

# BENEFICIOS SOCIO AMBIENTALES DE LAS INFRAESTRUCTURAS VERDES URBANAS Y SU APLICACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN Y PLANIFICACIÓN URBANÍSTICA EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA

Dairon Fernando Redondo Paredes<sup>1</sup>. *Especialización en Preservación y Conservación de los Recursos Naturales.*  
Universidad Pontificia Bolivariana

Recibido septiembre 24 de 2014 – Aceptado septiembre 29 de 2014

<http://dx.doi.org/10.18566/puente.v8n2.a02>

**Resumen—** Las constantes emisiones atmosféricas generadas por los vehículos que diariamente circulan por la ciudad de Bucaramanga, generan contaminación del aire a través de la combustión de combustible fósil, estas emisiones afectan directamente a la salud de su población y contribuyen significativamente al conocido fenómeno del efecto invernadero. Con las infraestructuras verdes urbanas como son los techos verdes, jardines verticales, parques lineales entre otros, se fomenta el uso y la conservación de los espacios verdes en la ciudad. A través de su capa vegetal, los espacios verdes generan diversos beneficios tales como: la regulación del confort térmico en la zona y la recepción de gases contaminantes presentes en la atmosfera, a su vez propician un valor estético visual en la zona estableciendo un soporte para la biodiversidad presente en el sector el cual se convierte en un instrumento para la estimulación e interacción social de sus habitantes. Este artículo plantea analizar los beneficios socio ambientales de las infraestructuras verdes aplicables al plano urbano en los métodos de construcción y planificación urbanística en la ciudad de Bucaramanga, como herramienta para hacer frente a los efectos del cambio climático y mejorar las condiciones de vida de la población, identificando los problemas y dificultades por la cual atraviesa la ciudad y referenciando experiencias positivas en otras urbes del mundo, esto para generar conclusiones que acrediten que la aplicación de este tipo de infraestructuras al plano urbanístico efectivamente traerán beneficios tanto como a la salud de la población como al medio ambiente de la ciudad.

**Palabras clave—** Bucaramanga, biodiversidad, cambio climático, emisiones, espacios verdes, infraestructura verde, planificación urbanística, salud.

**Abstract—** The constant atmospheric emissions generated by vehicles daily pass through the city of Bucaramanga, air pollution generated by fossil fuel combustion, these emissions directly affect the health of its population and contribute significantly to the known greenhouse phenomenon. With urban green infrastructure such as green roofs, vertical gardens, linear parks among others, the use is encouraged and conservation of green spaces in the city.

Through its topsoil, green spaces generate various benefits such as thermal comfort regulation in the area and the reception pollutant gases in the atmosphere, in turn foster a visual aesthetic value in establishing a support area this biodiversity in the area which becomes an instrument for stimulation and social interaction of its inhabitants. This article sets out to analyze the social and environmental benefits of green infrastructure in urban background applicable to construction methods and urban planning in the city of Bucaramanga, as a tool to address the effects of climate change and improve the living conditions of the population identifying the problems and difficulties which crosses the city and referencing positive experiences in other cities in the world, this to generate findings that prove that the application of this type of infrastructure to urban plan effectively bring benefits as well as the health of the population and the environment of the city.

**Keywords—** Green infrastructure, Bucaramanga, emissions, climate change, urban planning, health, biodiversity, green space.

## I. INTRODUCCION

La urbanización se entiende como el crecimiento físico de las áreas urbanas como resultado del cambio global, es el movimiento de personas de zonas rurales a zonas urbanas que generalmente está influenciado por la modernización y la industrialización de la economía. Hoy día el desarrollo económico representa una importante variable dentro de los indicadores de gestión de las alcaldías y gobernaciones, por lo tanto el auge de la construcción ha llevado al levantamiento masivo de grandes edificios. Muchas personas llegan a las ciudades en busca de mejores condiciones de vida y oportunidades laborales, justificando un alto crecimiento poblacional en el ámbito urbano, por esto el constante crecimiento de la población humana ha llevado a lo largo de la historia a establecer asentamientos urbanos en grandes urbes, aproximadamente la mitad de la población del mundo vive actualmente en ciudades, y se espera que esta cantidad aumente al 61% para el 2030 [1].

