



UNIVERSIDAD EAN

**ANÁLISIS DE LA IMPORTANCIA DE ESPACIOS VERDES Y TECNOLOGÍAS VERDES
REDUCTORAS DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA EN LA CIUDAD DE
BOGOTÁ**

AUTORES

CARLOS EDUARDO JAIME YATE, INGENIERIA AMBIENTAL

FRANCISCO JAVIER GARCÍA CARDOZO, INGENIERIA EN ENERGÍAS

JOSE LUIS MANRIQUE DIAZ, INGENIERIA AMBIENTAL

PROFESOR

JULIEN GWENDAL CHENET

FACULTAD DE INGENIERIA

BOGOTÁ, 2022

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. OBJETIVOS.....	7
2.1 OBJETIVO GENERAL	7
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	8
3. JUSTIFICACIÓN	8
4. DEFINICION DEL PROBLEMA	9
6. MARCO DE REFERENCIAS.....	12
6.1 Contaminación en Bogotá.....	12
6.2 Atmosférica, de suelos y aguas y sus niveles	14
6.3 Problemas generados por contaminación en ciudades	18
6.3.1 Económicos	19
6.3.2 De Salud pública.....	20
6.3.3 Ambientales	21
6.4 Ejemplos de utilización de espacios verdes para la reducción de la contaminación	22
6.4.1 Ciudad de México.....	23
6.4.2 Región de Estocolmo	24
6.5 Infraestructura verde.....	25
6.5.1 Techos verdes	26
6.5.2 Paredes verdes.....	29
6.5.3 Calles Arboladas e Infraestructura verde.....	30
7. ANÁLISIS DE RESTRICCIONES	31
8. METODOLOGIA PARA EL DESARROLLO DE LA SOLUCION.....	34
8.1 Guía de infraestructuras verdes a implementar en el ecosistema urbano	36
8.2 Análisis económico y ventajas de los sistemas a nivel ambiental	39
8.3 Mitigación de impactos y análisis de viabilidad técnica	44
9. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	45
10. CONCLUSIONES	48
REFERENCIAS	49

Lista de Tablas

Tabla 1 Objetivo general e intermedios de la OMS respecto a la concentración de material particulado (PM).....	15
Tabla 2 Objetivo general e intermedios de la OMS respecto a la concentración de material particulado (PM).....	18
Tabla 3 Entidades con procesos presentados a la (SJD) en el distrito de Bogotá.	20
Tabla 4 Análisis de variables medibles por estación la ciudad de Bogotá.....	21
Tabla 5 Sistemas de jardines verticales.....	29
Tabla 6 Restricciones posibles primera línea, aspectos Ambientales.....	32
Tabla 7 Restricciones posibles segunda línea, aspectos económicos y de planeación para la formular infraestructura verdes en zonas urbana).....	33
Tabla 8 Restricciones posibles tercera línea, aspectos sociales y guía para determinar las infraestructuras oportunas en zonas verdes de carácter urbano)	33
Tabla 9 Infraestructuras verdes en zonas urbanas disponibles, Instituto Humboldt)	34
Tabla 10 Categorías de zonas verdes y descripción para zona urbanas.....	43

Lista de Figuras

Figura 1 Mapa de iso-concentraciones de PM10 en Bogotá.....	6
Figura 2 Distribución del arbolado urbano de Bogotá, por sistema y tipo de emplazamiento. 7	7
Figura 3 Proyecciones en el Plan de desarrollo para la ciudad de Bogotá.....	10
Figura 4 Nivel de urbanización por continentes 1925 a 2025	11
Figura 5 Datos de concentraciones en agentes contaminantes vs los casos de enfermedades respiratorios	20
Figura 6 Total de hectáreas de cubierta vegetal.....	23
Figura 7 Superficies de Estocolmo	24
Figura 8 Infraestructuras verdes	25
Figura 9 Techos Intensivos.....	27
Figura 10 Techos Semi-Intensivos.....	28
Figura 11 Techos Extensivos.....	28
Figura 12 Infraestructuras Verdes Sostenibles es un espacio urbano, Instituto Humboldt....	31

RESUMEN

Según comunicaciones recientes, realizadas por parte del IPCC (Panel Intergubernamental del Cambio Climático), se resalta la cantidad exponencial de variaciones climáticas presentadas en las regiones de Colombia y sus áreas urbanas poseedoras de una variedad ecosistémica vital. Así mismo, exponen que la intervención desproporcionada del hombre en función de incrementar los procesos productivos basados en un desarrollo integral de la población son las causas relacionadas con las variaciones climáticas que se presentan. Con base en el informe del IPCC, para 2021 la desestabilización congregada en las zonas urbanas se intensifica con el aumento de la temperatura entre (1,5 y 2 °C); Las afectaciones a causa de las constantes precipitaciones y mala calidad del aire genera la creación de propuestas a nivel intergubernamental y asociaciones ambientales en busca de mitigar los efectos causados por la actividad humana.

Las diferentes actividades humanas que involucran la intervención de los hábitats y posterior modificación del sistema natural de suelos y el entorno nativo, generan una serie de impactos en el medio ambiente; estos pueden ser de carácter positivo como negativo. Los impactos a tratar se clasifican en determinadas irregularidades relacionadas con la intensificación de las precipitaciones y las constantes olas de calor que logran atenuar o degradar los espacios urbanos y alrededores del ecosistema presente, no obstante, la contribución por parte de zonas verdes en el entorno urbano, que se enmarcan en el apartado del análisis de restricciones, globaliza las cantidades y beneficios por su implementación.

Para dicha ciudad y sus zonas urbanas como lo es Bogotá, la calidad del medio ambiente por multiplicidad de intervenciones del hombre ha ido deteriorándose. Esta intromisión del entorno ambiental puede ser de carácter benefactor o irruptivo, se generan debido a la multiplicidad en las actividades relacionadas con aspectos económicos, de infraestructura y manejos socioambientales e industrializados. Dicho esto, se enfatiza la importancia de implementar estrategias ambientales, tecnologías e infraestructura verde propicia para la restauración del medio ambiente que cuenten con características hídricas y de biodiversidad para la restauración de las diferentes zonas urbanas de Bogotá.

Según el Instituto Humboldt, las zonas verdes mantienen una distribución heterogénea con alrededor de 17 infraestructuras para áreas urbanas, entre ellas se pueden señalar las calles arboladas, techos y paredes verdes, jardines privados, sistemas urbanos de drenaje sostenible. Ruíz, D., Ibañez, A & Saldaña, A. (2021). Asimismo, los parques lineales, corredores ecológicos urbanos y demás componentes o sistemas en infraestructura verde urbana que benefician al ecosistema. Dichos componentes, subdivisiones o mejor conocidos como tipos de infraestructura, son esenciales para un óptimo desarrollo y aporte significativo en materia de mejoramiento de suelos, reducción de zonas de calor en aumento y mitigar factores que directa e indirectamente se contienen en estas zonas y perjudican a la sociedad en particular. Así mismo, con la implementación de estas estrategias, se podrá tener una mejor calidad de vida, reducir las emisiones que se generan, tener un mejor manejo del agua y generar una red de concientización a la población de Bogotá sobre la trascendencia que implica la implementación de nuevas estrategias con el objetivo de conservar el medio ambiente.

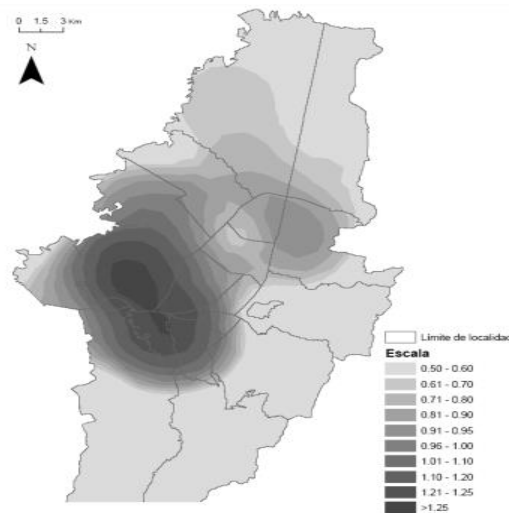
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las conductas culturales del manejo de todo impacto ambiental son un problema que tenemos desde el medioevo, implicando costumbres dañinas las cuales se deben trabajar, el concepto de basura es muy reciente, solo se remonta a la creación de las primeras metrópolis, el término calentamiento global fue controversial, aun en este siglo con las pruebas y cifras claras en la mano estos problemas también tienen sus contrapartes que acumulan una serie de objetivos los cuales no están alineados con los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible); Bogotá tiene varios proyectos que están enfocados en esta visión internacional, que no solo le dan valor a la ciudad en varios aspectos sino que mejora muchas cifras que hoy son un problema, podemos ver el ejemplo de Nueva York que desde su crecimiento venidero empezó a crear estrategias desde el gobierno con un fuerte pulso económico (Havranek,2010)

En Bogotá se puede ver, gracias a las cifras de la secretaría de ambiente (2018), que el problema en su forma más notoria está en el occidente de la ciudad por el sector de Fontibón, adicional a esto, a las afueras de la ciudad están ubicados parques industriales y fábricas en general que tienen un impacto considerable, sin embargo, esto es un modelo desarrollado por Mosquera, lo que indica que el principal campo de acción para implementar el proyecto debe ubicarse en el occidente de la ciudad. Además, gracias a esta misma referencia podemos

concluir que durante el periodo 2015-2018 se registró, en cuanto a emisiones, que las fuentes móviles se encontraban al doble que las fijas, por lo que esto evidencia los problemas que tienen los automotores no solo por ser una cantidad grande sino porque su tecnología es de hace más de 30 años, esto no solo emite material particulado sino otros contaminantes químicos que son emitidos a la atmosfera que la hace más densa para que el PM pueda sostenerse con más estándar de peligrosidad.

Figura 1 Mapa de iso-concentraciones de PM10 en Bogotá

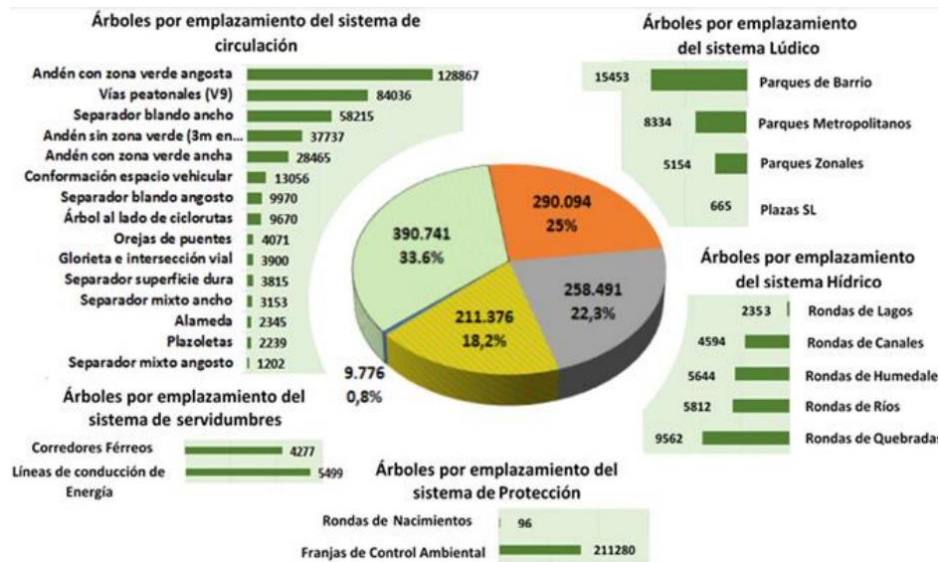


Fuente: Secretaría de Ambiente (2018)

Tenemos un 11% de casos, según la secretaría de salud (2018), donde el diagnostico medico de toda la localidad de Fontibón fue por afectaciones relacionadas con el sistema respiratorio, sin contar las enfermedades oculares que también se pueden contabilizar ya que el material particulado puede afectar a largo plazo los ojos y también puede haber irritación en los mismos por exposición a químicos volátiles tóxicos e irritantes.

La distribución del arbolado en Bogotá se le atribuye sobre todo a parques y a zonas aledañas al paisaje urbano como por ejemplo los humedales y lagunas, a pesar de que tenemos según el SIGAU (2018) 390.741 árboles en los andenes y separadores viales, no es satisfactoria la cifra de 1 árbol por cada 6,41 personas (Franco.R,2015), necesitamos aumentar esta cifra ya que las emisiones de un colombiano promedio son de 1,60 toneladas métricas de CO2 al año mientras que un árbol solo puede absorber en promedio unos 150 kg. (J.C. García 2011)

Figura 2 Distribución del arbolado urbano de Bogotá, por sistema y tipo de emplazamiento



Fuente: Sistema de Información para la Gestión del Arbolado Urbano (SIGAU)

1. INTRODUCCIÓN

En el documento se compone de unos antecedentes, planteamiento del problema, seguido del objetivo general y los objetivos específicos, sigue el marco teórico en el cual se explican los conceptos referentes del tema en mención y una cuarta parte se precisó la metodología de investigación que se aplicó, con sus conclusiones sobre la importancia de los espacios verdes y tecnologías reductoras de la contaminación en la ciudad de Bogotá.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Identificar las diferentes ventajas que proporciona la implementación estratégica y tecnológica de espacios verdes, así como sus factores limitantes en su instalación, con la finalidad de disponerlas en zonas urbanas de la ciudad de Bogotá como medida de mitigación de los impactos antrópicos.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Establecer un análisis guiado que logre explicar los elementos, estructuras verdes y sus ventajas y las capacidades de dichas tecnologías en la mitigación de los impactos generados por los asentamientos humanos.
- Contrastar la estructura económica de este tipo de sistemas con las ventajas ambientales que estos conllevan como elementos de mitigación de los impactos antrópicos.
- Analizar la viabilidad técnica y social de dicho modelo en zonas urbanas para ciudades como Bogotá

3. JUSTIFICACIÓN

El trabajo de investigación y su respectivo desarrollo se basa en el señalamiento de una serie de beneficios en aspectos socioambientales por la implementación de espacios verdes que logran ejercer una metamorfosis en cada sitio localizado.

