

**TECHOS VERDES EN VIVIENDAS DE ESTRATO 1: APLICADO AL BARRIO
YOMASA**

**DEISY DUARTE AYALA
ANGÉLICA ANDREA MORENO RUBIANO**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.
2014**

**TECHOS VERDES EN VIVIENDAS DE ESTRATO 1: APLICADO AL BARRIO
YOMASA**

**DEISY DUARTE AYALA
ANGÉLICA ANDREA MORENO RUBIANO**

**Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniero Civil**

**Director
PAULA ANDREA VILLEGAS GONZÁLEZ
Ingeniero Civil**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.
2014**



Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5 CO)

Esto es un resumen legible por humanos del [Texto Legal \(la licencia completa\)](#).

[Advertencia](#)

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

Nota de aceptación

Directora de Investigación
Ing. Paula Andrea Villegas González

Asesor Metodológico
Ing. Saieth Baudilio Chávez

Jurado

Bogotá D.C., mayo de 2014

Hoy sólo queda dar gracias a Dios por cumplir una más de mis metas, mediador de sabiduría y perseverancia para lograrlo; a mis padres y hermanos, quienes viven conmigo cada uno de mis triunfos, esfuerzos y derrotas, siempre apoyándome sin importar la situación, alentándome para no desfallecer y quienes han sido mi mayor motivación para culminar esta carrera por ser ejemplo de lucha y tenacidad para salir adelante. A mi tía y abuela por ser mi apoyo moral y espiritual.

También agradezco a todas las personas que intervinieron en este proceso de formación profesores, compañeros, amigos y jefes, con un agradecimiento especial para la Ing. Paula Villegas apoyo fundamental para el desarrollo de este proyecto.

Angélica Andrea

Principalmente quiero dedicar este trabajo a Dios, por haberme dado la fortaleza de llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional. Por eso no me queda más que agradecer a aquellas personas que han estado en el transcurso de mi vida y me han apoyado en todo momento.

A mis padres, por estar en cada uno de los momentos de triunfos y derrotas porque en gran parte gracias a ustedes hoy puedo ver alcanzada mi meta, a mis familiares y amigos que de alguna u otra manera aportaron a mi desarrollo durante este largo proceso que ya culmina. Por último quiero agradecer a la Ing. Paula Villegas por su asesoramiento y dedicación durante el desarrollo de este trabajo.

Deisy

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Ingeniera PAULA VILLEGAS, por todo el tiempo que nos ha dedicado y su colaboración durante la realización de este trabajo de grado.

La UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA por la formación profesional a lo largo de nuestra carrera.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	16
1. ANTECEDENTES	17
2. OBJETIVOS	18
2.1 OBJETIVO GENERAL	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
4. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA YOMASA	20
4.1 GENERALIDADES	20
4.2 CARACTERIZACION SOCIOECONÓMICA	27
4.3 ESTUDIO DE ESPECIES NATIVAS	30
4.4 VISITA DE CAMPO	36
5. ESTADO DEL ARTE SOBRE IMPLEMENTACIÓN DE TECHOS VERDES	42
5.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES	42
5.1.1 Europa	42
5.1.2 Asia	45
5.1.3 América	46
5.2 ANTECEDENTES NACIONALES	49
6. VIABILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE TECHOS VERDES EN LA POBLACIÓN DE YOMASA.	57
6.1 VENTAJAS	57
6.1.1 Ventajas ambientales	57
6.1.2 Ventajas económicas	58
6.1.3 Ventajas sociales	58
6.2 DESVENTAJAS	58
7. PROPUESTA DE DISEÑO IMPLEMENTACIÓN DE TECHOS VERDES	60
7.1 CLASIFICACION Y TIPOS DE TECHOS VERDES	60
7.2 ESTUDIO PRELIMINAR DE LOS TECHOS VERDES	61
7.3 IMPLEMENTACION DE UN TECHO VERDE	65
7.3.1 Implementación en Yomasa	

	pág.
7.4 ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO DEL SISTEMA PARA IMPLEMENTAR EN YOMASA	66
8. CONCLUSIONES	72
BIBLIOGRAFÍA	74