<sup>1</sup> Dairon Fernando Redondo Paredes. Redondo. Especialista en Preservación y Conservación de los Recursos Naturales. Email: fernando.redondo64@gmail.com

La construcción masiva de edificaciones genera diversos impactos ambientales al entorno, empezando por la intervención de áreas naturales, perjudicando las condiciones del suelo, bosques y biodiversidad presente en el lugar, además de generar grandes vertimientos de residuos contaminantes. Sin duda alguna la infraestructura es de suma importancia para generar una economía estable en una ciudad, pero se debe tener en cuenta que esta se podría desarrollar de una manera sostenible, mitigando en lo posible sus impactos en la salud de la comunidad y al medio ambiente. A esta problemática se suma la gran cantidad de población que habita en dichos edificios que por lo general son familias, de las cuales según su capacidad económica poseen automóviles o motocicletas como medio de transporte. La Agencia Internacional de energía ha estimado que el consumo de combustibles y las emisiones de CO<sub>2</sub> de automóviles a nivel mundial se duplicarán entre el 2000 y el 2050 [2]. La mayoría de las emisiones de gas de efecto invernadero que contribuyen al cambio climático global, provienen de zonas urbanas. Por consiguiente estas emisiones contribuyen a las condiciones del tiempo a escala local y global, y también a la modificación del clima [3]. Si se juntan las variables de reducción de espacios públicos como son las zonas verdes, con una gran cantidad de vehículos circulando diariamente, tendremos una alta contaminación atmosférica en determinadas zonas, además de otros tipos de contaminación indirecta como lo son la auditiva y visual.

Hoy día existen diversos tipos estructuras amigables con el medio ambiente en lo que se refiere a la construcción de edificaciones y desarrollo urbanístico, que se enfocan en la conservación de las zonas verdes trayendo consigo una gran cantidad de beneficios, esta metodología ya la han adaptado reconocidas ciudades en el mundo e incluso en algunas como es el caso de la ciudad de Chicago, Estados Unidos donde se tiene por ley la construcción de techos verdes en las edificaciones en el centro de la ciudad, otro ejemplo es la ciudad de Buenos Aires, Argentina que también está estudiando la reglamentación de este tipo de leyes. Estas experiencias sirven como un modelo a seguir por parte de nuestra ciudad y es una pequeña mirada hacia lo que depara el futuro de la urbanización. El crecimiento de la ciudad de Bucaramanga, más específicamente en la Meseta, ha generado un auge en el ámbito de la construcción en zonas donde el espacio público es cada vez más reducido.

El plan de Desarrollo 2012-2015 para la ciudad de Bucaramanga establece los lineamientos básicos

enmarcados a la construcción de un escenario de bienestar y de progreso a los habitantes de la ciudad, es un punto de partida donde se establecen las alternativas actuales de fomento de un crecimiento urbano sostenible para la población y el medio ambiente en la ciudad. El concepto de sostenibilidad es definido como la capacidad de conservar el capital natural, permitir que se rehaga y que, incluso a través del genio humano, pueda ser enriquecido para las futuras generaciones (Boff, 2012), la ciudad de Bucaramanga a través del Banco Interamericano de Desarrollo BID fue seleccionada en el 2012 como ciudad piloto para la iniciativa “Ciudades Emergentes y Sostenibles” en América latina, la estructuración de una ciudad sostenible garantizara que el espacio público sea proporcional a la población existente y que los recursos naturales presentes en ella se conserven y puedan brindar un beneficio a la comunidad.

## II. DESCRIPCION DEL PROBLEMA

### A. Reducción de espacios públicos

La demanda en la construcción urbana genera la reducción de espacios públicos, produciendo hacinamiento de estructuras en un área determinada, esto interrumpe indirectamente las corrientes de aire que circulan por dicha parte del sector. Ha quedado establecido que la reducción en la cobertura vegetal total incrementa la temperatura ambiente del aire en las áreas urbanas (Akbari, 1990).