Según el Instituto Humboldt, se resalta una variedad multifuncional por parte de los servicios estructurales y ecológicos de tipo urbano, dichas funciones son de aspecto ecológico y de carácter social. Por ello, el Instituto Humboldt ordena 6 tipos de servicios estructurales para las zonas urbanas, dichas estructuras son las siguientes: Áreas naturales, las cuales se componen por su mayoría de coberturas verdes sin la intervención o transformación humana, por otra parte, las estructuras compuestas por fragmentos de bosque y cañadas, los parques metropolitanos, andenes y jardines arbolados, parques de bolsillo y el arbolado urbano compuesto por paredes y techos verdes. (Azcárate, J, 2018)

Para añadir un ítem fundamental, se plantea generar un contexto operativo para estos sistemas verdes que fortalece el propósito del proyecto, allí se evidencia, intensifica, ordena y coloca a disposición toda la actividad y ventajas en problemas ambientales que puede atenuar, ejemplo de ello, son las regulaciones climáticas por parte de una de las estructuras mencionadas anteriormente. Los jardines arbolados, disminuyen la temperatura local en un rango de 10 °C, de igual manera, las coberturas por parte del arbolado urbano pueden complementar la reducción hasta en un 1 °C variable. Dicho esto, se determina que las diferentes estructuras son complementos óptimos para las zonas urbanas, así mismo, se concluye que la variedad de

sistemas verdes en las zonas urbanas de la ciudad se adecúa a diferentes sistemas estructurales verdes por temas de espacio, necesidades ambientales, eficacia, y resistencia al entorno. (Corzo, G. T, 2007).

“Las coberturas vegetales aportan beneficios sociales que contribuyen al mejoramiento de la calidad de vida de la población, dentro de los cuales se destacan 2 ítems principales, el control de la contaminación, así como de vectores y olores, igualmente, contribuyen a la construcción de paisaje mediante la creación de espacios y subespacios en el ámbito urbano, generando con ello aportes de tipo estético, cultural, simbólico y el mejoramiento del bienestar físico y psicológico mediante el ofrecimiento de espacios de recreación, educación y descanso”. Archbold Martínez, I., Vargas Robles, J. E., & Oviedo Vargas, E. (2018).

Por último, el proyecto se realiza enfocado en lograr una interacción y conocimiento a la sociedad, el cual establece y promueve una mejora continua a zonas urbanas, las cuales por aumentos de contaminación se enfocan en una intervención y proceso transformador al entorno en ciudades como Bogotá. Así mismo, la valorización de dichos espacios por parte de las entidades ambientales y de carácter social que logren incentivar los procesos de transformación en el entorno, con programas a nivel distrital que van de la mano con incentivos en los lugares que se orienten para su posterior implementación.

4. DEFINICION DEL PROBLEMA

En la ciudad de Bogotá, se evidenciaron una serie de dificultades medioambientales que se han desarrollado a causa de actividades industriales, sociales y de transporte por parte de la población en la ciudad de Bogotá. Un inconveniente primario es la contaminación del aire, que es un problema recurrente donde se tiene en cuenta la cantidad de partículas y contaminantes que están presentes en la atmosfera. La entidad IBOCA (Índice Bogotano de Calidad del Aire y Riesgo en Salud) mantiene un análisis de los agentes perjudiciales, como el material particulado PM_{10} , $PM_{2.5}$ y el ozono O_3 , dicha contaminación atmosférica, se encuentra asociada a parques automotores sobre las principales avenidas de la ciudad. Muestra de ello, son las avenidas 7° y 15°, siendo las principales arterias de comunicación a nivel transporte como las autopistas de la ciudad de Bogotá y las industrias extractivas de

materiales para construcción ubicadas en la carrera 7° entre calles 128 y 190. (De Usaquén, Localidad, y Jardín Botánico José Celestino Mutis, 2017)

El Plan Distrital de Desarrollo para Bogotá (2020-2024) proyectó una serie de 5 propósitos con el fin de mitigar y dar cumplimiento a los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible) para el año 2030, dicho propósito se contempla en cambiar los hábitos de la población de la ciudad en general para reverdecer a Bogotá y adaptarse de manera eficiente a la crisis climática, por consiguiente, el concejo de Bogotá enmarca el Acuerdo No. 761 de 2020; allí especifica los lineamientos a seguir: un plan de desarrollo basado en la triada de sostenibilidad ambiental, social y económica que busca mitigar el daño de los niños y adultos vulnerables por causa de los contaminantes atmosféricos. (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2020).

El enfoque de estos propósitos, se enmarca por la alteración de los ecosistemas naturales y la búsqueda de la mitigación y obtención de logros ambientales para la ciudad, por ello, traza una serie de metas progresivas hasta el año 2024 en cada ítem socioambientales y económico para la población de cada localidad sin exclusión alguna. La siguiente gráfica, determina dichos objetivos en materia de porcentajes entidades que respaldan las metas proyectadas.

Figura 3 Proyecciones en el Plan de desarrollo para la ciudad de Bogotá

Metas Trazadoras	Indicador	Línea Base	Fuente y año	Meta 2024
Reducir en el 10% como promedio ponderado ciudad, la concentración de material particulado PM10 y PM2.5, mediante la implementación del Plan de Gestión Integral de Calidad de Aire	Porcentaje de reducción en la concentración promedio ponderado de material particulado PM10 y PM2.5 en la ciudad	Promedios anuales año 2019 PM10 promedio ponderado ciudad: 38,3 µg/m3 PM2.5 promedio ponderado ciudad: 19,7 µg/m3	SDA, 2019	10% de reducción en la concentración promedio ponderado de material particulado PM10 y PM2.5 en la ciudad PM10 promedio ponderado ciudad: 33,9 µg/m3 PM2.5 promedio ponderado ciudad: 17,4 µg/m3
Plantar 802.000 individuos vegetales en área urbana y rural	N° de individuos vegetales plantados en área urbana y rural	464.522	JBB;2019	802.000 individuos vegetales plantados en área urbana y rural
En cumplimiento de la sentencia de los cerros orientales y el Decreto 4485 de 2015 poner en marcha de forma participativa senderos y zonas de uso público convocación ecológica en la franja de adecuación de los cerros orientales	Numero de km en senderos en operación/ Numero de zonas de uso público con vocación ecológica	50 km de senderos existentes parque del agua (0,39ha) diseño de tres parques (Zuque, parque Nacional y Arboleda Santa Teresita)	SDP 2020	Asegurar que los 50km de senderos estén en operación y habilitar 10 km nuevos de senderos y tres zonas de uso público, con

Fuente: Bogotá, Alcaldía Mayor. (2020). (PDES) Plan de desarrollo económico, social, ambiental y de obras públicas del Distrito Capital, 2020-2024

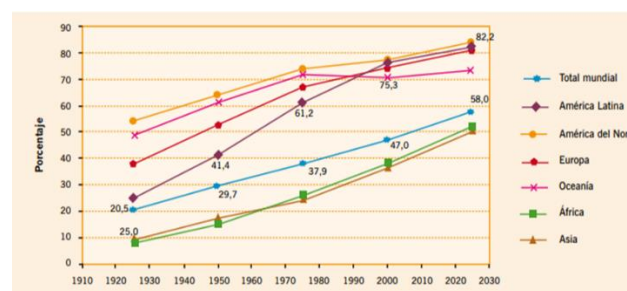
Esta contaminación que se está generando puede afectar la calidad en cada sector de la vida en los habitantes del entorno y de los ecosistemas que interactúan con esta ciudad, se podría

ver afectada hasta el punto de no retorno, por sobrepasar la capacidad de resiliencia de estos ecosistemas o perder la capacidad de cumplir con las necesidades que se tiene, es decir, la previsión continua de servicio eco-sistemáticas de calidad. Mediante la implementación de nueva estrategias y tecnologías, las personas podrían reconocer en magnitud la cuantía que la protección del ambiente y el compromiso que todo tenemos con este, así mismo, con estas nuevas estrategias poder mejorar sustancialmente la calidad del ambiente y su entorno en la ciudad de Bogotá. Por otro lado, establecer el beneficio real de las zonas verdes urbanísticas, como elementos que participan directamente a la mitigación de los impactos humanos, así logrando determinar la importancia de espacios verdes y técnicas reductoras de la contaminación en la ciudad de Bogotá y facilitar su implementación. (Guevara & Pachón, 2019)

5. ANALISIS DE REQUERIMIENTOS

Según Chiesura (2004) en su estudio del impacto de la vegetación en la ciudad de Chicago, el aumento de zonas verdes redujo de forma notable la inseguridad y tuvo más impactos positivos aparte de la mejora de la calidad del aire, también se redujo el nivel de miedo urbano y comportamientos agresivos. Además, la reducción en el aire contaminado por material particulado, que es directamente proporcional con el alza de actividad física y esto mejora la salud de la población beneficiada por este tipo de organización basado en el bienestar humano, por eso el conflicto a solucionar es el desarrollo urbano junto la sostenibilidad, ya que es cada vez más el porcentaje de población que llega a las ciudades (figura 4), según el centro de investigación sobre dinámica social de la UNFPA y la universidad del Externado de Colombia (2007).

Figura 4 Nivel de urbanización por continentes 1925 a 2025



Fuente: Guízar.R.(2017) Desarrollo organizacional.

Nuestro enfoque basado en ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible) tiene retos específicos y particulares por aplicar en Bogotá que desde sus orígenes se asentó con fines y objetivos de la colonia que era obtener oro (Rienda & Rodríguez, 2019), la leyenda del Dorado en la laguna de Guatavita hizo que Bogotá fuera una de las pocas capitales en América sin tener vías fáciles de acceso y a pesar de que en ese entonces se diseñó a Colombia con vías de acceso para la capital emergente, esto tiene sus retos ambientales para ciudades como Bogotá ubicada en el corazón de una de las cordilleras de formación geológica más joven como lo es la cordillera oriental de los Andes perteneciente a Colombia, lo que a pesar de presentar diferentes posibles soluciones, no nos permite tomar todos los problemas, pero si contar con la ventaja de que la capital tiene en su perímetro todos los pisos térmicos lo que permite plantear soluciones en diferentes tipos de plantas que se puedan empezar a cultivar para su respectiva utilización en estrategias como cultivos verticales, cultivos en terraza y centros de conservación de algún tipo de especie (Cala, 2018).

Las manifestaciones culturales dentro de una comunidad son un arraigo muy importante y se necesita tener un impacto en este aspecto ya que al implementar un proyecto es relevante que la población se apropie del mismo y por tanto cuide su progreso y resultados, lo que garantiza duración y hasta colaboración exponencial de la comunidad, como se ha evidenciado que funciona en la práctica (Burbano, 2013), de la mano con aplicaciones técnicas de carácter cuantitativo en ciudades como Bogotá que demarcan una diversidad particular. Se necesitan estrategias que fundamenten las bases al dar soluciones para que una ciudad sea más sostenible sin tener que generar grandes cargas sobre las personas o sobre el desarrollo económico de la ciudad. Se tienen criterios de Cradle to Cradle, que dejan en alto la economía circular como una solución y como la unificación entre el consumo y la sostenibilidad que trata de dejar a un lado el concepto de residuo para reincorporarlo a la cadena de producción de otro producto o como materia prima de otro proceso relacional o de otra índole.

