumento de la demanda urbana por bienes y servicios sin contemplar las capacidades de los ecosistemas al servicio de la ciudad.

Dentro de Bucaramanga, la Ciudadela (Comuna 7) nació, se desarrolló y se consolidó como una zona residencial por excelencia, donde la oferta de bienes y servicios complementarios, estructuraron la zona para responder a la imagen de urbe, pero olvidando el equilibrio de la infraestructura funcional, desconociendo la existencia de silvicultura urbana, espacios públicos de convivencia o procesos de gestión ambiental urbana. A consecuencia de este enfoque zonal, la ciudadela real de minas, fue paulatinamente perdiendo su cobertura natural, sus espacios verdes abiertos propicios para convivencia ciudadana y se conminó su escenario ambiental al limitado arbolado vial, arbolado de parques zonales, espacio de acceso público y arbolados privados dentro de los conjuntos residenciales y de uso particular.

Desde la década de los años 90, la ciudadela real de minas perdió importantes zonas verdes, transformadas a construcciones habitacionales. Hoy día la ciudadela ya ha copado sus espacios disponibles y se encuentra consolidada su silvicultura urbana, el arbolado público y privado, y sus limitadas zonas verdes zonales. Este componente cumple funciones vitales no reconocidas, que influyen en la condición de vida que se ha consolidado en este territorio.

El desarrollo y crecimiento de Bucaramanga como Urbe, se ha dado por dinámicas naturales de ocupación del espacio, históricamente sin orientación de procesos de gestión urbana (solo en los últimos 15 años se han empezado a formular), lo cual ha degenerado en las problemáticas espaciales, sociales y ambientales que se encuentran en cualquier recorrido de la ciudad y su área metropolitana. Dado que en Colombia el ordenamiento del territorio debe partir de la concepción ambiental, para luego regularizar lo social y lo económico, resulta importante identificar cómo la gestión ambiental ha consolidado componentes ambientales que caractericen la ciudad como un hábitat urbano. Identificar estos componentes de gestión ambiental urbano constituyen un soporte estructural para reconocer asertivamente lo ambiental de la ciudad y estructurar ideas de intervención que mejoren y fortalezcan integralmente la ciudad.

Por lo anterior, se ha planteado desarrollar un proyecto de investigación desde la cual pueda dársele respuesta, entre otros, a los siguientes aspectos

¿Qué servicios ecosistémicos presta la silvicultura urbana?, ¿Cuál es la conformación dasométrica actual de la cobertura arbórea pública y privada en la zona de estudio?, ¿Cuáles son los servicios ecosistémicos prestados por la cobertura arbórea en la zona de estudio?, ¿Cuál es la incidencia de los servicios ecosistémicos de la cobertura arbórea sobre la calidad de vida de los ciudadanos de la zona de real de minas y de la ciudad?.

III. JUSTIFICACION

Como lo presenta el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de nuestro país, en sus medios web, La Gestión Ambiental Urbana es una acción conjunta entre el Estado y los actores sociales, que se articula con la gestión territorial, las políticas ambientales y las políticas o planes sectoriales que tienen relación o afectan el medio ambiente en el ámbito urbano regional.

Esta gestión, demanda el uso selectivo y combinado de herramientas jurídicas, técnicas, económicas, financieras, administrativas y de planeación, para lograr la protección y funcionamiento de los ecosistemas y el mejoramiento de la calidad de vida de la población dentro de un marco de ciudad sostenible.

Para lo anterior el ministerio ha determinado dos ejes de acción y definido tres metas a alcanzar. Dentro de estas, la protección de recursos naturales, ecosistemas urbanos y ciudad sostenible tiene papel preponderante.

Siguiendo la definición adoptada por FINDETER [4], una ciudad sostenible se entiende como aquella que ofrece una alta calidad de vida a sus habitantes, que reduce sus impactos sobre el medio natural y que cuenta con un gobierno local con capacidad fiscal y administrativo para mantener su crecimiento económico y para llevar a cabo sus funciones urbanas con una amplia participación ciudadana.

De esta definición, se toman los elementos ambientales de una ciudad sostenible:

- En cuanto a la dimensión de sostenibilidad ambiental y cambio climático, una ciudad sostenible debe atender de manera prioritaria el manejo de los recursos naturales, la mitigación de gases efecto invernadero y otras formas de contaminación. También debe atender la mitigación y adaptación a los efectos de cambio climático.
- En cuanto a la dimensión de desarrollo urbano sostenible, una ciudad sostenible debe controlar su crecimiento y promover la provisión de un hábitat adecuado para sus ciudadanos, además de promover el transporte y la movilidad urbana sostenible.