Fig. 1. Panorámica Meseta de Bucaramanga.  
Fuente: Inrale.com, 2013.

Sumando lo anteriormente dicho con el tipo de material de construcción de las edificaciones, las cuales absorben el calor producido por los rayos solares durante el día, se crea un fenómeno llamado microclimas urbanos o islas de calor, es el nombre

que se usa para describir el calor característico tanto de la atmósfera como de las superficies en las ciudades comparadas con sus entornos no urbanizados. La isla de calor es un ejemplo de modificación climática no intencional cuando la urbanización le cambia las características a la superficie y a la atmósfera de la tierra [4]. Es decir los microclimas urbanos se entienden como los contrastes bruscos que hay de temperatura en pocos metros dentro de una zona urbanizada.

### B. Infraestructura, Población y Contaminación

El uso del suelo en las ciudades cuando se habla de infraestructura, involucra la disminución del espacio público, aumento de población y vehículos de transporte que generan diversos tipos de contaminación entre ellas la atmosférica, visual y auditiva. Estos tipos de contaminación afectan directamente al diario vivir de las personas que habitan el área, las fuentes móviles como los automóviles, motos y vehículos de transporte público generan la combustión de combustible a través de emisiones, perjudicando la salud de las personas. Por el área metropolitana de Bucaramanga, circulan a diario alrededor de 150.000 vehículos, los cuales están conformados en su mayoría por particulares que funcionan con combustible gasolina y públicos que utilizan diesel y gas natural vehicular, siendo éste sector productivo el que más influye en el deterioro de la calidad del aire en la ciudad [5].

Estudios epidemiológicos realizados en diferentes países han documentado la asociación entre el material particulado fracción respirable menor a 10

micras ( $\mu$ ) (PM10) y un mayor riesgo para contraer enfermedades respiratorias [6].

En el informe anual presentado por la Corporación de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), sobre el sistema de vigilancia de calidad del aire del área metropolitana de Bucaramanga del 2012 se realizó un estudio empleando las estaciones de muestreo de calidad del aire ubicadas en diversos puntos de la ciudad.



Fig. 2. Estación instalada en la Carrera 33 con Calle 52. Cabecera.

Foto: CDMB, 2013.

Con el objetivo de cuantificar la calidad del aire que respiran los habitantes estableciendo los parámetros estipulados por la norma, se creó un indicador llamado IBUCA que permite evidenciar cómo se encuentra la calidad del aire en Bucaramanga con respecto a los límites locales. Este indicador está relacionado con la afectación que tiene la contaminación del aire sobre la salud humana.

IBUCA	DESCRIPTOR	CALIFICACION EPIDEMIOLOGICA	COLOR
0 – 1.25	Bueno	La calidad de aire es considerada como satisfactoria y la afectación en la contaminación del aire es pequeña y no evidencia ningún efecto en la salud humana.	verde
1.26 – 2.50	Moderado	La calidad de aire es aceptable y no tiene ningún efecto sobre la población en general.	Amarillo
2.51 – 7.50	Regular	Aumento de molestias en personas con padecimientos respiratorios y cardiovasculares; aparición de ligeras molestias en la población en general.	Naranja
7.51 – 10.00	Malo	Agravamiento significativo de la salud en personas con enfermedades cardiacas o respiratorias. Afectación de la población sana.	Rojo
> 10.00	Peligroso	Alto riesgo para la salud de la población. Aparición de efectos al nivel de daño.	Violeta

Fig. 3. Descripción Epidemiológica del IBUCA. Fuente: CDMB, 2013.

El indicador es a dimensional y posee una escala de 0 a 10 que depende del grado de contaminación del aire. A continuación se presenta los resultados de la estación instalada en la Carrera 33 con Calle 52 (Cabecera, meseta de Bucaramanga) en el periodo comprendido desde Enero hasta Diciembre del año

2012. Los índices que en los meses analizados presentan condiciones regulares y en algunos meses malos son los relacionados con los parámetros Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y Material particulado (PM<sub>10</sub>).