6. MARCO DE REFERENCIAS

6.1 Contaminación en Bogotá

La contaminación en Bogotá va ligada al aumento de los sistemas urbanos e industriales los cuales generan una serie e impactos para el medio ambiente en la ciudad de Bogotá, lo cual

genera que la calidad de diferentes características físicas y químicas que hay en el ambiente cambien y con esto lleguen a afectar la calidad de la salud de los seres vivos que habitan en un ecosistema. (Maldonado, 2009)

Ahora bien Bogotá tiene una serie de complicaciones ambientales por la mala supervisión que se le hace a las actividades antrópicas que interactúan con el ecosistema, uno de los puntos críticos que tiene la ciudad es el manejo de los residuos puesto que la ciudad genera aproximadamente 7.500 toneladas de residuos cada día y acerca del 16% de estos se logran aprovechar, esto indica que aproximadamente el otro 84% de estos van a parar en el relleno sanitario, lo que indica que no se está haciendo un manejo eficiente de los residuos generados en la ciudad. (Aguilar, 2022)

Por otro lado, respecto a la contaminación del recurso hídrico, esta radica en la contaminación que se presenta en el río Bogotá, donde en el transcurso del río se crean una especie de vertederos ilegales en los que no se tienen en cuenta ninguna legislación sobre la disposición final de estos desechos, así, evidenciando que la contaminación que generan estas malas prácticas genera un 80% de la contaminación del río Bogotá. (Corporación Autónoma Regional, 2022)

Ahora bien, el punto más crítico que tiene la ciudad radica en la calidad de aire que se está registrando atribuido a las actividades antropogénicas, las cuales superan los máximos permisibles de los contaminantes que pueden estar en el aire, lo cual genera una serie de problemas para la salud de las personas y para la calidad del medio ambiente de una forma tanto local como global, puesto que muchos de estos contaminantes, los cuales son gases de efecto invernadero, están aportando para que el cambio climático aumente y con esto ponga en riesgo todo el planeta. Por consiguiente, es de suma importancia que Bogotá empiece a implementar diferentes alternativas o estrategias medio ambientales con el fin de mitigar estos impactos generados por las actividades humanas. (Universidad Nacional de Colombia, 2022)

Por otro lado, todos estos impactos ambientales negativos que se encuentran en las ciudades pueden generar una reducción de la calidad de la salud de las personas, lo cual genera la necesidad de implementar nuevas alternativas que mitiguen estos impactos en la sociedad,

entre estas alternativas se encuentra la infraestructura verde, lo cual tiene como objetivo reducir y mejorar la calidad del medio ambiente en las ciudades sin afectar o alterar de una manera negativa el ecosistema urbano. (Maldonado, 2009)

6.2 Atmosférica, de suelos y aguas y sus niveles

Atmosférica

Según Iqair (2020) Bogotá tuvo el promedio anual de $14,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en concentraciones de $\text{PM}_{2,5}$ en 2020, y tuvo $13,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año 2019. Esta variación anual tuvo un curioso aumento dadas las circunstancias de aislamiento y cuarentenas que reducían temas como movilidad, un factor muy importante en materia de material particulado en Bogotá, sin embargo, puede atribuir estas condiciones al aumento del consumo de implementos para el hogar y otras actividades productivas que se dispararon después del modo de operar en la ciudad teniendo así una estimación de AQI moderado. Bogotá, al ser clasificado en su calidad de aire en esta categoría es objeto de estudio y de constante monitoreo ya que esto puede aumentar proporcionalmente con enfermedades respiratorias, oculares, afectaciones a personas con comorbilidades, a niños y personas de la tercera edad.

El Plan Decenal de Descontaminación del Aire para Bogotá, que tiene sus tareas fundamentadas en decretos como lo es el Decreto Distrital 98 de 2011 (Alcaldía de Bogotá, 2011), se proyecta para la disminución de índices de contaminación ambiental a nivel atmosférico y con el fin tener una calidad del aire sostenible dentro de la ciudad; Además las estrategias que se han desarrollado tienen varios ejemplos tangibles como se ve a continuación:

El objetivo central del PDDAB (Plan Decenal de Descontaminación del Aire para Bogotá), tiene como enfoque la disminución de un 60% de emisiones en contaminantes dentro de los más comunes desde la medición del 2008 hasta lo que se va a alcanzar en el 2018, y esta medición tiene como componentes principales la localización de concentraciones de: dióxido de azufre (SO_2), dióxido de nitrógeno (NO_2), monóxido de carbono (CO) y ozono (O_3).

Según la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA, 2021a, p. 13) y según las solicitudes de la Veeduría Distrital, los datos más acertados en el 2008 de material particulado era de 2446 toneladas/año, y haciendo el mismo método que se utilizó en 2008 donde se estimaron las

mismas condiciones y objetivos de muestreo mostraron que las emisiones en fuentes móviles y fuentes fijas para el año 2018 estuvieron estimadas en 1951 toneladas/año, eso significa una reducción del 20% anual de los datos del 2008 que se compararon en todo ámbito.

Lo que permite percibir cuantitativamente que hubo una mejoría en la reducción del PM, pero no se alcanzó el objetivo que se tenía de 1250 toneladas/año para el 2018. Por otro lado, en cuanto al cumplimiento de la norma vigente de calidad del aire en PM, para el material particulado PM10 se pudo apreciar que la reducción de la concentración atmosférica fue superior al 50%, pasó de 67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año 2008 a 33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año 2020, según la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA, 2021a, p. 13)

Tabla 1 Objetivo general e intermedios de la OMS respecto a la concentración de material particulado (PM)

<i>Tipo de Meta</i>	<i>Tiempo</i>	<i>PM10($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	<i>PM2.5($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>
Objetivo de la OMS	Promedio Anual	20	10
	Promedio 24 Horas	50	25
Objetivo Intermedio 3	Promedio Anual	30	15
	Promedio 24 Horas	75	37,5
Objetivo Intermedio 2	Promedio Anual	50	25
	Promedio 24 Horas	100	50
Objetivo Intermedio 1	Promedio Anual	70	35
	Promedio 24 Horas	150	75

Fuente: elaborada por la veeduría Distrital de información extractada de OMS (2017).

Estamos en una estimación regular diaria y un objetivo intermedio 3 en materia de PM 10 y el objetivo de la OMS, esto tiene que dar mejoras con los planes de gobierno que se den en las siguientes dos alcaldías de Bogotá y en proyectos que apoyen el aumento de zonas verdes que ayudan a retener parte considerable del material particulado.

Suelo

Es importante decir que en las zonas donde hay más erosión de suelos es en las metrópolis ubicadas en distintos puntos del país debido a la alta densidad poblacional y los procesos intensivos a los que son sometidos los suelos en las ciudades (Bogotá, Cali, Barranquilla, Bucaramanga, Santa Marta, Medellín, Cartagena, Riohacha, Valledupar, Ibagué, Neiva y Cúcuta), con minería, agricultura extensiva e industrializada, con hidroenergéticos, proyectos civiles y viales, junto a los turísticos; sin contar con el efecto del cambio climático en cada tipo de suelo y sus transformaciones a futuro de no hacer nada por preservar los ciclos como

el del agua y el del nitrógeno. (IDEAM 2010, Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, República de Colombia).

La Administración Distrital de Bogotá publicó el Decreto 469 por el cual se adoptó el primer Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del Distrito. Como está previsto ante la ley (Ley 388 de 1997), en el año 2003 se inició la revisión del POT, que tuvo sus conclusiones finales en el Decreto 619 de 2003. A través de este Plan se estableció la siguiente política en términos de gestión del sueño y vivienda.

- De hábitat y seguridad humana (Art. 9): esta política busca integrar la oferta de vivienda a la de movilidad, espacio público, equipamientos dotacionales y servicios públicos domiciliarios, buscando una alternativa a la urbanización mediante estrategias de financiación y distribución presupuestales materia de impuesto, precios y beneficios atribuidos a la ubicación, así mismo como una distribución equitativa de cargas y beneficios del ordenamiento.
- De gestión de suelo (art. 29) Estipula la generación de espacios verdes y declaración de parques y zonas protegidas definidas y estimadas por su importancia recreativa, ambiental y social. “Además, es garante para el estado el control paliativo de la población por medio de facilidades en adquirir vivienda en los sectores más pobres de Bogotá, repartiendo cargas entre la población equitativamente (Art.29 y 34 al 38) como instrumento fundamental de su proceder”. (DAPD, 2003 p.35)
- Habitacional (Art.109): Se tienen objetivos de neutralización de la informalidad en la declaración de viviendas de manera invasiva mediante previa planeación de vivienda a manera de contribuir a la disminución de conflictos y disputas catastrales lo que genera costos al estado , “tenencia partir de la legalización de títulos de propiedad, articulación de la oferta y demanda del suelo, mejoramiento integral de barrios tanto desde el punto de vista social (participación ciudadana) como físico (mejoramiento de la vivienda), mejoramiento del hábitat rural y reasentamiento de la población localizada en zonas de riesgo” (DAPD, 2003 p.35). Así mismo cómo la asistencia en facilidad y alivios financieros dónde la oferta de créditos sea suficiente, el distrito se ha encaminado a reducir el déficit habitacional, tratando de aprovechar los pocos recursos utilizando sitios de bajo costo con soluciones de baja densidad, aumentando

la segregación socioeconómica con baja eficiencia en la provisión de servicios básicos.

Según estudios (Molina,2003) en “el período 1990 - 2005 en Bogotá los costos de suelo aumentaron, promediando, de 25 a 60% por cada metro cuadrado”, este comportamiento se da previo a los proyectos de hogares de interés social, con buena ubicación y con un entorno que garantice adecuada, óptima y cómoda accesibilidad a servicios e infraestructura, en condiciones muy parecidas al resto de la población, lo que nos hace determinar con Molina, que la escasez de suelo urbano en la ciudad no solo limita su expansión física sino también impacta su precio.

Agua

Se explica en el decreto 1575 y resolución 2115 de 2007, que propuso el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano, que tuvo en cuenta en su marco teórico el Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano– IRCA. El informe del estado de la vigilancia de la calidad del agua en Colombia (2015), a través de una plataforma que tiene un historial importante de registros en calidad del agua basado en el IRCA, está información la aporta SIVICAP WEB quien toma muestras de la red de prestadores de servicio municipales, enfocado en los resultados obtenidos de la vigilancia por laboratorio en muestras tomadas de la red de los prestadores del servicio a nivel municipal del país. Con base en los resultados diarios y semanales empleados en los puntos clave de redes de distribución al tener resultados de la calidad del agua de forma mensual promediada podemos llegar a los diferentes rangos de consideraciones finales, donde se genera el índice general de la calidad del agua y el rango de riesgo a que se encuentra expuesta una determinada población por el consumo de agua.

Tabla 2 Objetivo general e intermedios de la OMS respecto a la concentración de material particulado (PM)

Clasificación IRCA (%)	Nivel de Riesgo	IRCA por muestra (notificaciones que adelantará la autoridad sanitaria de manera inmediata)	IRCA mensual (acciones para mejora de la calidad)
80.1 - 100	INVIABLE SANITARIAMENTE	Informar a la persona prestadora, al COVE, Alcalde, Gobernador, SSPD, MPS, INS, MAVDT, Contraloría General y Procuraduría General.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora, alcaldes, gobernadores y entidades del orden nacional.
35.1 - 80	ALTO	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde, Gobernador y a la SSPD.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora y de los alcaldes y gobernadores respectivos.
14.1 - 35	MEDIO	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde y Gobernador.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de la persona prestadora.
5.1 - 14	BAJO	Informar a la persona prestadora y al COVE.	Agua no apta para consumo humano, susceptible de mejoramiento.
0 - 5	SIN RIESGO	Continuar el control y la vigilancia.	Agua apta para consumo humano. Continuar la vigilancia.

Fuente: Resolución 2115 de 2007, MPS y MAVDT

El resultado basado en los consolidados departamentales calculados a partir de las muestras recolectadas de las redes de suministro de los prestadores del servicio en los respectivos municipios objeto de vigilancia por las autoridades de salud mostró que (Ministerio de salud, 2007):

- El 10 % que corresponde a 3 departamentos (Quindío, Arauca, San Andrés y Providencia) se clasificaron en nivel sin riesgo entre un rango de (0.0 – 5.0).
- El 26.6% equivale a 7 departamentos y Bogotá D.C (Antioquia, Atlántico, Cesar, Córdoba, Cundinamarca, Risaralda, Santander), donde se clasificaron en nivel de riesgo bajo que corresponde a un rango de (5.1 – 14.0).
- El 46.7% que corresponde a 14 departamentos (Bolívar, Boyacá, Caquetá, Cauca, Casanare, Guainía, La Guajira, Magdalena, Meta, Norte de Santander, Sucre, Vaupés, Valle del Cauca y Vichada), se ubicaron en nivel de riesgo medio (14.1 - 35.0).
- En el 16.7% se observaron 5 departamentos (Caldas, Huila, Nariño, Tolima y Putumayo), para los niveles de riesgo alto (35.1 – 80.0).
- NO se clasificaron departamentos con IRCA en nivel inviable sanitariamente (80.1 - 100.0).

6.3 Problemas generados por contaminación en ciudades

La generación de inconvenientes para los ciudadanos de Bogotá basados en los contaminantes que se emiten continuamente por hechos de operación laboral, transporte e

industria colocan en el foco a diferentes zonas de la ciudad que se ven influenciadas por un flujo de mayor de dichos agentes contaminantes y reducción de zonas verdes e infraestructura que mitigue los daños que se causan en el transcurso de las jornadas. Según la Universidad Nacional de Colombia, uno de los ejes que se relacionan con la contaminación de manera directa es la economía y bienestar social. Se logra asociar que la calidad de aire a causa de los contaminantes presentes, genera un factor de preferencia y atractivo de inversión en las ciudades con respecto a aquellas que contienen alto índices de contaminación. Así mismo, la afectación a la salud es una de las consecuencias más observadas por el alto flujo de personas en zonas donde los procesos de industria y transporte son de carácter masivo.

La contaminación del aire es un problema que normalmente se analiza en escalas de impacto y tipo de los contaminantes que se pueden emitir, se enfatiza en dos tipos de escalas: globales y locales, ambas son de carácter nocivo pero se diferencian en el rango de afectación a nivel poblacional, dichas escalas, contienen contaminantes como el O_3 (Ozono estratosférico) material particulado PM_{10} , $PM_{2.5}$ que afecta de manera directa a la población en general, para las escalas globales se analiza el comportamiento a nivel general y todos los tipos de sistemas que afectan al ecosistema; las escalas a nivel local se pueden constituir por medio de medidores en localidades de la ciudad y centrarse de manera más objetiva las actividades que desestabilizan los ecosistemas urbanos. (Rojas, N. Y, 2007).

6.3.1 Económicos

Para el factor económico, se contempla un índice definido como reparación directa, para ello, las grandes entidades que se ven involucradas directamente como Transmilenio S.A.S, el acueducto de Bogotá (ESP) y otros departamentos enfocados en el desarrollo urbano son los mayores inversionistas en acciones de reparación directa para la zona de Bogotá, de este modo, se contempla un gráfico que expone los flujos para realizar compensaciones a nivel ambiental y de ordenamiento urbano.