Los servicios ecosistémicos son aportes de la naturaleza, fundamentales para la calidad de vida de la especie humana, en sentido general Los servicios ecosistémicos son la multitud de beneficios que la naturaleza aporta a la sociedad. [5]

Para la FAO los ecosistemas proporcionan cuatro tipos de servicios al mundo, Servicios de abastecimiento: son los beneficios materiales que las personas obtienen de los ecosistemas; Servicios de regulación: son los beneficios obtenidos de la regulación de los procesos ecosistémicos, por ejemplo, la regulación de la calidad del aire y la fertilidad de los suelos; Servicios culturales: son los beneficios inmateriales que las personas obtienen de los ecosistemas; Servicios de apoyo: son necesarios para la producción de todos los demás servicios ecosistémicos, por ejemplo, ofreciendo espacios en los que viven las plantas y los animales.

El reconocimiento de los servicios ecológicos de la silvicultura urbana, requiere se trabaje en conocer aspectos como su estructura, sus funciones e interacciones y procesos con los cuales se fundamentan los servicios prestados que generaran beneficios a los ciudadanos y en base a la cual se pueda soportar la toma de decisiones integrales y sostenibles que permitan procesos de planificación y gestión territorial.

En Bucaramanga, este es un aspecto que nunca se ha contemplado y del que las Autoridades Ambientales no cuenta con bases de datos de información que aporten a las autoridades locales en la toma de decisiones, ni a los habitantes en la construcción de su territorio.

El desarrollo de este proyecto de investigación, tuvo como objeto principal el reconocimiento de los servicios ecosistémicos de un sector muy importante para la ciudad de Bucaramanga como lo es la comuna 7, específicamente de su cobertura arbórea, teniendo en cuenta que esta cobertura del paisaje ya se ha consolidado en la medida en que la ocupación constructiva de ciudad también se ha consolidado.

La identificación dasométrica de esta cobertura y la descripción técnica, ordenada e intencionada de sus características florísticas y faunísticas podrán establecer las bases conceptuales para continuar proceso de investigación académica para aportar a la construcción de salud y una base ecológica ambiental que ayude a las autoridades ambientales y territoriales a mejorar su visión de ciudad, a reconocer sus potencialidades ambientales y fortalecer los procesos de sostenibilidad que se adelanten en el territorio.

IV. OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar la potencialidad del servicio ambiental de la silvicultura urbana presente en la comuna 7 de la ciudad de Bucaramanga.

Objetivos específicos

- Identificar los factores de gestión ambiental urbana que inciden sobre la silvicultura urbana la comuna 7 de la ciudad de Bucaramanga.
- Caracterizar dasométricamente las coberturas naturales, existentes dentro de la comuna 7 de la ciudad de Bucaramanga.
- Analizar las condiciones de generación de servicios ecosistémicos urbanos en la comuna 7 de la ciudad de Bucaramanga, como elemento de sostenibilidad de ciudad.

V. ESTADO DEL ARTE

Es importante resaltar que hasta hace poco, en la mayoría de los países desarrollados se atribuía a la silvicultura urbana ventajas generalmente estéticas; sin embargo, esta idea se está modificando, y hoy se da mayor atención a la utilidad para el medio ambiente y a los beneficios económicos cuantificables de árboles y espacios verdes. En los países en desarrollo, el apoyo gubernamental e internacional a la silvicultura urbana ha sido limitado, pero el vertiginoso crecimiento de la población y el consiguiente aumento de las necesidades de alimentos, combustible y abrigo exigen nuevas estrategias en las cuales la silvicultura tenga una función más importante en el suministro de dichos bienes y en el mejoramiento del medio urbano. [6]

En la ciudad de Jiangsu, China a finales del año 2013, Ying Hou, Shudong Zhou, Benjamin Burkhard y Felix Müller presentan un artículo de investigación cuyos resultados demostraron una conexión entre la diversidad biológica, servicios de los ecosistemas y el bienestar humano, así como las influencias socioeconómicas en ellos. A pesar de las investigaciones existentes, los efectos exactos del sistema humano en la dinámica de la biodiversidad son todavía inciertos debido a la insuficiencia de los respectivos análisis cuantitativos. Por tal razón los objetivos de investigación están discerniendo las influencias socioeconómicas en la diversidad biológica, los servicios de los ecosistemas y el bienestar humano y la demostración de los efectos mutuos entre estos elementos.[7]