ESTACION CABECERA Carrera 33 calle 52				
MESES	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	PM <sub>10</sub>
Ene-2012	4.91	0.38	1.39	7.29
Feb-2012	5.28	0.36	1.36	8.67
Mar-2012	5.75	0.45	1.31	8.68
Abr-2012	FS	FS	FS	FS
May-2012	FS	FS	FS	FS
Jun-2012	5.66	0.55	1.05	8.09
Jul-2012	3.21	0.53	1.42	5.28
Ago-2012	2.92	0.55	1.47	4.61
Sep-2012	2.64	0.62	1.35	6.15
Oct-2012	5.94	0.28	1.32	4.18
Nov-2012	7.64	0.29	1.08	5.50
Dic-2012	4.62	0.84	1.01	5.99

**FS = Fuera de Uso**

Fig. 4. Índice calidad de aire IBUCA, para diferentes parámetros. Fuente: CDMB, 2013.

Las afectaciones a la salud atribuidas al NO<sub>2</sub> en las personas abarcan:

- Cambios en la función pulmonar
- Daño en paredes capilares
- Síntomas de intoxicación aguda como ardor y lagrimeo en los ojos
- En largos periodos de exposición, alteraciones irreversibles en la estructura de los pulmones [7].

En cuanto a los efectos sobre la salud del PM<sub>10</sub> sobre las personas comprenden:

- Acumulación en el sistema respiratorio, llegando incluso a penetrar en los pulmones
- Incremento de las enfermedades respiratorias.
- Reducción de las funciones pulmonares
- Cáncer pulmonar [8].

Según el Observatorio de Salud de Santander [9], las poblaciones susceptibles (crónicamente enfermas), la contaminación externa es un factor de riesgo importante de la ocurrencia de síntomas respiratorios, junto con otras variables de tipo

personal y que este efecto negativo se presenta en sitios con concentraciones promedio diario de PM<sub>10</sub> que superan los 60 µg/m<sup>3</sup>.

### C. Fragmentación de hábitats

El desarrollo urbano, en forma diferente que en los paisajes naturales, trabaja contra la conservación de especies fragmentando los hábitats, interrumpiendo ciclos de disturbios naturales del paisaje o introduciendo diferentes ciclos (Miller, 1997). Para proteger la diversidad en las áreas urbanas, se depende mucho de bloques de vegetación nativa suficientemente grandes que se complementen entre sí, los espacios verdes son esenciales para el desarrollo urbano sustentable. Los parques, las plazas junto con los arboles urbanos no solo definen en gran medida la identidad y el atractivo de las ciudades: estos espacios abiertos contribuyen además a la calidad de vida de sus habitantes e intercambio genético de la biodiversidad que allí se radica, principalmente el de sus aves. Actualmente es común ver como diferentes tipos de infraestructuras se realizan en medio de parques y bosques ofreciendo viviendas o edificios con vista hacia zonas verdes.



Fig. 5. Construcción de edificación dentro del área del parque de las mejoras públicas, Bucaramanga  
Foto: Revista el Crisol, 2014.

### III. MARCO TEÓRICO

El término de infraestructura verde se instauró hacia el año de 1999 por el Servicio de Bosques de EEUU

con la idea de crear una red interconectada de áreas naturales algo parecido a la interconexión de líneas eléctricas o de comunicaciones. A partir de este concepto dicha idea ha ido evolucionando y se entiende como un sistema natural que soporta la vida sosteniendo flora, fauna y demás recursos naturales posibilitando los procesos ecológicos. Cabe resaltar que existen infraestructuras verdes que se adaptan al plano urbano y que cumplen el mismo objetivo.

En América Latina, muchas veces la propiedad privada y uso del suelo es guiado por el interés particular y no el público, es por esto que se ve como la construcción de infraestructura cada vez toma más fuerza. Los espacios abiertos al público como son los parques y zonas verdes no solo deben tomarse en cuenta como perspectiva social sino también como una idea de valorización sus atributos ecológicos. Según la OMS (Organización Mundial de la Salud), se recomienda para un habitante de ciudad un total de 9m<sup>2</sup> de espacio verde.