Por lo anterior, cabe mencionar que dichos procesos de reparación que emiten las empresas son estudiados y avalados por la Secretaría Jurídica Distrital (SJD). Allí se contempla que puede haber sobreestimaciones en los procesos de reparación y por ende los procesos económicos y de ejecución se retrasan. La siguiente tabla muestra el número de procesos presentados por algunas compañías del distrito capital.

Tabla 3 Entidades con procesos presentados a la (SJD) en el distrito de Bogotá.

Millones de pesos

Entidad	No. de Procesos Como Único Accionado	Valor Procesos Como único Accionado	No. de Procesos Accionado Con Otras Entidades	Valor Procesos Accionado Con Otras Entidades
TRANSMILENIO	28	\$11.685	81	\$2.444.171
E.A.A.B	62	\$128.712	62	\$554.660
IDU	96	\$145.675	151	\$481.507

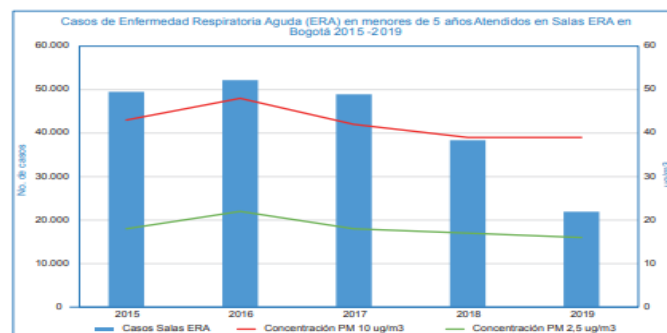
Fuente: (Contraloría de Bogotá D.C, 2019)

6.3.2 De Salud pública

La prevención en salud es un foco esencial que se estima a lo largo de periodos anuales, por ello, algunas entidades como la Secretaría Distrital de Salud (SDS) realizan estudios en poblaciones específicas, en las cuales la contaminación tiene mayores efectos nocivos contra su salud; Dichos grupos evaluados comprenden edades menores de 14 años y adultos mayores de 60 años.

Por lo anterior, se establecen mejoras y recomendaciones continuas para la población de distintas zonas de la ciudad de Bogotá, campañas para diferentes habitantes de la ciudad, en especial aquellos que transitan de manera conjunta con vehículos que emiten contaminantes peligrosos en cantidades alarmantes. A continuación, se presenta una gráfica que proporciona datos de concentraciones en agentes contaminantes vs los casos de enfermedades respiratorias.

Figura 5 Datos de concentraciones en agentes contaminantes vs los casos de enfermedades respiratorias



Fuente: Reporte Sala ERA corte semana epidemiológica 35, 2019 y Datos analizados por la SDS con base en registros de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá, 2019.

6.3.3 Ambientales

La ciudad de Bogotá cuenta con centros especializados para monitorear y realizar un seguimiento a la calidad de aire y agentes contaminantes a nivel distrital con diferentes zonas que cuantifican dichos agentes, dichas estaciones logran comprobar qué tanto se concentra el material particulado, allí se analizan los datos obtenidos y se cuantifican mediante las normas de calidad de aire como la resolución 2254 de 2017 encabezada por el ministerio de desarrollo y ambiente sostenible. Las variables se establecen en el siguiente marco compacto que observa los indicadores que analiza cada central de operación en cada localidad de la ciudad de Bogotá.

Tabla 4 Análisis de variables medibles por estación la ciudad de Bogotá

Nombre estación	Contaminantes									Variables meteorológicas				
	PM 10	P M _{2.5}	O ³	N O ₂	C O	S O ₂	B C	V. Viento	D. Viento	Temperatura	Precipitación	R. Solar	H. Relativa	Presión atmosférica
Guaymaral	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
Usaquén	X	X	X	X	X	X		X	X	X				X
Suba	X	X	X	X	X	X		X	X	X				X
Bolivia	X	X	X	X	X	X		X	X	X				X
Las Ferias	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
Centro de alto rendimiento	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
Estación móvil 7ma	X	X		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
Min Ambiente	X	X	X	X	X	X	X	X		X				X
Fontibón	X	X	X	X	X	X	X	X		X				X

Puente Aranda	X	X	X	X	X	X		X	X	X				X
Kennedy	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
Carvajal-Sevillana	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X
Tunal	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
San Cristóbal	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
El Jazmín	X	X	X	X	X	X		X	X	X		X	X	X
Usme	X	X	X	X	X	X		X	X	X		X	X	X
Bosa	X	X	X	X	X	X		X	X	X		X	X	X
Ciudad Bolívar	X	X	X	X	X	X		X	X	X		X	X	X
Colina	X	X	X	X	X	X		X	X	X		X	X	X
Móvil Fontibón	X	X	X	X	X	X		X	X	X		X	X	X

Fuente: Alcaldía Mayor de Bogotá - Secretaría Distrital de Ambiente, Secretaría Distrital de Planeación, Jardín Botánico José Celestino Mutis, 2019

6.4 Ejemplos de utilización de espacios verdes para la reducción de la contaminación

El desarrollo de espacios verdes, parques urbanos, calles arboladas, entre otras estrategias amigables con el medio ambiente las cuales pueden mejorar la calidad de vida de los seres vivos en la sociedad, teniendo en cuenta que estas alternativas ayudan a la absorción de dióxido de carbonos, gases de efecto invernadero y enfriamiento de las ciudades, por lo cual, ayuda a combatir al cambio climáticos y las olas de calor que hay en la actualidad. (Marín, 2022)

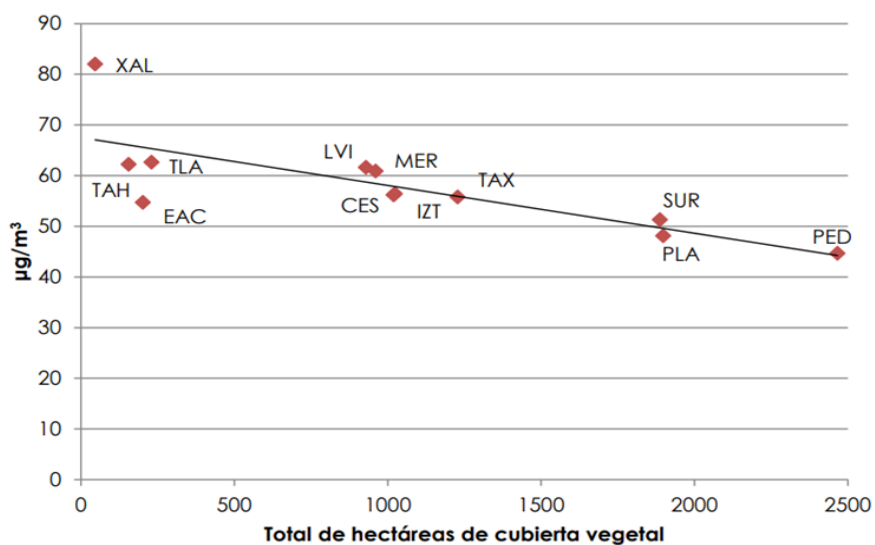
Por otro lado, se aproxima que un 27% de las ciudades del mapa del mundo tienen un nivel moderado de espacio verdes, lo cual indica la necesidad de implementar estas alternativas para mejorar la condición climática y el medio ambiente, teniendo en cuenta que la implantación de estas estrategias verdes tiene un impacto positivo tanto para la salud de los seres vivos que están en el ecosistema como para el medio ambiente. (Marín, 2022)

6.4.1 Ciudad de México

Los ODS encaminados si dan resultados ambientalmente hablando, por ejemplo, en América Latina, podemos ver el caso de Ciudad de México que pasó de tener uno de los peores índices de calidad del aire a nivel mundial, hoy en día, gracias a la implementación de zonas verdes de la mano de otros requerimientos y proyectos como los monocultivos, cultivos verticales y eco techos, pudo mejorar notoriamente su calidad del aire de forma general.

Podemos cuantificar factores como el Material Particulado, donde se han hecho estudios sobre la mala calidad de aire cuando se presenta el PM de diferentes tamaños que afectan a la salud y dejan ver cambios no solo en los humanos sino también la fauna y flora; por ejemplo, en la figura se puede apreciar la disminución de PM 10 desde la implementación de leyes que respaldan el aumento concreto y planificado de zonas verdes en la Zona Metropolitana del Valle de México (la relación entre zona verde y muestra de aire es la misma fórmula de equivalencia por lo que el tamaño de la zona urbana es despreciable aplicando la formula del estudio). Donde podemos ver que tiene muchos retos la implementación de esta estrategia en el aumento de zonas verdes, pero apuntan a largo plazo por el bienestar en todos los campos y reduce gasto al gobierno. Cabe resaltar que en el caso de México los decretos y la organización territorial fueron fundamentales para este avance y es de notar que se necesita de varios años para notar el cambio en las muestras. (UNDP, 2010)

Figura 6 Total de hectáreas de cubierta vegetal



Fuente: Muñoz, PAOT, 2010

6.4.2 Región de Estocolmo

El ejemplo de Estocolmo, evidencia como sus zonas verdes corresponden a cerca del 55% del área total de la ciudad y no solo es tener reservas y lugares donde no pueden haber construcciones humanas sino es dejar que se la misma naturaleza la que pueda ir de la mano con el diseño de desarrollo y planeación territorial de las ciudades ya que hay lugares estratégicos de conservación ya sea por biodiversidad como por ejemplo en Bogotá con los humedales o San Andrés con la conservación de manglares para prevención de catástrofes y reproducción de especies, también podemos ver el ejemplo de Viena que conserva zonas verdes que absorben excesos de agua para prevenir inundaciones.

Volver a lo que hicieron los primeros ejemplares de nuestra especie, adaptarse al entorno de manera rápida y que así mismo el ecosistema pueda brindar recursos, ya que no se le está devolviendo lo que le corresponde y por lo tanto se están generando consecuencias de ello, por ejemplo, una ciudad como Estocolmo según Saavedra un 90 a 100% de la población tiene acceso a zonas verdes a menos de 300 metros, todo este avance se da gracias al Plan Ambiental de zonas verdes en Estocolmo. Organización Mundial del Comercio (2001), Esto se puede demostrar de manera concreta en la siguiente figura:

Figura 7 Superficies de Estocolmo



Fuente: Saavedra Robledo, Irene. 2010

6.5 Infraestructura verde

La infraestructura verde consiste en una serie de lugares donde procesos ecológicos encuentran espacio en contextos urbanos donde se tienen en cuenta aspectos como diseño y planificación de estos espacios esto con la finalidad de que sean adaptados para las diferentes ciudades donde se desean implementar y con esto generar un beneficio ambiental y social. Por otra parte, los beneficios sociales y ecológicos de los espacios verdes se están volviendo más importantes para las ciudades de hoy en día, ya que con esto se puede mitigar problemas ambientales como el cambio climático, mala calidad del aire, consumo de recursos que nos brindan los ecosistemas, entre otros. (Vásquez, 2016)

Ahora bien, para este caso de estudio se investigó sobre las infraestructuras verdes urbanas que planteo el instituto Humboldt, las cuales fueron 17 donde hace una evaluación de como estas pueden afectar a la sociedad teniendo en cuenta aspectos como la reducción de escorrentía, tratamiento, reducción del caudal, captura de PM10, captura de gases efecto invernadero, entre otros. Con esto, se puede llegar a definir que infraestructura es la más adecuada para la implementación en la ciudad de Bogotá, teniendo en cuenta los problemas ambientales y las necesidades que tiene la ciudad. En la siguiente imagen se podrá evidenciar las 17 infraestructuras que propuso en instituto Humboldt. (Instituto Humboldt, 2022)

Figura 8 Infraestructuras verdes



Fuente: (Instituto Humboldt, 2022)

Las 17 infraestructuras que se plantearon son:

1. Calles arboladas.
2. Techos y paredes verdes.
3. Jardines privados.
4. Sistemas urbanos de drenaje sostenible.
5. Cuerpo de aguas.
6. Bosques urbanos.
7. Cementerios.
8. Huertas.
9. Terrenos abandonados.
10. Parques lineales.
11. Parques metropolitanos.
12. Jardines funcionales.
13. Jardines internos.
14. Áreas protegidas urbanas.
15. Ríos-espacios Fluvial.
16. Corredores biológicos urbanos.
17. Espacios naturales abierto.

Para este caso de estudio se van a implementar la infraestructura número 1 y 2, puesto que son las más viables para la aplicación en la ciudad de Bogotá y con esta se buscaría mejorar la calidad del aire que se respira entre los habitantes de esta ciudad, así mismo, con la implementación de esta infraestructura se puede tener beneficio en sectores económicos, sociales, ambientales y de salud.

6.5.1 Techos verdes

En los techos verdes se puede implementar diferentes plantas que tienen como finalidad reducir la radiación solar y con esto controlar y aplacar las consecuencias del cambio climático que se genera por el fenómeno de la dicha radiación solar, con esto se puede ver uno de los beneficios que trae a la ciudad de Bogotá la implementación de estas estrategias para reducir los problemas ambientales que en el medio urbano se hacen más frecuentes.