En México (2016) se presenta un artículo que nos muestra que el fomento de la resiliencia urbana (capacidad para prepararse, resistir y recuperarse frente a una crisis) requiere un enfoque de sistemas socio-ecológicos que tiene en cuenta las evaluaciones ecológicas y sociales de las ciudades. En este artículo se argumenta que los servicios ecosistémicos urbanos

por sus siglas en inglés (UES) podría aumentar la resiliencia urbana; y que dichos servicios dependen directamente de la cantidad, calidad y diversidad de la infraestructura verde que los produce. El caso de los límites occidentales de la Ciudad de México se utiliza para asignar y evaluar estas cuestiones. Se clasificaron las diferentes configuraciones de la infraestructura verde como servicio que proporciona Unidades (SPU) y se identificaron su provisión de UES a través de técnicas de teledetección; la diferencia normalizada índices de vegetación (NDVI) combinado con la verificación de trabajo de campo en dos escalas de análisis, el local y regional. Los resultados revelan que la gran mayoría de la infraestructura verde tiene baja calidad, lo que dificulta la prestación de la UES requeridos para la construcción de la capacidad de recuperación de Ciudad de México. A escala regional, las crecientes presiones del desarrollo urbano y la consiguiente reducción de la SPU amenaza la entrega de aprovisionamiento de servicios de los ecosistemas, mientras que a escala local, la baja calidad del SPU pone en peligro la prestación de los servicios de regulación del ecosistema. Se argumenta que frente a estos retos podría mejorar el diseño y puesta en práctica de la toma de decisiones ambientales y la política urbana hacia los sistemas socio-ecológicos urbanos más resistentes. [8]

Posteriormente, en la ciudad de Toronto (Canadá) en el año 2012 se realizaron estudios y mediciones de secuestro de carbono; otro aspecto de suma importancia, si bien como todos los servicios ecosistémicos son valiosos, tampoco debe sobrestimarse en su ponderación; indican que el volumen de carbono secuestrado anualmente por el arbolado equivale a las emisiones producidas durante el mismo período por 733.000 automóviles, (solo una parte del parque automotor), pero el dato de mayor relevancia es que la cantidad de árboles, en la mencionada área metropolitana, es de 10.200.000 ejemplares, de los cuales 600.000 (5,88%) son árboles viarios, 3.500.000 (34,31%) corresponde a ejemplares existentes en parques y áreas naturales, y 6.100.000, o sea el 59,81% de los árboles se encuentran en propiedad privada. [9]

Posteriormente se realizó un estudio en Brasil, en el año 2013, en el cual se presentan algunos criterios e indicadores para la valoración de los servicios ecosistémicos, que son el resultado de las investigaciones realizadas por el Departamento de Ingeniería Forestal de la Universidad Federal de Viçosa. Las experiencias de investigaciones indican la necesidad de levantamientos minuciosos para diagnosticar puntos relevantes en la cuantificación y valoración de los servicios ecosistémicos. Sin embargo, las iniciativas en Brasil y, específicamente, en el

Estado de Minas Gerais, se han mostrado bastante más sencillas que lo ideal. Esto puede ser justificado por la dificultad de poner en práctica el programa con pocos recursos económicos a disposición de los gobiernos en general y del

Estado de Minas Gerais, en particular. Sin embargo, estas iniciativas ya han mostrado un cambio en la legislación ambiental de Brasil, donde la política de mando y control está siendo reforzada por los instrumentos económicos para fomentar la conservación del medio ambiente. [10]

En el año 2011 una de las principales conclusiones, a la que se llegó luego de un estudio que se realizó en la ciudad de Buenos Aires (Argentina) fue que el mayor aporte ambiental del arbolado urbano, casi sin lugar a dudas sería el efecto regulador en las temperaturas estivales es producido por la oferta de sombra vegetal en una ciudad donde los registros térmicos, ya sea producto del calentamiento global o debido al efecto isla de calor, tienden a la alza. [11]

En Mexico, sin duda alguna, el evento que cambio la mentalidad de la población en torno a la silvicultura urbana, fue el realizado en Julio de 1985, por la organización Pro-Ecología de Colima⁹, el cual creo una guía especial para la plantación de árboles, adaptada de modo específico a las condiciones locales; lo cual provoco considerablemente el aumento en las actividades de reforestación urbana promovidas por el Gobierno, y a su vez se ha intensificado la educación ecológica en las escuelas. [12]