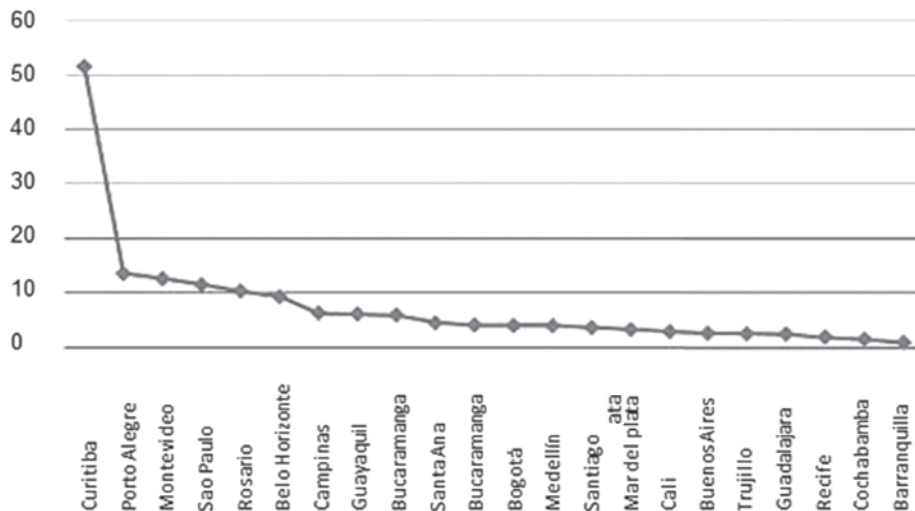


Fig. 6. Metros cuadrados de espacios verdes por habitante en América Latina. Fuente: BID [10], 2012.

Como lo muestra la tabla anterior, la ciudad latinoamericana pionera en conservación de espacios verdes es Curitiba, Brasil con aproximadamente 51m<sup>2</sup> por habitante. Mientras que la ciudad de Bucaramanga se encuentra con 8m<sup>2</sup> por habitante, cabe resaltar que según el plan de desarrollo de la ciudad (2012-2015) establece este valor solo como espacio público y no específicamente como espacio verde.

Los jardines verticales, techos verdes y parques lineales son conceptos que relacionan la

implementación de infraestructuras verdes urbanas con la conservación e instauración de zonas verdes abarcando los beneficios que estas traen para el medio que las rodean.

#### A. Jardines Verticales

El término de jardín vertical surge como un concepto que trata de aprovechar espacios verticales con vegetación, como son las paredes sin necesidad de un soporte de suelo. Dentro de sus características destacables, los jardines verticales poseen ligereza en

cuanto a su peso permitiendo así su fácil instalación en exterior o interior de casas y edificios. Esto no solo otorga valor estético en la edificación sino que también añaden diversos beneficios ambientales. El confort térmico dentro de áreas cerradas se convierte en un factor importante para la calidad de vida de las personas que allí habitan, los jardines verticales disminuyen la temperatura ambiente del recinto si son ubicados en paredes donde externamente se ven afectadas por el calor proveniente de los rayos del sol.

A través de la evo transpiración de las plantas, proceso natural por el cual el agua es evaporada hacia la atmosfera, se crea un enfriamiento del aire que es la manera que utilizan las plantas para refrigerarse. En el ambiente se crea una sensación de frescura similar al que se siente cuando se ingresa a un bosque. Esta disminución de la temperatura equivale a un importante ahorro de energía dentro del edificio, algo muy valorado en la construcción sostenible.

Otro beneficio a resaltar es el amortiguamiento sonoro, la contaminación acústica, tan importante y grave en las ciudades, se ve claramente reducida por el efecto amortiguador de las plantaciones. La disposición vertical de éstas provoca además la anulación del efecto rebote del sonido que existen tanto en áreas cerradas como abiertas.