(Zielinsk, García Collante & Vega Paternina, 2012)

En la actualidad existen tres tipos de techos, los cuales son:

- **Intensivos:** Son aquellos que son accesibles y tienen una gran variedad de plantas, arbustos y hasta árboles. Sin embargo, si se colocan techos de esta forma necesitan una capa sustrato mayor a 30cm. Lo que puede aumentar el peso de la instalación y por tanto el costo de mantenimiento que es un poco elevado, ya que necesita un mayor cuidado por la variedad de plantas y el cuidado que se necesita. Por lo general se este tipo de techos y paredes se implementan en nuevas construcciones puesto que por la cantidad de plantas necesita una gran cantidad de superficie para que sea aplicada esta estrategia. (Zielinsk, García Collante & Vega Paternina, 2012)

Figura 9 Techos Intensivos



Fuente: Caro, 2021

- **Semi-Intensivos:** Señalados como sistemas intermedios, teniendo en cuenta que se necesita un sustrato entre los 12 y 30cm, donde se pueden introducir diferentes plantas sin embargo con una cantidad menos al del sistema intensivo, lo cual puede brindar un costo de mantenimiento un poco más económico, se puede implementar tanto en nuevas construcciones como en viejas. (Zielinsk, García Collante & Vega Paternina, 2012)

Figura 10 Techos Semi-Intensivos



Fuente: Zinco, 2020

- Extensivos: Son aquellos que tienen un bajo mantenimiento y por lo general se pueden instalar en lugares donde ya hay una construcción, por otro lado, estos necesitan un sustrato entre 5 a 10cm por lo cual puedes subsistir con el agua lluvia. La vegetación que se coloca por lo general son especies endémicas del lugar. (Zielinsk, García Collante & Vega Paternina, 2012)

Figura 11 Techos Extensivos



Fuente: Atuesta, 2020

Por otra parte, para promover que dicho sistema de vegetación cuente con óptimas condiciones, Zielinsk, García Collante & Vega Paternina (2012), exponen que se necesita de ciertos componentes los cuales son:

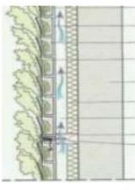
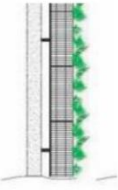
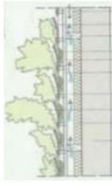
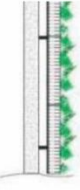
- Soporte base el cual sirve como apoyo de las plantas y especies vegetales que se vayan a implementar.
- Membrana impermeabilizarles con el fin de moderar el crecimiento de las plantas desde la raíz.
- Capa drenante la cual tiene la función de drenar el agua lluvia que le caiga con la finalidad de que esta agua no se filtre en el concreto o el material de construcción.
- Capa de sustrato la cual cumple la función de soporte físico de la capa de vegetación.
- Capa de vegetación con las diferentes especies vegetales.

6.5.2 Paredes verdes

En cuanto a las paredes verdes existen diferentes tipos de sistemas vegetales verticales los cuales son: las fachadas vegetales tradicionales, que son las que crecen directamente del suelo y los otros se denominan “muros vivos”, en lo que las plantas reciben el agua y los nutrientes lo van recolectando del propio paramento. Ambos sistemas se dividen en dos los cuales son directos e indirectos, donde pueden estar formados por un sistema de soporte, por espaciadores o por maceteros. (López Benítez, 2020)

Según la Secretaría de Ambiente se puede clasificar estos diferentes tipos de jardines verticales, con el objetivo de conocer cuál de estos es mejor para la aplicación de esta estrategia, teniendo en cuenta que estos jardines verticales se pueden implementar cualquier tipo de industria y fachada. (Secretaría de ambiente de Bogotá, 2021)

Tabla 5 Sistemas de jardines verticales

SISTEMAS DE JARDINES VERTICALES							
CLASIFICACIÓN	SISTEMAS SUSTRATO PESADO (MACETEROS, MACETIBOS, CONTENEDORES) (transportable o no)	SISTEMAS CON SUSTRATO LIGERO (SISTEMA DE BANDEJAS)		SISTEMAS HIDROPÓNICOS			
		1. PÁNELES PLÁSTICOS	2. PÁNELES METÁLICOS	1. ESPUMAS (FOAM)	2. FIELTROS GEOTEXTILES	3. LANAS MINERALES FIBRAS	4. SISTEMA AEROPÓNICO
SISTEMAS COMERCIALES	Eco-bin Leaf Box Green waves system	Parabienta VGM Green Wall	Muros verdes vivos	Sistema F+P Living EcoWall® Fytowall-Phytogreen	Le mur vegetal - El muro vegetal (Patrick Blanc)	Gsky Pro Wall System Sistemas Walliflore	Richard Stoner (Nasa) Sistema nebulosa
IMAGEN CONCEPTUAL DEL SISTEMA							N / R

Fuente: Secretaría de ambiente de Bogotá, 2021

Los jardines verticales es un reto paisajístico para el lugar donde de vaya a implementar, sin embargo, el beneficio que trae a la ciudad es muy alto, puesto que generan una conectividad ecológica con una urbana, así mismo, con la implementación de estos trae muchos beneficios económicos, ambientales y sociales. Ahora bien, la vida de un jardín vertical como de un techo verde va de la mano de un buen mantenimiento y de las cualidades físicas de la estructura donde se desea implementar. (Secretaría de ambiente de Bogotá, 2021)

6.5.3 Calles Arboladas e Infraestructura verde

La infraestructura verde se identifica como una red de interconexión para cada espacio verde urbano presente. Dichas infraestructuras aportan una serie de mecanismos de carácter ecosistémico y servicios con identidad ambiental para la población humana. La identificación de una infraestructura verde de carácter urbano mantiene como objetivo la conservación de cada componente natural, cultural y paisajístico, de igual manera, regula las acciones antrópicas naturales y ordena en un sistema urbano el territorio donde se encuentre. (Moreno, et al, 2014).

La expansión y la infraestructura urbanas se encuentran relacionadas directamente en el ámbito de variación, disipación y biodiversidad de los suelos, al centrarse en las ciudades y zonas urbanas específicamente, los recursos naturales y ecosistémicas presentan alteraciones gradualmente y convierten la biodiversidad en un entorno cambiante y en extinción. De Lucio, J. V. (2008). Este proyecto tiene una relación directa con las infraestructuras verdes urbanas para la ciudad de Bogotá, por ende, la metodología y enfoque se realiza en los diferentes entornos y localidades de la ciudad, para ello, la gestión encargada va de cuenta por el SIGAU como gestora del arbolado urbano.

El SIGAU se encarga oficialmente de la arborización el espacio público urbano, gestiona y enlaza geográficamente la localización de los árboles y componentes de calles arboladas alrededor de cada localidad y zona urbana en la ciudad de Bogotá. Según el SIGAU, se determinan 5 clasificaciones para la arborización en la ciudad de Bogotá: de las 5 clasificaciones, los emplazamientos son de carácter fundamental, ya que se determina el espacio de emplazado del árbol, calles arboladas, parques entre otras. (Mutis, J. C, 2010).

7. ANÁLISIS DE RESTRICCIONES

Siguiendo los mecanismos de orientación, ubicación y conectividad presentados por el Instituto Humboldt, estas 17 infraestructuras que se presentan en un mapa característico de una zona urbana manejan diferentes propósitos y acciones como la reversión o mitigación de los cambios que efectúan las construcciones y ampliaciones de corredores para transporte, vivienda, comercio y demás aspectos en donde el ser humano interviene para el confort de sus necesidades.

Figura 12 Infraestructuras Verdes Sostenibles es un espacio urbano, Instituto Humboldt.



Fuente: (Instituto Humboldt, 2022)

Las diferentes opciones contempladas elegimos las infraestructuras 1 y 2 de la tabla y grafica anteriormente presentada; por características que se mencionan en el transcurso del documento, las cuales corresponden a aspectos económicos, viabilidad social y de infraestructura, así como mejoramiento intensivo y de manera adaptable al entorno donde se analizan dichas infraestructuras.

Dicho lo anterior, se condensa en una serie de tablas las restricciones y organizaciones posibles que se pueden presentar al momento de contemplar la puesta en marcha de proyectos relacionados con la infraestructura y espacios urbanos con características ecosistémicas, por lo tanto, las siguientes tablas enmarcan de manera general los apartados que se relacionan

directamente con cada marco legal, ambiental, social, ecosistémico para la puesta en marcha de proyectos, específicamente las infraestructuras elegidas e este caso de estudio.

Tabla 6 Restricciones posibles primera línea, aspectos Ambientales.

<i>Criterios de análisis</i>	<i>Etapas de desarrollo</i>	<i>Programas de orientación</i>
Ambiental	Conectividad Ecosistémica Integración estructural y de diseño urbano ambiental para zonas urbanas	Enfoque de intervención temprana (EIT) Reglamentación en zonas verdes urbanas
Licencias, seguridad y salud	Decreto 531 de 2010	
Suelo	Capilaridad o flujo de agua	

Fuente:(Elaboración en base del documento: Alcaldía Mayor de Bogotá - Secretaría Distrital de Ambiente, Secretaría Distrital de Planeación, Jardín Botánico José Celestino Mutis, 2019)

Las limitaciones en cada aspecto u origen que se enmarquen en la tabla, se determinan de manera oportuna con el propósito de descartar posibles alternativas e infraestructuras que impliquen retos para las zonas urbanas de Bogotá. Retomando el aspecto ambiental, unos de los indicadores por lo que se rige dichas restricciones son el “Código Nacional de los Recursos Naturales, Decreto 2811 de 1974, sienta bases legales para su aplicación, al invocar en varios de sus artículos la protección, conservación, restauración, administración, uso y manejo racional de los recursos naturales y el medio ambiente, entre los cuales, el recurso forestal, la flora y el paisaje se inscriben como elementos fundamentales de la silvicultura urbana”. (Alcaldía Mayor de Bogotá - Secretaría Distrital de Ambiente, Secretaría Distrital de Planeación, Jardín Botánico José Celestino Mutis, 2019)

El establecimiento de nuevas líneas de incentivación como los ODS (Objetivos de desarrollo sostenible) son aspectos claves para un fortalecimiento de proyectos relacionados con zonas verdes; se puede señalar que los ODS incluyentes en este estudio corresponden a los numerales 13-15 los cuales refieren a la acción por el clima y restauración de ecosistemas terrestres, así se puede sustentar la búsqueda de iniciativas que logren disminuir y mitigar los efectos que genera el actuar del cambio climático.

Tabla 7 Restricciones posibles segunda línea, aspectos económicos y de planeación para la formular infraestructura verdes en zonas urbana)

<i>Crterios de análisis</i>	<i>Etapas de desarrollo</i>	<i>Programas de orientación</i>
Económicos	Planeación estratégica	Código Nacional de recursos naturales
Judicial	sectorial Decreto 531 de 2010 (Directriz de planificación judicial, técnica y administrativa)	Secretaría Distrital de Planeación La Secretaría Distrital de Ambiente El Jardín Botánico
Operación en bienes y servicios ambientales, sociales y ecológicos)	Conglomerado vial Guía PLAU (Plan local de arborización urbana)	PGA (Plan de gestión ambiental)

Fuente: (Elaboración en base del documento: Alcaldía Mayor de Bogotá - Secretaría Distrital de Ambiente, Secretaría Distrital de Planeación, Jardín Botánico José Celestino Mutis, 2019)

Existen otras normativas y aspectos de carácter esencial, los cuales crean una sinergia con el fin de analizar las restricciones posibles, estos ítems se basan en figuras técnicas, licencias ambientales, salud y seguridad, por ello se especifican líneas de índole administrativo, las cuales sustentan y fortalecen el análisis de las mismas. A continuación, se condensan en el siguiente cuadro.

Tabla 8 Restricciones posibles tercera línea, aspectos sociales y guía para determinar las infraestructuras oportunas en zonas verdes de carácter urbano)

<i>Crterios de análisis</i>	<i>Etapas de desarrollo</i>	<i>Programas de orientación</i>
Técnicas	Orientación a nivel urbano de franjas transitorias fundamentadas en zonas y corredores verdes.	POT- Plan Local de Arborización Urbana
Social	Reordenamiento de territorio en zonas urbanas	

Movilidad y espacio público	Prospección del arbolado urbano y zonas verdes	
-----------------------------	--	--

Fuente: (Elaboración en base del documento: Alcaldía Mayor de Bogotá - Secretaría Distrital de Ambiente, Secretaría Distrital de Planeación, Jardín Botánico José Celestino Mutis, 2019)

Dichas tablas se contextualizan en los documentos y sistemas que analizan de manera oportuna y eficaz los mecanismos para generar y planear cada infraestructura presente en la ciudad de Bogotá, así mismo, se crean con el fin de enmarcar las posibles restricciones y viabilidades de proyectos futuros o modificación de los presentes.

De esta forma los lineamientos que se deciden son los de optimizar las infraestructuras verdes e zonas urbanas de la ciudad de Bogotá es sumamente eficaz y revitaliza las zonas que presentan impactos de concentraciones máximas de CO₂, tránsito múltiple y constante y en igual magnitud zonas estériles en el ámbito ecosistémico

8. METODOLOGIA PARA EL DESARROLLO DE LA SOLUCION

Teniendo en cuenta los objetivos planteados, se hizo la selección de las diferentes alternativas que se pueden implementar en la ciudad de Bogotá, adicionalmente, teniendo como referente el estudio realizado el instituto Humboldt sobre estructuras verdes, se eligen dos de las 17 estructuras que son viables para su posterior aplicación, siendo dichas estructuras techos y paredes verdes, así como las calles arboladas; ya que son estas estructuras las cuales, dan la solución más efectiva en el aspecto de viabilidad técnica, ventajas e impactos positivos en los modelos urbanos de la ciudad de Bogotá, como se puede ver en la tabla 9. Con esta selección de infraestructura potenciales, se encina el desarrollo de los objetivos específicos propuestos permitiendo analizar la importancia que puede tener el diseño la implementación de estas instalaciones para mejorar y ventajas que aportan estas alternativas al medio ambiente.