A nivel nacional, se cuenta con diversos estudios detallados sobre los procesos de urbanismo y planificación de ciudades, por relacionar algunos de ellos encontramos el realizado por Enrique Pérez Arbeláez, *Arborizaciones urbanas con especial atención a Bogotá*, editado por el Banco de la República en 1978, en el mencionado estudio se analiza los problemas que presentan las arborizaciones urbanas y se proponen algunas especies para Bogotá, seguidamente se encuentra otra publicación que ha contribuido con el conocimiento del arbolado urbano de la capital Colombiana como la *Guía de árboles de Bogotá* (Molina, 1995); entre ellos podemos encontrar el *Manual de silvicultura urbana para Bogotá*. [13]

Siguiendo el ejemplo de Bogotá D.C., en el año 2015 la ciudad de Medellín, decide actualizar su *Manual de Silvicultura para Medellín*; el cual ya tenía su primera versión en el año 2007, en dicha actualización se prioriza el manejo del arbolado en el municipio teniendo en cuenta criterios técnicos bien definidos en todos los aspectos; y enviando un mensaje a la comunidad para entender que las zonas verdes son un factor determinante en la calidad de vida de la población, dado el papel fundamental que tiene en el espacio público y su relación con la ciudadanía. [14]

Bogotá cuenta con el censo forestal georreferenciado más grande del continente (1'160.526 árboles) y es la ciudad con el sistema de gestión del árbol urbano más completo y avanzado de Latinoamérica y como reconocimiento de ello, la FAO

celebró en esta ciudad, en agosto de 2008, una reunión internacional de silvicultura urbana y periurbana (en adelante SUP) [15] con el tema “Los árboles conectando a la gente: juntos para la acción”, cuyo objetivo principal fue establecer asociaciones y colaboraciones brindando particular atención a los países en desarrollo con la intención de estimular una mejor comprensión del marco general institucional, político y de establecimiento de redes, desarrollar asesoría estratégica para elevar el perfil de los bosques y árboles en las agendas urbanas nacionales, regionales y globales, y definir oportunidades estratégicas para implementar un programa en SUP flexible y eficiente. [14]

A su vez en la ciudad de Cali en 1979, la arquitecta paisajista Lyda Caldas de Borrero, publicó *La flora ornamental tropical y el espacio* (Caldas de Borrero, 1979) el cual aborda aspectos ornamentales, paisajísticos y técnicos de la arborización urbana para la ciudad de Cali y determina algunas especies de árboles, palmas y gramíneas aptas para este tipo de ecosistema. [14]

Luego en el año 2007 se realizó un estudio de selección de especies arbóreas para ciertas ciudades incluyendo Bucaramanga, El artículo forma parte de la investigación Fortalecimiento de la Estructura Ecológica Principal a partir de la identificación y selección de especies para la arborización urbana, que se adelanta en siete (7) ciudades colombianas: Cúcuta, Bucaramanga, Villavicencio, Palmira, Ibagué, Neiva y Popayán. Se presentan los resultados correspondientes a la ciudad de Bucaramanga, lo que incluye, una breve descripción de la arborización actual, los criterios para la selección, y el listado de especies que fueron seleccionadas por fortalecer la Estructura Ecológica Principal (EEP) en sus componentes suelo, agua o fauna; y en algunos casos, porque son especies que con su presencia, incrementan la diversidad biológica de su entorno. En consecuencia, los criterios para la selección de especies para la arborización urbana están dejando de ser únicamente ornamentales y de prestación de algunos servicios ecosistémicos (como la producción de sombra o la reducción de la contaminación), o de tipo netamente técnico, con el fin de fortalecer la Estructura Ecológica Principal, o reducir la fragmentación de los ecosistemas causada por la ciudad mediante la creación o consolidación de corredores biológicos. De ahí la importancia de plantar en las ciudades, especies que brinden alimento y hábitat a la fauna del territorio circundante. La investigación busca definir cuáles son las especies más recomendables para arborizar la ciudad, teniendo en cuenta los beneficios ecológicos que ellas generan, de manera que contribuyan con el fortalecimiento de la EEP en su componente agua, suelo, fauna o ecosistema. [16]

Recientemente en el años 2014, se elaboró un artículo científico titulado “Determinación de dióxido de carbono en

parques de la ciudad de Bucaramanga”[17], el cual se basó principalmente en algunos de los principales parques de la ciudad de Bucaramanga, en cual se planteó como objetivo principal la determinación de la biomasa y la capacidad de absorción del dióxido de carbono (CO₂) en los diferentes parques urbanos que sirven de sumideros de (CO₂) del municipio de Bucaramanga para mitigar principalmente la contaminación causada por el parque automotor, y también definir si la masa arbórea en estudio crece de manera natural o forzada.