Fig. 7. Jardín vertical ubicado en la Carrera 33, Bucaramanga.  
Foto: F. Redondo, 2014.

## B. Techos Verdes

Los techos verdes son estructuras vegetales ubicadas en la parte superior de un tipo de infraestructura, si bien se han utilizado durante mucho tiempo, hace tan solo unos pocos años que se comenzaron a apreciar sus ventajas. Actualmente existen dos tipos de techos verdes. El primero se hace llamar “intensivo”, el cual se caracteriza por tener vegetación abundante incluso árboles y arbustos, diseñados con frecuencia como lugares públicos que por lo general requieren profundidades de sustrato superiores a los 15 cm, esto quiere decir que la edificación debe ser estructuralmente sólida para soportar el peso que esta estructura verde requiere [11].



Fig. 8. Techo verde intensivo en el hotel “Coast Plaza, Vancouver”.  
Foto: Brad Rowe, 2011.

El otro tipo de techo verde es el catalogado “extensivo”, el cual a diferencia del intensivo, requiere de mantenimientos mínimos, a demás se construyen con profundidades de sustrato menores a 15 cm. Debido a la menor profundidad, las opciones de plantas a utilizar se limitan a las gramíneas, herbáceas perennes y anuales, entre otras utilizadas en jardinería. Debido al costo y a las restricciones de peso estructural, los techos verdes extensivos superficiales son los más comunes (Rowe, 2011).



Fig. 9. Techo verde extensivo en la planta de ensamblaje de "Ford Motor Company, Michigan". Foto: Brad Rowe, 2011.

El tipo de techo instalado puede tener un impacto significativo para el entorno, además de crear un lugar de esparcimiento a las personas, también ofrece diversos beneficios económicos y medio ambientales a tener en cuenta.

- *Captura de gases contaminantes*

Las plantas absorben gases contaminantes a través de sus estomas interceptando el material particulado con sus hojas, son capaces de descomponer compuestos como hidrocarburos poli aromáticos fijados en sus tejidos o en el suelo (*Baker and Brooks, 1989*). Se estima que 2.000 m<sup>2</sup> de hierba sin cortar en un techo verde puede eliminar hasta 4.000 kg de material particulado (*Johnson, 1996*).

- *Confort Térmico*

Disminuye la temperatura ambiente a través del enfriamiento por la proporción de sombra y por el fenómeno de transpiración, que a su vez disminuye las reacciones fotoquímicas que forman los contaminantes atmosféricos como el ozono en la atmósfera (*Rowe, 2011*).

- *Reducción Niveles Sonoros*

La vegetación de un techo verde más el sustrato de esta, va a absorber ondas sonoras a un grado mayor que las superficies duras convencionales, esto sucede porque los sustratos del cultivo tienden a ser gruesos, las ondas sonoras entran al espacio poroso y se atenúan por las numerosas interacciones con el sustrato (*Rowe, 2011*). Comparando la reducción sonora con un techo no vegetalizado las frecuencias

en el intervalo de 500 a 1.000 Hz tienen una reducción máxima de 10 dB (*Van Renterghem, 2008*).

### C. Parques Lineales

Un parque lineal es un corredor de espacios abiertos protegidos y manejados para la conservación y recreación, este se desarrolla a lo largo de un corredor natural, como un litoral, las riveras de un río o canal, los valles, las montañas, las servidumbres abandonadas de trenes o las rutas escénicas. En el caso urbanístico se aplica idealmente en separadores de vías. Es un sistema de veredas para peatones y ciclistas que provee y mejora el acceso a las facilidades de recreación al aire libre y permite el disfrute de los recursos naturales y escénicos.



Fig. 10. Parque lineal ubicado sobre la Calle 94 con Carrera 16, Norte de Bogotá D.C. Foto: F. Redondo, 2014.