Tabla 9 Infraestructuras verdes en zonas urbanas disponibles, Instituto Humboldt)

Tipo de Infraestructura	Infraestructura con Potencial Hídrico	Potencial en Biodiversidad	Infraestructura Elegida
Calles Arboladas	x	x	x

Techos y paredes verdes	x	x	x
Jardines privados		x	
Sistemas urbanos de drenaje sostenible	x	x	
Cuerpos de agua	x		
Bosques urbanos		x	
Cementerios		x	
Huertas		x	
Terrenos abandonados		x	
Parques lineales		x	
Parques metropolitanos		x	
Jardines funcionales		x	
Jardines internos		x	
Áreas protegidas urbanas	x	x	
Ríos- Espacio fluvial	x		
Corredores biológicos urbanos		x	
Espacio natural abierto		x	

Fuente: Elaboración propia con base en el estudio de infraestructura que realiza el Instituto Humboldt

La elección de las dos infraestructuras anteriormente citadas, se basan en la estrategia de implementación en nuevos y antiguos proyectos de construcción. para la selección de estas dos estructuras se asumen tres factores importantes como los son:

1. Infraestructura con potencial hídrico, lo cual indica como el recurso del agua se puede aprovechar mediante la aplicación de esta estructura, esto se puede evidenciar mediante el ahorro de agua que se puede presentar con la aplicación de esta alternativa.
2. El segundo factor de evaluación es el potencial de biodiversidad, este componente indica la viabilidad del sistema en el aspecto de sostenibilidad que tiene la implementación de esta estructura, donde se tuvo en cuenta factores económicos, ambientales y sociales.
3. La infraestructura elegida, se relaciona con los costos beneficios, la viabilidad de aplicar estas estructuras verdes en la ciudad de Bogotá.

Teniendo esto en cuenta, a continuación, se expone una revisión documental de planteamientos teóricos e investigativos, que permiten a su vez un análisis de los elementos estructurales presentes para la mitigación y compensación de los impactos generados por actividades antrópicas, dando cuenta también la viabilidad técnica, social y económica que estos modelos implican.

8.1 Guía de infraestructuras verdes a implementar en el ecosistema urbano

Ahora bien, en un enfoque inicial de las infraestructuras a nivel individual, los techos y paredes verdes son una solución para problemas ambientales como islas de calor urbana, gases de efecto invernadero, Dióxido de Carbono y un consumo de energía y agua. Por ende, con esta alternativa se establece como finalidad, reducir y mitigar estos problemas ambientales, puesto que con la infraestructura y estrategia planteada se pueden generar unos beneficios ambientales ya que estos sistemas incorporan masa vegetal en un ecosistema urbano, y por tanto se pueden incorporar en casa, edificios y parques, con la implementación de esta alternativa se busca generar de igual manera unos impactos sociales positivos y una conciencia en los ciudadanos en el uso de nuevas alternativas favorables para el medio ambiente y apoyo a la calidad del ecosistema urbano en el que se habita.

En los techos se pueden implementar diferentes plantas con una utilidad en mitigación de radiación solar, se controla y gestiona eficientemente el cambio climático que se genera por los distintos factores de contaminación atmosférica y trae consigo los beneficios para la ciudad de Bogotá con la implementación de estas estrategias para mitigar los problemas

ambientales más comunes por las actividades antrópicas. (Zielinsk, García Collante & Vega Paternina, 2012)

Para la implementación de estos techos verdes y paredes verticales, el sistema económico presenta variaciones significativas, el precio fluctúa según el jardín que se desea instalar en la edificación, la flora que se desea colocar, además, se debe tener en cuenta la antigüedad del lugar donde se desea implementar ya que estos se pueden instalar en edificios, casas, plantas de producción en la industria, escuelas y centros comerciales teniendo en cuenta la extensión de la superficie en donde se desea implementar esta estrategia medioambiental, teniendo en cuenta el mantenimiento y el tipo de jardín que se desea.

Como se expone la secretaria de ambiente (2021) se especifican 3 tipos de estructuras techos y paredes verdes.

1. Estructuras Intensivas, las cuales se basan en un peso a partir de 400 kg/m^2 .
Primordialmente se usan para sitios recreativos y comerciales, tiene un mantenimiento alto y un cuidado constante.
2. Estructuras semi-intensivas, aquellas cuentan con una vegetación más variable y menos espesor que la anterior, Por consiguiente, su peso varía entre 150 a 450 kg/m^2 , tiene un manteniendo de costo medio y requiere un cuidado moderado.
3. Estructuras extensivas, que son aquellos que pueden implementarse en instalaciones ya edificadas por temas de mínimo o nulo refuerzo en la edificación presente. Su peso varía entre 30 a 220 kg/m^2 y los requerimientos de mantenimiento son bajos y no requiere un cuidado excesivo.

Ahora bien, el otro mecanismo de infraestructura puesto en estudio son las calles arboladas; un sistema implementado en zonas mixtas de la ciudad de Bogotá. Infraestructura urbana como el corredor de la carrera 11 entre la calle 85 y calle 100 hacen referencia a este tipo de métodos que buscan la reducción de contaminación, aumento de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias por parte de la flora implementada y mejora visual urbana de la zona, así como un soporte y separación natural de las vías, atracción de fauna que puede aprovechar este tipo de infraestructuras. Estas funciones mencionadas, las cuales menciona

un reporte del Instituto Humboldt, resaltan la importancia de la construcción y esparcimiento controlado de calles arboladas por diferentes zonas urbanas en la ciudad de Bogotá.

“Estas coberturas arbóreas de carácter urbano influyen directa e indirectamente en el microclima local y regional mediante la alteración de las condiciones ambientales y atmosféricas, ya que afecta la temperatura del aire local mediante la evapotranspiración, la generación de sombra, variación en la incidencia de radiación solar y la alteración de la dispersión del aire (velocidad y dirección). También, genera otros efectos no climáticos como la contribución a la sensación de bienestar en el espacio público, el control del ruido urbano, la retención de contaminantes atmosféricos, la prevención de la erosión y la oferta de hábitats para la fauna”. (Alcaldía Mayor de Bogotá - Secretaría Distrital de Ambiente, Secretaría Distrital de Planeación, Jardín Botánico José Celestino Mutis, 2019)

Así mismo, para la instalación de estas dos alternativas como lo son techos verdes, paredes verticales y calles arboladas, la secretaria de ambiente proporciona capacitaciones y acompañamiento técnico gratuito y constante, para que este tipo de estrategias y alternativas ambientales se empiecen a implementar y adoptar en las construcciones y personas interesadas. (Secretaría de Ambiente de Bogotá, 2021)

Por otro lado, según la Secretaría de Ambiente es necesario implementar entre un 10 y 20% estas alternativas con el fin de tener un clima urbano más favorable en cada localidad. (Secretaría de Ambiente de Bogotá, 2021), teniendo como prioridad las localidades con un índice de contaminación más alto se plantea una lista de acciones que se sugieren hacer para la implementación de estas alternativas:

- Dar a conocer la información en las localidades con el fin de que las personas y empresas se den cuenta de los beneficios ambientales, sociales y económicos que trae una implementación de estas infraestructuras verdes.
- Reconocer las personas interesadas y con esto establecer una conexión con la secretaria de ambiente para que se pueda hacer la instalación de este tipo de infraestructuras verdes en las diferentes localidades de Bogotá.
- Haciendo referencia al estudio hecho por la Secretaría de Ambiente, se contacta con las empresas encargadas de la implementación de estas alternativas con el fin de

cotizar y aplicarlas en las casas o edificios de personas y empresas interesadas.
(Secretaría de ambiente de Bogotá, 2021)

8.2 Análisis económico y ventajas de los sistemas a nivel ambiental

Teniendo claro lo anterior, las cubiertas o techos verdes de carácter extensivo tienen un promedio de costo variable en 434.620 COP/m², por otro lado, el sistema que se considera semi intensivo puede tener un costo más elevado debido a su vegetación, manteniendo un costo promedio de 587.832 COP/m². Por último, respecto a las cubiertas de tipo intensivas se puede identificar que llegar a ser más costosa debido a su estructura vegetal, Teniendo un costo aproximado de 1'589.217 COP/m². (Méndez, 2020)

Esto indica, que la instalación de dichos techos es costosa según las opciones que se desean implementar. Así mismo, se debe tener en cuenta que los costos de mantenimiento son adicionales, ya que este es un factor importante debido al cuidado que se debe tener para que le edificación y sus cubiertas verdes no se vean afectadas. Por otro lado, las empresas, hogares, centros de comercio o establecimientos donde se va a implementar esta infraestructura deben tener presente la disminución en el consumo de electricidad por aire acondicionado, uso de luz, recolección de agua y reducción de emisiones de CO₂. Para contextualizar lo dicho anteriormente, este ahorro se puede evidenciar económica y estructuralmente de manera que 2000 techos verdes extensivos permitirían lograr un ahorro anual de \$ 8'978,765.4 COP/m². Así mismo, un beneficio adicional de carácter económico por captura de CO₂ y la implementación de techos verdes, podrá variar entre 44,814.96 COP/ha y 110,811.12 COP/ha , dando un total máximo de ganancia de \$476,035 COP/año si se instalaran techos verdes en la totalidad de cubiertas aptas. (Correa Romero, 2013)

Cabe resaltar, que esta estrategia de techos verdes es capaz de retener las PM₁₀/ha , donde se asume que los techos verdes son capaces de retener 1.95 ton PM₁₀ /ha , se tendría un beneficio económico de \$83,894.6 COP/ha . Por lo cual se puede analizar que la instalación de los techos y paredes verdes a lo largo de la ciudad, puede incrementar el beneficio económico y por consiguiente mejorar la calidad de aire en la ciudad de Bogotá. (Correa Romero, 2013)

Esta estrategia de los techos verdes se puede aplicar en cualquier tipo de edificación tanto residencial, comercial, educativa, entre otras, lo único que puede variar o verse modificado es la infraestructura de techo verde que se va a implementar. Ahora bien, la secretaria de ambiente está comprometida con la implementación de estas estrategias para reducir los impactos negativos que trae las actividades humanas para el medio ambiente, por lo cual, esta entidad proporciona capacitación y acompañamientos técnico gratuito y permanente para la instalación de estas estrategias ambientales con el de que se implementen tanto en las nuevas construcciones como las construcciones que ya están hechas. Por otro lado, las ventajas que trae la implementación de esta infraestructura verdes y su mitigación de impactos son:

- Retención del agua lluvia entre el 40 y 80 % anual
- Aprovechamiento residuos orgánicos e inorgánicos.
- Mitigar las islas de calor hasta en 5°C
- Retienen el dióxido de carbono y material particulado.
- Valorización del predio.
- Aumento y recuperación de la biodiversidad en las ciudades.
- Conciencia ambiental.
- Ahorro de dinero por ahorro de electricidad hasta en un 50 % que proviene del uso de calefacción y aire acondicionado
- Mejoran la calidad de vida en la ciudad y en el medio ambiente. (Secretaría de ambiente de Bogotá, 2021).

Por ende, esta alternativa tiene una buena relación costo oportunidad, teniendo en cuenta que los costos de la instauración y del cuidado pueden ir variando por las necesidades del lugar donde se vayan implementar y en cierta parte la inversión se puede ir recuperado puesto que el dinero que se invierte es retribuido mediante su ahorro con el pasar del tiempo, por otro lado, la implementación de estas alternativas puede traer muchos beneficios a la sociedad y al medio ambiente, por ende, la implementación de esta estrategia es viable para una población en un constante desarrollo como lo es la de Bogotá. De este modo, los datos especifican que a nivel ambiental las instalaciones programadas pueden contribuir en niveles anuales de retención de los contaminantes del aire en los techos intensivos es de 85kg/ha para ciudades como Chicago, y para ciudades más pequeñas alrededor de 0.2 kg/m². Otro factor ambiental

presente, son las reducciones de agentes contaminantes específicos. En ciudades con niveles de contaminación elevados, un techo extensivo puede reducir las concentraciones de CO_2 en un 2 %, así mismo, contribuye a la reducción de dióxido de azufre en un 37 % y ácido nítrico en un 21 %, como lo concluye el estudio de Zielinski et al, 2012.