VI. METODOLOGIA

En las últimas décadas, la inmensa transformación y continuo cambio que ha sufrido la infraestructura arbórea y paisajística, de la Ciudadela Real de Minas, ha deteriorado en cierta parte su capacidad de aporte y contribución en los diversos servicios ecosistémicos.

Se realizó inicialmente la toma de datos y caracterización dasométricamente de las coberturas naturales, en la Comuna 7 de la ciudad de Bucaramanga; para con ello determinar los diversos servicios ecosistémicos que se presentan actualmente en dicho sector, siendo posteriormente una herramienta útil para las entidades estatales y población en general, con el propósito de establecer acciones concretas y efectivas en pro de mitigar al máximo las posibles afectaciones futuras que conllevan el no cuidado de la cobertura natural.

Uno de los principales servicios ecosistémicos que se analizó fue la captura de carbono, el método empleado para la toma de datos fue el indirecto, el cual consiste en utilizar las diferentes ecuaciones alométricas empleando la metodología de YEPES, 2010, adaptada para Colombia por el IDEAM, para este caso en específico solo fue necesaria medir la variable más relevante en campo (CAP), para luego ser incluida en la ecuación seleccionada. [18]

El CAP, se midió empleando la cinta métrica, la medida tomada fue la Circunferencia en ese punto del árbol, y que posteriormente con esta medida se procedió a estimar el DAP, para ello fue necesario emplear la ecuación 1 [17]:

$$DAP (D):CAP/\pi \quad (1)$$

Para la estimación de la Biomasa aérea (2) y carbono acumulado, hemos empleado el método indirecto de ecuaciones alométricas; [18], lo cual nos brinda una variable más acertada y concreta, teniendo en cuenta la clasificación de zona de vida del sector de desarrollo de nuestro proyecto de investigación es bh-PM, establecida en el POT del municipio de Bucaramanga.

$$\ln(BA) = a + b (\ln(D)) + c ((\ln(D))^2) + d((\ln(D))^3) + B1 \ln(\rho) \quad (2)$$

Una vez reemplazamos la ecuación seleccionada, con los datos obtenidos en campo, obtenemos la Biomasa para cada árbol, de la cual podemos partir para obtener la biomasa total de nuestra zona de trabajo, está la calculamos como la suma de todos los arboles vivos. No obstante el valor de la Biomasa se debe connotar en unidades de Toneladas por Hectárea (*t ha*-1).

Para el cálculo de Carbono o almacenamiento de Carbono en la Biomasa de los elementos arbóreos, se establece que la Biomasa de los mismos contiene aproximadamente 50 % de carbono [21], por consiguiente se aconseja en los diferentes trabajos usar el factor de 0,5, para transformar la Biomasa a Carbono, como se ilustra en la ecuación 6. Sin embargo es válido aclarar que la fracción de carbono en la madera puede variar entre algunas especies. [22]

Para calcular el CO₂ equivalente se empleó el factor de 44/12 ≅ 3,67, en proporcionalidad podemos referenciar que una tonelada de carbono (C) equivale a 3,67 toneladas de CO₂e [22], [19].

Para analizar la existencia de servicios ecosistémicos urbanos en la zona de trabajo, se realizará siguiendo los lineamientos establecidos para los servicios ecosistémicos categorizados de manera funcional conforme la metodología de Evaluación de los Ecosistemas de Milenio, adoptado en Colombia mediante la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos. [23]

VI. RESULTADOS

Se pudo identificar que los servicios ecosistémicos en la comuna 7 son: servicios de regulación, servicios de apoyo, servicios culturales y servicios de abastecimiento.

Es de resaltar el servicio ecosistémicos de regulación, debido a que la silvicultura urbana influye en la calidad del aire, transformando el dióxido de carbono en oxígeno a través de la fotosíntesis; capturando material particulado como polvo, ceniza, polen, humo y absorbiendo gases tóxicos como el ozono, el dióxido de azufre y el dióxido de nitrógeno; reduciendo la temperatura local del aire y temperaturas extremas de los conjuntos o del sector tanto en época de lluvias como en época seca.

Teniendo en cuenta el Servicio Regulador de Captura de Carbono para la comuna 7 se calculó que esta zona captura 2074, 38 (T-Ha) de carbono y 7606,05 (T- Ha) de CO₂

equivalente, para este cálculo se tuvo en cuenta 6088 individuos, que son representantes 93 especies.