Este espacio llamado parque lineal además de contar con árboles y arbustos también cumple la función de interconectar zonas verdes aisladas entre sí, trayendo consigo beneficios ambientales como:

- *Tránsito de biodiversidad*

La asociación de la biodiversidad y los ecosistemas urbanos están usualmente relacionados al impacto de la urbanización sobre estas. Sin embargo los conceptos de biodiversidad pueden fácilmente

adaptarse al plano urbano, más específicamente a sus ecosistemas. A medida que más y más personas viven en las ciudades, la restauración, conservación y mejora de la biodiversidad en las zonas urbanas se vuelven cada vez más importantes. Los ecosistemas urbanos son usualmente examinados en términos de su impacto sobre la biodiversidad (Middleton, 1994).

La fragmentación de las áreas influye en la biodiversidad de especies, por eso es importante resaltar la función que cumplen los corredores de vegetación que unen las áreas verdes urbanas con los hábitats rurales, estos mantienen y mejoran la variedad de especies, específicamente en las aves (Searns, 1993), además facilitan los movimientos y velan por la colonización de los espacios naturales aislados (Clergeau, 1998). Un aumento en el volumen y diversidad de la vegetación en una ciudad aumentaría la abundancia y diversidad de aves, este enfoque puede ser aplicado a todas las escalas espaciales.

- Reducción gases contaminantes

En las zonas urbanas, los árboles han demostrado proporcionar una significativa contribución a la reducción de los contaminantes del aire (Akbari, 2001). En Estados Unidos se estimó que los árboles remueven 711.000 toneladas métricas por año (Nowak, 2006).

- Espacios de esparcimiento

Estos tipos de lugares se prestan para que las personas realicen sus jornadas de ejercicio o actividades al aire libre como pasear en bicicleta o interactuar con sus mascotas. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), En los últimos años la actividad física se ha reducido. Entre el 60 y el 80% de la población mundial lleva una vida sedentaria, a demás la falta de actividad física es la causa directa de dos millones de muertes al año, que se podrían evitar con la práctica de 30 minutos diarios de ejercicio moderado (OMS, 2009).

#### IV. ANTECEDENTE COMO RESULTADO EXITOSO

Chicago ocupa el primer lugar en ciudades de América del Norte con mayor cobertura vegetal en sus techos. Según Taylor (2007), los techos verdes instalados en Chicago abarcan 300 edificios que resultan un total de 27,87 hectáreas para Junio de 2007. En el 2006 se realizo un recuento en de los techos verdes en Chicago, a través de fotografías aéreas, las cuales fueron tomadas de diferentes

ángulos. La ubicación, el tamaño y el tipo de construcción eran claramente interpretados a través de la metodología. Según la información recogida, los techos verdes en la ciudad de Chicago ocupan el 23.86% de la zona urbana.



Fig. 11. Techo verde en el “Chicago’s City Hall” ciudad de Chicago, EEUU. Foto: William McDonought, 2003.

El total de la remoción del aire contaminante por las 19.8 hectáreas de techos verdes fue 1675 kg entre agosto del 2006 y julio del 2007. Entre los cuatro contaminantes del aire, la absorción de Ozono (O3) fue la más grande (52%), seguido del NO2(27%), PM10(14%), y SO2(7%). Estacionalmente, la mayor cantidad de absorción sucedió en mayo y la más baja en febrero.

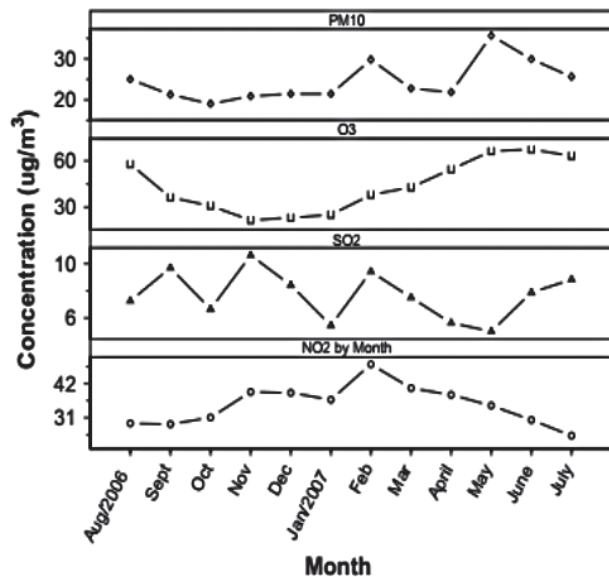


Fig. 12. Monitoreo de calidad del aire en la ciudad de Chicago, EEUU.