Un complemento de la infraestructura trabajada anteriormente son las paredes verdes. La implementación de los jardines verdes en la sociedad trae como beneficio la purificación del aire, tanto así que $1 m^2$ de fachada vegetal extrae aproximadamente 2.3 kg de CO_2 al año del aire presente y es capaz de producir 1.7 kg de oxígeno. (Sempergreen, 2022). Además, esto genera una interacción social para llegar a tener una recuperación de zonas urbanas, generar una mejor calidad en el medio ambiente y una conciencia de la importancia que tiene estas estrategias medioambientales para la sociedad. Por otro lado, otro beneficio de la implementación de los jardines verticales es el aislamiento térmico y la reducción de la temperatura dentro del lugar donde se implemente y con esto también se minimice el consumo de energía de elementos como ventiladores y aires acondicionados. (Secretaría de ambiente de Bogotá, 2021)

Ahora bien, el mantenimiento de los jardines verticales requiere una revisión constante y especialidades en temas relacionados con la jardinería, atención al sustrato y conocimientos del sistema de riego periódico; Esto se debe tener en cuenta para grandes y pequeños proyectos, además, este tipo de tecnología y estrategia ambiental requiere una supervisión constante, puesto que si no se hace puede llegar a dañar tanto el jardín como la infraestructura en la que este. (Secretaría de ambiente de Bogotá, 2021)

El costo de la instalación de estos jardines verticales puede variar por factores como la vegetación, el enganchado de la superficie, la extensión de la superficie, entre otros. Estos precios de instalación pueden oscilar desde los $\$300.000/m^2$ hasta los $\$600.000/m^2$. Además, se debe tener en cuenta que el mantenimiento de estas instalaciones se debe hacer constantemente y los costos de estos puede llegar a ser altos. (López Bejarano, 2019)

Cabe resaltar que esta estrategia se puede aplicar en cualquier superficie de la ciudad de Bogotá, puesto que trae beneficios ambientales, sociales y económicos al lugar donde se vaya a implementar, así mismo, es importante reconocer que la Secretaría de Ambiente está

comprometida con estas estrategias ambientales y realizan asesorías y capacitaciones gratis para la empresa, entidad u organización que desee colocar este jardín vertical en sus instalaciones. (Secretaría de Ambiente de Bogotá, 2021)

De igual manera, la Secretaría de Ambiente en Bogotá afirma que la implementación de esta estrategia se denomina “una piel natural para Bogotá” y con la implementación de estas se pueden generar diferentes ventajas las cuales están divididas en ambientales, sociales y económicos. (Observatorio Ambiental de Bogotá, 2021). Las ventajas que ofrece este tipo de sistemas en la mitigación de impactos generados por parte de la población son las siguientes:

A nivel ambiental:

- Retención de agua lluvia.
- Permite aprovechamiento de los residuos orgánicos.
- Mitigación del efecto isla de calor urbana.
- Aumento del área verde por la propagación de la biodiversidad de la ciudad.
- Absorción del ruido.
- Absorción de gases efecto invernadero.
- Cumplen sistemas ecosistémicos.
- Captura carbono durante el día.

A nivel social:

- Mejorar en paisaje urbano.
- Mejora la calidad de vida.
- Generan un nuevo conocimiento de la implementación de estas estrategias en la ciudad de Bogotá.
- Sistemas de drenaje sostenible.
- Generan una conciencia sobre el cuidado del medio ambiente.

A nivel económico:

- Evitan el uso de la calefacción y de aire acondicionado.
- Aumento del valor del predio

- Optimizan espacios para la agricultura urbana.
- Ahorro de los recursos naturales.
- Generan un puntaje en el reconcomiendo en el programa Bogotá Construcción sostenible.

Para el sistema de calles arboladas existe una clasificación zonal, la siguiente imagen organiza de manera ascendente el tipo de zona y sus descripciones en cuanto a proporción de calles o sistemas arbolados.

Tabla 10 Categorías de zonas verdes y descripción para zona urbanas

CATEGORÍAS	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
Zona verde Tipo 1	ZVT1	Área compuesta por gramíneas como el denominado pasto "quicuyo" " <i>Pennisetum clandestinum</i> ", cubierta en una proporción del 80 al 100% del área.
Zona verde Tipo 2	ZVT2	Compuesta predominantemente por pasto " <i>Pennisetum clandestinum</i> " y especies asociadas arbustivas o herbáceas de tipo o porte como el "cucubo" " <i>Solanum auctosepalum</i> ".
Zona verde Tipo 3	ZVT3	Separadores viales y glorietas con ancho mayor o igual a 10 metros y con cobertura vegetal compuesta por pasto o gramíneas.
Zona verde Tipo 4	ZVT4	Con presencia de pasto y especies arbóreas leñosas que pueden llegar a tener copas frondosas con una densidad hasta de 80 árboles por hectárea.
Zona verde Tipo 5	ZVT5	Zona verde con presencia de "rastrajo" pasto, con un porcentaje mayor del 50% de suelo descubierto, sin vegetación, con potencial de convertirse en unidad de tipo 1 o tipo 2.
Zona verde Tipo 6	ZVT6	Zona verde con presencia de pasto y especies arbóreas leñosas que pueden llegar a tener copas frondosas con una densidad mayor de 80 árboles por hectárea y un tamaño menor de 0,5 hectáreas.
Zona verde Tipo 7	ZVT7	Zona verde compuesta predominantemente por pasto " <i>Pennisetum clandestinum</i> " y especies asociadas herbáceas adaptadas a suelos de alto nivel freático de porte bajo o mediano, aledañas con frecuencia a los cuerpos de agua de los humedales.
Zona verde Tipo 8	ZVT8	Separadores viales y glorietas con ancho mayor o igual a 10 metros y con cobertura arbórea.

Fuente: Caracterización de zonas verdes en la ciudad de Bogotá D.C. Convenio 026 de 2009 entre la Universidad Distrital Francisco José de Caldas y el Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis

Para determinar este tipo de coberturas existe una clasificación la cual determina el tipo constituyente de flora presente en la infraestructura verde, se evidencian las clasificaciones correspondientes según el Plan de Silvicultura urbana para zonas verdes de Bogotá otorgado por la Secretaría Distrital de Ambiente. De este modo, tomamos dichas clasificaciones para concluir que las zonas verdes tipo 8 son las implementadas en los corredores viales y aquellas a las que se les realiza el estudio de viabilidad.

Por otro lado, la mayor ventaja de esta estrategia es que se puede implementar en cualquier tipo de construcción en la ciudad de Bogotá, puesto que es una estrategia que solo consta de modificaciones que se le puede hacer a una estructura, además de esto, cada techo y pared verde tiene diferentes costos donde lo único que se debe tener en cuenta es el presupuesto que se tiene para la implementación de esta estrategia y la cantidad de flora que se desea. Así mismo, esta estrategia trae beneficios ambientales, sociales y económicos como se puede evidenciar anteriormente, por ende, esta nueva infraestructura es una forma de mitigar los impactos negativos que están presentes en la ciudad y con esto ayudar a la calidad del medio ambiente en Bogotá y en el planeta.

8.3 Mitigación de impactos y análisis de viabilidad técnica

Teniendo en cuenta el objetivo de investigación, se establece un análisis que tiene un enfoque mixto, dicha orientación parte de establecer las ventajas que proporciona implementar estrategias tecnológicas y espacios verdes para reducir los impactos ambientales negativos que trae la actividad humana. Por otro lado, se maneja un enfoque analítico y técnico que efectúa reducciones a la contaminación de la ciudad de Bogotá. Definidos los enfoques, se establece la necesidad de una metodología cualitativa, ya que es necesario contar con registros analizables e historiales de comportamiento ambiental en los años pasados en la ciudad de Bogotá antes de la implementación de estas estrategias. De esta manera, el objetivo que busca contrastar las estructuras económicas y la proporción de ventajas ambientales se desarrolla con el contexto planteado anteriormente.

Así mismo, mediante la investigación del instituto Humboldt sobre los tipos de infraestructura verde que se puede implementar en la ciudad de Bogotá, se escogió la de techos, paredes verdes y calles arboladas, debido que es una estrategia que se puede implementar en nuevos y antiguos proyectos de construcción, teniendo como finalidad mitigar los impactos ambientales negativos que se están generando en la ciudad de Bogotá por las actividades antrópicas.

Ahora bien, techos y paredes verdes es una solución para problemas ambientales, así como las calles arboladas que proporcionan la disminución y mitigación de las islas de calor urbana, gases efecto invernadero, dióxido de carbono, alto consumo de energía y agua, por ende, esta alternativa tiene como finalidad reducir y mitigar estos problemas ambientales.

Ahora bien, basados en los índices contaminantes de la ciudad de Bogotá se planea colocar estas alternativas verdes en las localidades de Suba, Engativá, Kennedy y Ciudad Bolívar; puesto que en estas localidades es donde la contaminación del aire es mayor a comparación de las otras, esto se genera por la cantidad de industrias y transporte que transita por estos lugares. Además, la implementación de dichas infraestructuras mejoraría considerablemente la calidad del medio ambiente y de la salud de las personas que allí habitan según los estudios y análisis ya realizados en otras ciudades con componentes similares. (Secretaría de Ambiente, 2013)

Por otro lado, estas localidades agrupan diferentes estratos sociales lo que genera que las autoridades ambientales y la alcaldía de Bogotá apoyen con diferentes incentivos, esto con el fin de que los habitantes de estas localidades puedan aplicar las infraestructuras verdes de mayor potencial. Se tiene presente que la aplicación adecuada de estas estrategias proporcionaría beneficios ambientales, económicos, sociales y de salud tanto para las personas que habitan en estos lugares como para mejorar la calidad del medio ambiente de una manera tanto local como global, mediante la reducción de gases efecto invernadero, paisajismo, reducción del consumo de agua, retención de agua lluvias, conciencia social y ambiental. Por consiguiente, la aplicación de estas alternativas en estos sectores críticos como en las demás localidades generaría una serie de beneficios para Bogotá y sus zonas urbanas. (Secretaría de Ambiente, 2013)

9. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Partiendo de la revisión documental propuesta como vía del proceder metodológico, se exponen a continuación los resultados de la misma y se ponen en discusión con los planteamientos movilizadores del presente proyecto. En primer lugar, damos cuenta de que el presente proyecto no podrá abarcar la mayoría de las problemáticas en la raíz, pero sí permite plantear soluciones a nivel general en cuanto de la percepción de la ciudadanía, y también en cuanto los índices que señalan mejoras en la salud de las personas beneficiadas por estos proyectos, donde el reto es abrir una oportunidad a los espacios verdes para que se dé una sinergia entre estas alternativas y las personas que habitan en la ciudad de Bogotá, como ejemplo de esta interacción se resalta el Central Park de Nueva York, que formó sus senderos a través del libre recorrido por el lugar, teniendo en cuenta que es uno de los ejemplos más

famosos sobre la armonía que se está empezando a desarrollar dentro de las dinámicas movilizadas por actividades ciudadanas acompañadas del bienestar en materia de salud pública y libre desarrollo de tareas.

De esta manera se resalta que estimando que la calidad del aire en Bogotá estaba cumpliendo objetivos intermedios de nivel 2 estipulados por la OMS y citados previamente por la Veeduría distrital, este resultado en materia de calidad del aire tiene importantes retos de viabilidad en cuanto a movilidad, industria, ganadería, incendios forestales espontáneos o controlados, actividades inmobiliarias y un sinnúmero de actividades que podrían afectar a la calidad del aire. Siguiendo los planteamientos y hallazgos de la Secretaría Distrital de Ambiente (2013), se evidencia que hay lugares donde la pésima calidad del aire se le adjudica a localidades que tiene una interacción directa con industrias, como ejemplo de ello Fontibón, donde se reflejaron los índices más altos en contaminación del aire, auditiva, de agua y suelos, implicando así que la tendencia de los sitios y localidades que colindan en los límites de la ciudad era a tener picos altos en horas laborales, es decir, que los sitios aledaños a Bogotá son zonas industriales en su mayoría en la parte occidente tal y norte, sin embargo, donde no hay fábricas, se tiene ganadería, agricultura o explotación de algún material.

Teniendo esto en cuenta se resalta la importancia de aumentar las zonas verdes con fines ambientales y recreativos, como el direccionamiento hacia la obtención de recursos para la implementación de este proyecto, el cual respaldado por las referencias teóricas anteriormente mencionadas permiten evidenciar los impactos a largo y corto plazo que tienen las zonas verdes adaptadas al modo operacional urbano. De esta manera se resaltan varias formas de empezar a incentivar la implementación de las zonas verdes en Bogotá:

-Incrementar la cooperación institucional para gestionar el espacio verde urbano, es decir, la consulta y toma de decisiones de manera colectiva hace de la participación una herramienta para saber las consecuencias de quitar o poner infraestructuras verdes en una zona determinada. (Aburra. 2016)

-Tener un suelo lleno de sostenibilidad implica apoyar o desaprobar proyectos que solo benefician los espacios verdes en la ciudad, por ejemplo, el POT es uno de los proyectos más grandes a nivel territorial que tenemos en Bogotá. (Aburra. 2016)

-Enverdecer espacios públicos en Bogotá y mirar sus efectos, es decir, mostrando más evidencias resultantes de los efectos reales de la aplicación de los espacios verdes planeados para el comportamiento que tiene la comunidad. (Aburra. 2016)

-Las partes cívicas que tienen cierta pertenencia a las zonas verdes como garantes de cierta vigilancia y manejo de las zonas verdes en Bogotá. (Aburra. 2016)

-Innovar para gestionar ese espacio público ya construido y los proyectos para tener una vegetación más abundante por habitante sobre metro cuadrado. (Aburra. 2016)

Además se logra evidenciar que debido a la complejidad que implica el proceso de retención de partículas por millón (PM), que permite evaluar la capacidad de las plantas para retener dichas PM, se puede generar un margen de error respecto al PM y su disminución por metro cuadrado de zona verde como proporción de cifra acertada dentro del proyecto, lo que quiere decir que no se puede decir con exactitud por cuántos metros cuadrados se disminuye en un porcentaje las PM, ya que depende de condiciones como el flujo de aire, las especies que se encuentren en la zona verde y las precipitaciones. (Eider, P, 2017).

Por otro lado, se hace énfasis en que la influencia de los cerros orientales es clave en la calidad del aire y en los nacimientos de agua que califican dentro de los estándares de calidad más aceptables de Bogotá, según el Ministerio de Ambiente, desde el eje ambiental hasta la parte nororiental tenemos se tiene una de las mejores condiciones de calidad del aire, pero también se puede ver que en localidades como Teusaquillo, se encuentran más zonas verdes de habitantes por metro cuadrado en promedio en la ciudad, resaltando que le siguen localidades como Usaquén y Suba.