De las 93 especies que se encontraron en la comuna 7, las 10 especies más representativas por la cantidad de individuos son: *Licania tomentosa*, *Ficus benjamina*, *Tabebuia rosea*, *Terminalia catappa*, *Pithecellobium dulce*, *Manguijera indica*, *Handroanthus chrysanthus*, *Ficus elástica*, *Caesalpinia pluviosa*, y *Ceiba pentandra*, encontrándose que la especie que más captura carbono por la cantidad de individuos es *Licania tomentosa*, por lo cual esta misma especie sería la que más emitiría dióxido de carbono a la atmosfera si llegara a talarse (Figura 1); corroborando lo expuesto por Escobar en el 2009, que este árbol permanece frondoso durante todo el año, como árbol ornamental puede desempeñar múltiples funciones que contribuyen al mejoramiento de la calidad de vida de las personas en las ciudades. Estas funciones consisten en barreras contra el ruido, los vientos y los contaminantes como monóxido de carbono, dióxido de carbono y partículas en suspensión. [24]

Teniendo en cuenta la captura por individuo la especie más representativa en captura de Carbono es *Ficus elástica* con 39, 64 (t-ha), este dato está por encima del valor reportado por por Baca en el 2017, esto se puede presentar porque es la especie que tiene mayor DAP. [25]

TABLE I
Especies más representativas por cantidad de individuos en Captura de Carbono y CO₂ equivalente presente en la comuna 7 de la ciudad de Bucaramanga a Junio de 2018.

Especie	Captura de Carbono (t C ha ⁻¹)	CO ₂ equivalente (t ha ⁻¹)
<i>Licania tomentosa</i>	1056,62	3874,26
<i>Ficus benjamina</i>	284,81	1044,32
<i>Tabebuia rosea</i>	122,74	450, 06
<i>Terminalia catappa</i>	105,97	388, 59
<i>Pithecellobium dulce</i>	105,97	387, 30
<i>Manguijera indica</i>	44,83	164,39
<i>Handroanthus chrysanthus</i>	24,99	91, 64
<i>Ficus elástica</i>	21,62	79,29
<i>Caesalpinia pluviosa</i>	20, 90	76,27
<i>Ceiba pentandra</i>	12, 41	45, 52

Otro servicio regulador importante que se destaca en este sector es la polinización, gracias a su silvicultura presente es excelente hábitat para los polinizadores como, HYMENOPTERA (abejas, avispas y hormigas), LEPIDOPTERA (mariposas y mariposas nocturnas o polillas) y COLEOPTERA (escarabajos) y aves (colibríes o picafloras y loros, los cuales transfieren el polen desde los estambres hasta el estigma o parte receptiva de las flores, donde germina y fecunda los óvulos de la flor, haciendo posible la producción

de semillas y frutos, proporcionándoles refugio y alimento. Con esta polinización se obtiene una mejor regeneración de los árboles. Así mismo, esta cobertura vegetal previene la erosión del suelo y responde a mejorar la fertilidad del mismo mediante procesos biológicos naturales como la fijación del nitrógeno.

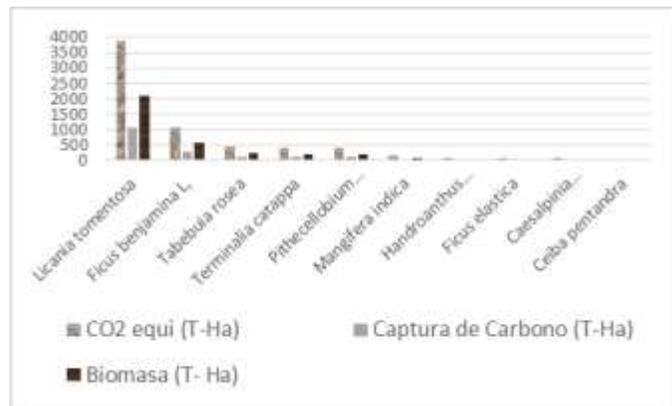


Figura 1. Cálculo de Biomasa, Captura de Carbono y CO₂ equivalente de las especies más representativas en la Ciudadela real de Minas (CRM)

Podríamos describir que esta zona presenta un posible complejo boscoso que cumplen un papel indispensable el ciclo del agua, en el suministro y disponibilidad de agua, filtrándola y limpiándola mediante el proceso de transpiración. También son de gran importancia ya que previenen la erosión debido a que las raíces, cumplen un papel en la estabilización de taludes y prevención de deslizamientos, observando otro servicio regulador.