LISTA DE TABLAS

		pág.
Tabla 1.	Usme. Área, población y densidad de población urbana: 2011	27
Tabla 2.	Promedio de personas por vivienda y hogar según localidad: 2009	28
Tabla 3.	Usme. Población por estrato socioeconómico según UPZ: 2011	29
Tabla 4.	Análisis costo por m ² techos verdes	67
Tabla 5.	Análisis de costos en la vivienda de estudio 24 m ²	68
Tabla 6.	Análisis de costo vs beneficio	70

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Plano de localización	21
Figura 2. Clasificación del suelo en la localidad de Usme	23
Figura 3. Estructura ecológica principal	25
Figura 4. Bogotá D.C. Número de árboles por hectárea en el área urbana, según localidad. 2008-2010 y I semestre de 2011	26
Figura 5. Usme. Número de personas por componente del indicador de NBI. 2011	29
Figura 6. Especie dominante según localidad, Usme	31
Figura 7. Acacia negra	32
Figura 8. Retamo espinoso	32
Figura 9. Calanchoe	33
Figura 10. Anturio blanco	34
Figura 11. Orquídea con flor de mazorca	35
Figura 12. Iglesia barrio Yomasa	36
Figura 13. Contrapiso vivienda visitada	37
Figura 14. Vista interior de cubierta de vivienda visitada	38
Figura 15. Antejardín de la vivienda visitada	38
Figura 16. Ladera junto a la vivienda visitada	39
Figura 17. Cubierta de la vivienda visitada	39
Figura 18. Huerta en vivienda del sector	40
Figura 19. Siembra en vivienda del sector	40
Figura 20. Edificio "Dreamhouse"	42
Figura 21. Vivienda ubicada en Dortmund (Alemania)	43
Figura 22. Urbanización ecológica en Kassel Alemania	44
Figura 23. Viviendas de Siegen-Oberscheiden (Alemania)	44
Figura 24. Centro comercial en Zhuzhou	45
Figura 25. Techo Verde de Industria y Comercio para el Brooklyn Grange de Nueva York	47
Figura 26. High Line in New York	47
Figura 27. Techo verde proyecto residencial para Millennium Village en Vancouver, Canadá	48
Figura 28. Centro empresarial Sarmiento Angulo	50
Figura 29. Secretaria de Medio Ambiente de Bogotá	51
Figura 30. Adecuación de las botellas plásticas y mezcla del sustrato	52
Figura 31. Implementación de siembra de hortalizas en techo de vivienda	53
Figura 32. Implementación de siembra de hortalizas en techo de vivienda	53
Figura 33. Implementación de siembra de hortalizas en techo de vivienda	54
Figura 34. Implementación de siembra de hortalizas en techo de vivienda	54
Figura 35. Implementación de siembra de hortalizas en techo de vivienda	55
Figura 36. Implementación de siembra de hortalizas en techo de vivienda	56

	pág.
Figura 37. Implementación techo verde en Yomasa	66
Figura 38. Componentes del techo verde	67
Figura 39. Implementación techo verde en Yomasa	68

GLOSARIO

CAM: (Crassulacean Acidic Metabolism plants) planta suculenta de baja demanda hídrica cuyos estomas se mantienen cerrados durante el día para reducir la evapotranspiración, y se abren en la noche para capturar dióxido de carbono (CO₂). El CO₂ es almacenado como ácido málico y luego usado para la fotosíntesis durante el día.¹

CAPA DE OZONO: es un delgado escudo de gas (ozono) que se encuentra entre los 19 y los 23 kilómetros por sobre la superficie terrestre, en la estratosfera; rodea a la Tierra y la protege de los peligrosos rayos del sol. Este delgado escudo conocido por Capa de Ozono, hace posible la vida en la tierra y es vital para todos su conservación y evitar que se deteriore aún más.²

CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA: se refiere a la máxima capacidad para almacenar agua de un medio cuando éste se encuentra en estado de compactación o densidad máxima.