## V. CONCLUSIONES

La urbanización puede mitigar sus impactos a través de la comprensión ciudadana de las propiedades que trae consigo las coberturas vegetales, la conservación de los recursos naturales es indispensable si se piensa hablar de un verdadero desarrollo sostenible urbano. Algo importante en el desarrollo urbanístico de la ciudad es realizar una planeación vial y de infraestructura que permita un recorrido mantenido y fluido de los vehículos, de esta manera evitar tráficos lentos que aumenten las concentraciones de contaminantes en sectores donde transitan gran cantidad de vehículos y de personas, es necesario seguir promoviendo el uso y la optimización del transporte masivo con el fin de disminuir la cantidad de vehículos (fuentes móviles de contaminación) circulantes en la ciudad. El mantenimiento de los parques y las interconexiones entre sí a través de la implementación de parques lineales, proporcionaran beneficios como el aumento de la biodiversidad presente en la ciudad involucrando principalmente a las aves.

La concepción de los techos verdes aplicables a las infraestructuras de la ciudad, como un soporte para mitigar la contaminación atmosférica, es un punto clave a tener en cuenta por parte de los entes que formulan las directrices del desarrollo urbanístico, es bueno tomar los efectos positivos de esta alternativa planteada en otros lugares del mundo para verificar que dichas medidas traen beneficios cuantificables tanto económica como ambientalmente. En síntesis las áreas urbanas necesitan de una interacción social y ambiental para generar beneficios a los seres vivos que allí se congregan, incluyendo los seres humanos. Implementando actividades de esparcimiento cultural donde la gente se involucre cada vez más con los parques y zonas verdes de la ciudad, su apreciación y su posterior sentido de pertenencia.

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga y a sus profesores tanto del departamento ambiental como el cultural, por permitirme explorar las diversas facetas que expone el estudio a nivel de pregrado y posgrado.

## REFERENCIAS

- [1] United Nations Population Fund. 1999. The State of World Population 1999. New York: UNFPA.
- [2] Meade J. Transición energética y el aprovechamiento sustentable de la energía, sener. México 2011.
- [3] Crutzen, P. J. 2004. New Directions: The growing urban heat and pollution island effect-impact on chemistry and climate. Atmospheric Environment.
- [4] James A. Voogt. 2008, Heat Islands in Urban Areas. American Institute of Biological Sciences.
- [5] Campos M. Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire Metropolitana de Bucaramanga, Coordinación de información e investigación ambiental, Informe anual 2012. Marzo de 2013.
- [6] Delfino R. Epidemiologic Evidence for Asthma and Exposure to Air Toxics: Linkages between Occupational, Indoor, and Community Air Pollution Research. Environ Health Perspect. 2002.
- [7] Health and Environmental Effects Nitrogen Dioxide. Environmental Protection Agency (EPA).
- [8] Valores guía para contaminantes clásicos, según la OMS, basados en efectos conocidos para la salud.
- [9] Velázquez J., Contaminación atmosférica y sus efectos en la salud de Bucaramanga. Revista del Observatorio de Salud Pública de Santander, año 5, número 1, Abril del 2010.
- [10] HORACIO T. Especialista Líder de Agua y Saneamiento del BID, Iniciativa ciudades emergentes sostenibles, Espacio verde publico en ciudades de Latinoamérica, 2012
- [11] Rowe B. ENVIRONMENTAL POLLUTION. Green roofs as a means of pollution abatement. Contents lists available at ScienceDirect. Michigan State University.

## BIOGRAFIA



Dairon Fernando Redondo Paredes. Ingeniero y Especialista Ambiental de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga. Intereses de investigación en tecnologías urbanas sostenibles y preservación de los recursos naturales.