Finalmente, se concuerda con la Secretaría de Ambiente acerca de la importancia que tiene la implementación de estas alternativas como lo son techos verdes, paredes verticales y calles arboladas, con el fin de reducir y mitigar las actividades antrópicas en la sociedad y con esto dar una mejorar la calidad en el medio ambiente y de la salud en las personas en Bogotá. Así mismo, se resalta como importante las herramientas y oportunidades que brinda esta entidad para que las personas interesadas tengan la facilidad de implementar estas estrategias en su vida cotidiana puesto que trae beneficio ambientales, sociales y económicos.

10. CONCLUSIONES

- Se logra cumplir y dar cuenta de los objetivos planteados, ya que a partir de la revisión documental y a su vez de los hallazgos y resultados de los antecedentes teóricos e investigativos, surge la información pertinente que da cuenta del funcionamiento de estructuras verdes, sus ventajas en cuanto a salud y a la disminución socioambientales generados por los asentamientos humanos, lo que a su vez tiene implicaciones en cuanto a la viabilidad económica, técnica y social.
- Teniendo en cuenta las ventajas y diversos factores de viabilidad que implica la implementación de las infraestructuras verdes, los cuales fueron señalados a lo largo del presente documento, se resalta la importancia de la divulgación y promoción de dicha información, esto con el fin de aumentar su alcance al posicionarse como una alternativa que se establece desde una propuesta integral de beneficios a los usuarios.
- Se resalta que el manejo de datos actualizados del impacto de las zonas verdes debe ser constante ya que es de dichos datos que depende el aumento de proyectos como este y por tanto una mejora constante en cuanto al planteamiento e innovación de los mismos, dando posibles soluciones la incertidumbre urbana de cómo se va a organizar el espacio público y qué beneficios trae para la comunidad.

REFERENCIAS

Aburra, a. m. (2016). PLAN MAESTRO DE ESPACIOS PÚBLICOS VERDES URBANOS DE LA REGIÓN. Medellín.

Agencia de Brasil. (s.f.). Transito Ideal. Obtenido de Fuentes de energía para el transporte: <http://www.transitoideal.com/es/artigo/4/educador/81/fuentes-de-energia-para-eltransporte>

Aguilar, J. (2022). Reciclaje, el primer paso responsable para aprovechar la basura que generamos. Recuperado de <https://bogota.gov.co/yo-participo/blogs/basura-en-bogota-una-responsabilidad-de-todos-los-ciudadanos>

AirNow. (16 de febrero de 2016). Fundamentos del índice de la calidad del aire (AQI). Obtenido de https://airnow.gov/index.cfm?action=aqibasics.aqi_sp

Archbold Martínez, I., Vargas Robles, J. E., & Oviedo Vargas, E. (2018). Optimización del componente forestal del" plan distrital de silvicultura urbana, zonas verdes y jardinería de Bogota DC" versión 2015 como estrategia de gestión ambiental urbana.

Arquitectura Sostenible. (11 de enero de 2018). 5 tendencias en arquitectura sostenible para 2018. Obtenido de <https://arquitectura-sostenible.es/5-tendencias-arquitectura-sostenible-2018/>

Aro. (2021). Los techos verdes son geniales para reducir costos de energía en casa. Recuperado de <https://soyarquitectura.mx/arquitectura/casas-con-techos-verdes/>

Arboleda, L. J., & Bustamante, A. M. (2019). Análisis del servicio ecosistémico de regulación de la temperatura en el microclima urbano que es suministrado por el arbolado en tres zonas de Villavicencio. Proyecto de investigación VII convocatoria interna para proyectos de investigación modalidad: Proyectos interinstitucionales en el marco de la articulación entre Universidad-Empresa-Estado- Sociedad civil, 17.

Atuesta, P. (2020). Techo Verde plano - De 0 a 5 grados - Esquema constructivo - Sempergreen. Recuperado de <https://www.sempergreen.com/co/soluciones/techo-verde/types/cubierta-vegetal-plana>

Azcárate, J. (2018) Identificación de la estructura ecológica urbana.



Bogotá, A. m., Ambiente, S. D., & Mutis, J. B. (2019). Plan Distrital de Silvicultura urbana, Zonas verdes y jardinería para Bogotá D.C. Recuperado el 13 de 03 de 2022, de <https://ambientebogota.gov.co/documents/10184/2190638/PLAN+DISTRITAL+DE+SILVICULTURA+URBANA%2C+ZONAS+VERDES+Y+JARDINERIA+Doc+Final.pdf>

Bogotá, Alcaldía Mayor. (2020). Plan de desarrollo económico, social, ambiental y de obras públicas del Distrito Capital, 2020-2024. “Un nuevo contrato social y ambiental para la Bogotá del siglo XXI”.

Burbano, A. M. (2013). El espacio público como un ensamblaje de lugares producidos por discursos y prácticas. *Revista Pretil*, 3 (35), 7-12.

Cala Gino Paolo, 2018: Publicado por la universidad Ean: <https://universidadean.edu.co/casos-de-exito/una-cruzada-por-las-abejas-y-la-humanidad>

Correa Romero, D. (2013). VALORACIÓN DEL COSTO-BENEFICIO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE TECHOS VERDES: APLICACIÓN A UN CASO DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ. Recuperado de <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/19507/u670743.pdf?sequence=1>

Corporación Autónoma Regional. (2022). CAR | Río Bogotá. Recuperado de https://www.car.gov.co/rio_bogota/vercontenido/5#:~:text=QU%C3%89%20GENERA

Corzo, G. T. (2007). Manejo del arbolado urbano en Bogotá. *territorios*, (16-17), 149-173.

Chiesura, Anna, 2004: The role of urban parks for the sustainable city. *Landscape and Urban Planning* No. 68 pp. 129-138

Eider, P. (2016). Medidas de tendencia central y su uso en contexto. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia.

Empergreen. (2022). Beneficios de un jardín vertical - Sempergreen. Recuperado de <https://www.sempergreen.com/es/soluciones/fachadas/beneficios-de-un-jardin-vertical>

FRANCO R, Juan Felipe. Contaminación atmosférica en centros urbanos. Desafío para lograr su sostenibilidad: caso de estudio Bogotá. *Rev. esc.adm.neg*, Bogotá , n. 72, Jan.

2012 Available from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S081602012000100013&lng=en&nrm=iso>. access on 04 nov. 2015.

Guízar, R. (2017). Desarrollo organizacional. Principios y aplicaciones. México: McGraw-Hill, cuarta edición. Disponible en base de datos “Libros electrónicos Ebooks 7-24” en: <https://n9.cl/x15e>

García. (2018). Qué es impacto ambiental negativo y positivo con ejemplos. Recuperado de <https://www.ecologiaverde.com/que-es-impacto-ambiental-negativo-y-positivo-con-ejemplos-1512.html>

Guevara, F., & Pachon, J. (2019). 10 puntos para entender la actual crisis ambiental en Bogotá. Recuperado de <https://uniandes.edu.co/es/noticias/ingenieria/10-pasos-para-entender-la-actual-crisis-ambiental-en-bogota>

Havranek, T. J. (2010). Modern Project Management Techniques for the Environmental Remediation Industry. New York: CRC Press.

Instituto Humboldt. (2022). Infraestructura verde urbana | Biodiversidad 2020. Recuperado de <http://reporte.humboldt.org.co/biodiversidad/2020/cap4/402/#seccion1>

J.C. García-Ubaque, C.A. García-Ubaque, M.L. Vaca-Bohórquez, Medical consultation in productive age population with air pollution levels in Bogota city, Procedia Environmental Sciences, Volume 4, 2011, Pages 165-169, ISSN 1878-0296, <http://dx.doi.org/10.1016/j.proenv.2011.03.020>.

López Bejarano, J. (2019). Los costos y cuidados de tener un Muro Verde dentro de su casa o en un edificio. Recuperado de <https://www.agronegocios.co/tecnologia/los-costos-y-cuidados-de-tener-un-muro-verde-dentro-de-su-casa-o-en-un-edificio-2833088>

LÓPEZ BENÍTEZ, T. (2020). JARDINES VERTICALES. Recuperado de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/69118/L%C3%93PEZ%20-%20CSA-F0020%20Jardines%20verticales.pdf?sequence=1>

Lucio, J. V. (2008). Infraestructura verde urbana. Universidad de Alcalá.

Marin, J. (2022). El mapa de los espacios verdes en las ciudades del mundo. Recuperado de <https://elordenmundial.com/mapas-y-graficos/mapa-espacios-verdes-ciudades-mundo/>

Maldonado, J. (2009). Ciudades y contaminación ambiental. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-49932009000200009

Mendez, M. (2020). Propuesta de diseño de un modelo de techos verdes para la Universidad Antonio Nariño, sede sur –Bogotá-. Recuperado de <http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/2918/2/2020Mar%C3%ADaVictoriaMendezRozo.pdf>

Moreno, O., Lillo, C., & Gárate, V. (2014). La infraestructura verde como espacio de integración. In XI Simposio de la Asociación Internacional de Planificación Urbana y Ambiente (UPE 11)(La Plata, 2014).

Molina, M., Rodríguez Rodríguez, F., Reyna Ramírez, C.A. y Pérez Hernández, M. 2013. Perfil de la Agricultura Urbana y Periurbana en la Ciudad de México. Documento preparado para la FAO. México, D.F.

Muñoz, R. et al, (2010), —Relación entre concentraciones de PM10 y masa vegetal existente en el área de influencia de estaciones de monitoreo seleccionadas en el DF, PAOT.

Mutis, J. C. (2010). Jardín Botánico de Bogotá. Recuperado de <http://www.jbb.gov.co/index.php/contactenos>.

ORREA ROMERO, D. (2013). Valoración del costo-beneficio de la implementación de techos verdes: Aplicación a un caso de la ciudad de Bogotá. Recuperado de <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/19507/u670743.pdf?>

ONU. (2022). Los espacios verdes: un recurso indispensable para lograr una salud sostenible en las zonas urbanas | Naciones Unidas. Recuperado de <https://www.un.org/es/chronicle/article/los-espacios-verdes-un-recurso-indispensable-para-lograr-una-salud-sostenible-en-las-zonas-urbanas>

Rienda & Rodríguez, Universidad Rey Juan Carlos, 2019: La búsqueda del Dorado por los españoles.



Rojas, N. Y. (2007). Aire y problemas ambientales de Bogotá.

Ruíz, D., Ibáñez, A & Saldaña, A. (2021). Infraestructura Verde urbana. En: Moreno, L. A., Andrade, G. I., Didier, G & Hernández-Manrique, O. L. (Eds.). Biodiversidad 2020. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia. Bogotá, D. C., Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 112p.

Saavedra Robledo, Irene. Introducción a la sostenibilidad y la RSC, 1ª edición, A Coruña, Netbiblo, 2010.

Secretaría de ambiente. (2022). Techos verdes y jardines verticales. Recuperado de <https://ambientebogota.gov.co/techos-verdes-y-jardines-verticales>

Secretaría de ambiente de Bogotá. (2021). Infraestructura Vegetada. Recuperado de <https://www.ambientebogota.gov.co/documents/10184/411743/Gu%C3%ADa+Tecnica+Infraestructura+Vegetada+2021.pdf/077e3693-e9ff-4f8f-b506-9effa7b57494>

Secretaría Distrital de Ambiente. (s.f.). RMCAB. Obtenido de <http://ambientebogota.gov.co/estaciones-rmcab>

Secretaría de Ambiente. (2021). Infraestructura Vegetada. Recuperado de <https://www.ambientebogota.gov.co/documents/10184/411743/Gu%C3%ADa+Tecnica+Infraestructura+Vegetada+2021.pdf/077e3693-e9ff-4f8f-b506-9effa7b57494>

Secretaría de Ambiente. (2013). Estos son los lugares más contaminados de Bogotá » Observatorio Ambiental de Bogotá. Recuperado de <https://oab.ambientebogota.gov.co/estos-son-los-lugares-mas-contaminados-de-bogota/>

Secretaría Distrital de Salud, (2018). Protocolo de la Vigilancia epidemiológica, ambiental y sanitaria del impacto en la salud por exposición a contaminación del aire. Bogotá.

Universidad Nacional de Colombia. (2022). Aire y problemas ambientales de Bogotá. Recuperado de https://bogota.gov.co/sites/default/files/inline-files/aire_y_problemas_ambientales_de_bogota.pdf

UNFPA, 2007: Ciudad, espacio y población: El proceso de urbanización en Colombia pp. 15



Usaquén, L., & Mutis, J. B. J. C. Plan Local de Arborización Urbana.

Vásquez, A. (2016). Infraestructura verde, servicios ecosistémicos y sus aportes para enfrentar el cambio climático en ciudades: el caso del corredor ribereño del río Mapocho en Santiago de Chile. Recuperado de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rgeong/n63/art05.pdf>

Zielinsk, S., García Collante, M., & Vega Paternina, J. (2012). Techos verdes: ¿Una herramienta viable para la gestión ambiental en el sector hotelero del Rodadero, Santa Marta? Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/1694/169424101008.pdf>

Zinco. (2020). Cubiertas verdes semi-extensivas | Sistemas para cubiertas verdes | ZinCo Green Roof. Recuperado de <https://zinco-cubiertas-ecologicas.es/sistemas/cubiertas-verdes-semi-extensivas>