CARGA MUERTA: es la carga permanente que actúa sobre la estructura del techo, producto del peso propio de todos los elementos del sistema de techo verde en estado de saturación, incluyendo la vegetación en su máximo estado de desarrollo.

CARGA VIVA: es la carga no permanente o variable que actúa sobre la estructura del techo, incluye el peso total del agua que puede almacenar el sistema, el tránsito de personas y los equipos y elementos auxiliares de mantenimiento.

CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE: la construcción sostenible hace referencia a las mejores prácticas durante todo el ciclo de vida de las edificaciones, la cuales aportan de manera efectiva la minimización del impacto en el cambio climático por sus emisiones de gases efecto invernadero, el consumo de recursos y la pérdida de la biodiversidad. El objetivo principal de este tipo de construcciones es la reducción en el impacto en el ambiente y un mayor bienestar en sus ocupantes.³

CONTAMINACIÓN AMBIENTAL: se denomina contaminación ambiental a la presencia en el ambiente de cualquier agente (físico, químico o biológico) o bien de una combinación de varios agentes en lugares, formas y concentraciones tales

¹ NIETO ESCALANTE, Juan Antonio. Guía de techos verdes en Bogotá. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: http://issuu.com/ambientebogota/docs/guia_de_techos_verdes_2011?e=6173770/5274668>. [Citado: 8 de marzo de 2014].

² CAPA DE OZONO. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: http://www.tecnozono.com/capa_de_ozono.htm>. [Citado: 8 de marzo de 2014].

³ CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.cccs.org.co/construccion-sostenible>>. [Citado: 6 de febrero de 2014].

que sean o puedan ser nocivos para la salud, la seguridad o para el bienestar de la población, o bien, que puedan ser perjudiciales para la vida vegetal o animal, o impidan el uso normal de las propiedades y lugares de recreación y goce de los mismos.⁴

ECOLOGÍA: es la rama de las ciencias biológicas que se ocupa de las interacciones entre los organismos y su ambiente (sustancias químicas y factores físicos).⁵

EFFECTO INVERNADERO: es un fenómeno por el cual ciertos gases retienen parte de la energía emitida por el suelo tras haber sido calentado por la radiación solar. Se produce, por lo tanto, un efecto de calentamiento similar al que ocurre en un invernadero, con una elevación de la temperatura.⁶

ENERGÍAS RENOVABLES: las energías renovables son aquellas cuya fuente reside en fenómenos de la naturaleza, procesos o materiales susceptibles de ser transformados en energía aprovechable por la humanidad, y que se regeneran naturalmente, por lo que se encuentran disponibles de forma continua y estas perdurarán por miles de años.⁷

GEOTEXTIL: textil permeable usado en aplicaciones geotécnicas para funciones de separación, filtración, refuerzo, drenaje o protección.

PLANTAS SUCULENTAS: también llamadas plantas grasas o plantas carnosas, son aquellas que han desarrollado tallos u hojas gruesas y carnosas para almacenar agua en sus organismos.

PRECIPITACIÓN: la precipitación es cualquier producto de la condensación del vapor de agua atmosférico que se deposita en la superficie de la Tierra. Ocurre cuando la atmósfera (que es una gran solución gaseosa) se satura con el vapor de agua, y el agua se condensa y cae de la solución (es decir, precipita). El aire se satura a través de dos procesos: por enfriamiento y añadiendo humedad.⁸

SISTEMA AEROPÓNICO: se trata de un cultivo donde no se utiliza ningún tipo de sustrato. Las raíces quedan suspendidas dentro del agua.

⁴ CONTAMINACIÓN AMBIENTAL. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://contaminacion-ambiente.blogspot.com/>>. [Citado: 8 de marzo de 2014].

⁵ ECOLOGÍA. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.ecured.cu/index.php/ecolog%c3%ada>>. [Citado: 8 de marzo de 2014].