Los servicios ecosistémicos de apoyo se pueden definir como una reserva indispensable de diversidad biológica, en las que están presentes las plantas, animales y microorganismos que habitan este sector; su diversidad de genes; hábitats y sus procesos o ciclos naturales. En la silvicultura urbana de la comuna 7, ayuda a que se preserve una la diversidad biológica de algunas especies los cuales nos ayudan a realizar diferentes procesos que conservan los demás servicios ecosistémicos.

Esta silvicultura urbana brinda unos beneficios no materiales a la comunidad del sector, los cuales son denominados servicios ecosistémicos culturales, en los que se interactúa con la naturaleza y ayudan a mantener la salud física y mental, solo con caminar, practicar deportes en parques y espacios verdes urbanos. También hay que resaltar que los bosques han sido fuente de inspiración para la ciencia y para desarrollar nuevas tecnologías. El árbol entrega sus beneficios a los demás seres vivos y también a los inertes. No es indiferente, ni es pasivo. Tampoco egoísta, pues nos brinda, con mucha generosidad,

frescor, agua, oxígeno, verdor, belleza y muchos otros beneficios más. [26]

Los servicios ecosistémicos de abastecimiento encontrados en la zona de estudio fueron muy bajos, debido a que se observó solo aporte en alimento por medio de las especies frutales establecidas en el área.

La gestión ambiental urbana que incide sobre la silvicultura urbana de la comuna 7, buscar la sostenibilidad del territorio por medio de reordenamiento, conservación, mejoramiento de espacios públicos, articularlo con la estructura ecológica existente y planeación de nuevas áreas a proteger, incorporando los aspectos ambientales de una forma sostenible con la participación de los respectivos entes; Área Metropolitana y dirigentes municipales.

Uno de los grandes problemas que tiene la gestión ambiental urbana de Bucaramanga en el componente ambiental, se da porque los POT no cumplen a cabalidad con lo estipulado en los mismos, esto genera la aparición de problemas ambientales, que no permiten el avance adecuado hacia una urbanización sostenible, atrasando los procesos para el mejoramiento de una calidad de vida y ambiental más alta.

Una vez planteada la metodología y realizado el trabajo de campo; se realizó un análisis de los servicios ecosistémicos urbanos prestados por la cobertura vegetal presente en la comuna 7; ya que al ser una zona urbanística, tiene disponibilidad de accesos en toda el área, reducción de los altos niveles de contaminación y gases efecto invernadero que se producen en el sitio por medio de la fotosíntesis. Por lo anterior, se demostró que la cobertura vegetal incide notoriamente como elemento de sostenibilidad de la ciudad, aportando a uno de los Objetivos del Milenio (ODM).

La captura de carbono de la vegetación existente en la zona de estudio, tiene una alta importancia para el control de emisiones de CO₂ que se generan en este sector, ya que es una área urbana donde hay bastante movilidad vehicular, además es un lugar que cuenta con una densidad poblacional considerable, 28.933 habitantes y una población flotante de 30.000 (esto por ser una zona donde hay dos universidades, colegios y un centro comercial) teniendo en cuenta que la OMS asegura que se necesita al menos un árbol por cada tres habitantes para respirar un mejor aire en la ciudades; teniendo en cuenta esto tenemos en la zona de estudio un déficit del 58,4% de cantidad de árboles para mitigar las emisiones de CO₂.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento a los estudiantes de Ingeniería Ambiental de las Unidades Tecnológicas por sus aportes a este trabajo.

REFERENCIAS

- [1] Ley 768 de 2002, que adoptó el Régimen Político, Administrativo y Fiscal de los Distritos Portuario e Industrial de Barranquilla, Turístico y Cultural de Cartagena de Indias y Turístico, Cultural e Histórico de Santa Marta.
- [2] [1]Fernanda, M. S. (2003). CIUDADELA REAL DE MINAS. Bucaramanga.
- [3] Almeida García, C. L. (1992). Agenda 21: subsidiariedad y cooperación, Propuestas en la Cumbre de la tierra RIo de Janeiro 1992.
- [4] Ventura Muñoz Yi, M. (2013). Estrategias de selección e implementación de los indicadores ambientales sostenibles. Barranquilla: UNIVERSIDAD DEL NORTE EDITORIAL.
- [5] Financiera de Desarrollo Territorial, agencia estatal colombiana dedicada al financiamiento de iniciativas de desarrollo territorial.
- [6] FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
- [7] HOU, Y.; ZHOU, S.; BURKHARD, B.; MÜLLER, F. Socioeconomic influences on biodiversity, ecosystem services and human well-being: A quantitative application of the DPSIR model in Jiangsu, China. (2014). Revista© 2016 Elsevier B.V. All rights reserved.
- [8] CALDERÓN – C. R., QUIROZ L. E., Analysing scale, quality and diversity of green infrastructure and the provision of Urban Ecosystem Services: A case from Mexico City. (2016) Revista©. 2016. Elsevier B.V. All rights reserved.
- [9] Parks, T. (2012). Forestry & Recreation Every Tree Counts A Portrait of Toronto's Urban Forest.
- [10] VILAR, M. B., DE OLIVEIRA, A. C. C., SANTOS, M. O., & JACOVINE, L. A. G. (2013). Criterios e indicadores para la valoración de los servicios ambientales en Brasil.Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales, (9), 48-64.
- [11] Fiorentino, J. (2011). El Plan Maestro del Arbolado Urbano de la Ciudad de Buenos Aires.
- [12] Haque, F. (1987). Silvicultura urbana: Perfiles de 13 ciudades. *Revista internacional de silvicultura e industrias forestales*.
- [13] Bogotá, J. B., & Ambiente, S. D. (2009).
- [14] Tovar-Corzo, G. (2013). Aproximación a la silvicultura urbana en Colombia. *Bitácora Urbano Territorial*, 120-130.
- [15] FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
- [16] VARGAS, B., & MOLINA, L. (2007). Árboles para Bucaramanga. *REVISTA NODO*, 1(2).
- [17] Villamizar Guarín, O. D., Delgado, J. A., Suanch, O. E., Mantilla, N. F., Gualdrón, S. P., & Moreno, M. C. (2014). Determinación de dióxido de carbono en parques de la ciudad de Bucaramanga. *TEORÍA Y PRAXIS INVESTIGATIVA* Vol. 9, 56-70.
- [18] BIOCARBON FUND. (2008). Methodology for Estimating Reductions of GHG Emissions. RED-NM--001, Version 01.111 P.
- [19] Yepes, A., Navarrete, D., Duque, A., Phillips, J., Cabrera, K., Álvarez, E., Ordoñez, M. (2011). Protocolo para la estimación nacional y subnacional de biomasa - carbono en Colombia. Bogotá D.C.: Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales-IDEAM-
- [20] INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). (2003). Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. En I. N. Programme. Institute for Global Environmental Strategies.
- [21] Elias, M., & Potvin, C. (2003). Assessing inter-and intra-specific variation in trunk carbon concentration for 32 neotropical tree species. *Canadian Journal of Forest Research* 33.
- [22] Lombo, F. (2014). ESTIMACIÓN DEL CARBONO ALMACENADO EN BOSQUE, RASTROJO Y PASTURAS EN EL DEPARTAMENTO DEL CAQUETÁ, COLOMBIA.
- [23] MADS, MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. (2012). INFORME DE GESTION. BOGOTA.
- [24] Escobar, A. (01 de Agosto de 2009). www.dnp.gov.co. Recuperado el 13 de Abril de 2017, de www.dnp.gov.co: www.dnp.gov.co/archivos/documentos/GCRP_Presentaciones/Ciudades%20Amables%20-%20UNFPA%20Colombia.
- [25] Baca Soto, J. E. (2017). Captura de dióxido de carbono (CO₂) de especies forestales como mecanismo de compensación ambiental en una vía de alta presión vehicular (Avenida Separadora Industrial)-Lima, 2017.
- [26] Sotil García, G. D. (29 de Enero de 2011). Otra Mirada a la Educación de nuestra Región. TIPISHCA. Recuperado el 12 de Agosto de 2017, de Otra Mirada a la Educación de nuestra Región. TIPISHCA: http://tipishca.blogspot.com.co/2011/01/el-arbolpara-la-sociedad-humana_8608.html Tovar
- [27] FAO. (2010). Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- [28] Kuchelmeister, G., & Braatz, S. (1993). Una nueva visión de la silvicultura. *Unasylva, Revista internacional de silvicultura e industrias forestales*, No. 173, 3-12.
- [29] Johnston, M. (1997). The development of urban forestry in the Republic of Ireland. *Irish Forestry*, 14-32.
- [30] Dembner, S. (1993). Silvicultura urbana en Beijing. *Unasylva, Revista internacional de silvicultura e industrias forestales*, No. 173, 13-18.
- [31] McPherson, E. G., Simpson, J. R., & Xiao, Q. a. (2010). Million trees Los Angeles canopy cover and benefit assessment. *Landscape & Urban Planning*.