⁶ EFFECTO INVERNADERO. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://definicion.de/efecto-invernadero/>>. [Citado: 8 de marzo de 2014].

⁷ ENERGÍA RENOVABLE. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.renovables.gob.mx/portal/Default.aspx?id=1654&lang=1>>. [Citado: 8 de marzo de 2014].

⁸ PRECIPITACIÓN. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.ciclohidrologico.com/precipitacin>>. [Citado: 8 de marzo de 2014].

SISTEMA FOTOVOLTAICO: sistema que funciona con paneles o módulos fotovoltaicos. Estos paneles son también llamados paneles solares y están formados por un conjunto de celdas que producen electricidad a partir de la luz que incide sobre ellos (electricidad solar).

TECHOS VERDES: un techo verde es un sistema constructivo que permite mantener de manera sostenible un paisaje vegetal sobre la cubierta de un inmueble mediante una adecuada integración entre el inmueble intervenido, la vegetación escogida, el medio de crecimiento diseñado y los factores climáticos y ambientales.⁹

⁹ SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE. Guía de techos verdes en Bogotá, Colombia, 2011. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: http://issuu.com/ambientebogota/docs/guia_de_techos_verdes_2011?e=6173770/5274668>. [Citado: 8 de marzo de 2014].

INTRODUCCIÓN

Los techos verdes han sido utilizados desde hace siglos en algunos lugares del mundo, pero hasta hace tan solo unos años se comenzaron a apreciar sus ventajas; actualmente han tenido gran auge con la construcción sostenible y ecológica, ya que su principal fin es el ahorro del consumo de energía y mitigar la extinción de la vegetación producto de la generación de edificaciones; integrando así espacios verdes con zonas urbanas. En este trabajo se analizan las ventajas y desventajas que este componente trae, no solo a los habitantes de los hogares del barrio Yomasa, sino también a la población de la ciudad, evaluando así la posibilidad de implementarlo en construcciones con características similares.

Para la realización de este trabajo de investigación se desarrollaron 7 capítulos los cuales abarcan los temas más relevantes, como son: el planteamiento del problema, que ayudó a identificar la problemática de la comunidad de Yomasa, realizando la caracterización de la zona; el estado del arte con el ánimo de conocer los estudios y avances realizados en el contexto nacional e internacional en el tema de techos verdes; los antecedentes, que sirvieron para analizar y tomar como referencia las investigaciones desarrolladas en el tema; teniendo ya como base los anteriores capítulos se evaluó la viabilidad de la implementación en una vivienda del barrio Yomasa en la localidad de Usme en el sur de Bogotá y se realizó la propuesta de diseño.

1. ANTECEDENTES

Para el desarrollo del tema se han tenido como referencia algunos documentos y artículos de investigaciones que se han realizado sobre la temática de viviendas sostenible y la implementación de techos verdes:

- Artículo de Ordóñez-López, E. E.; Zetina-Moguel, C.; Pérez-Cortés .Sobre vivencia y cobertura de plantas en techos verdes durante el estiaje en Yucatán.
- Artículo de Zielinski, Seweryn; García Collante, Mario Alberto; Vega Paternina, Juan Carlos sobre Techos verdes: ¿Una herramienta viable para la gestión ambiental en el sector hotelero del Rodadero, Santa Marta?
- Artículo de PAYÁ, JORDI sobre La "Transmutación" Sostenible De Los Residuos Para Nuevas Materias Primas En El Ámbito Del Concreto.
- Libro techos verdes planificación, ejecución, consejos prácticos editorial Fin de Siglo.

Durante los últimos tiempos se han venido estudiando los beneficios que tienen la construcción de techos verdes en las edificaciones como es el ahorro en el consumo de energía y mitigar la extinción de la vegetación que crean las nuevas construcciones de edificaciones. De acuerdo a lo anterior queremos complementar con este proyecto la línea de investigación que tiene la Universidad Católica de Colombia donde se encuentra realizando el proyecto de investigación *Bases para la conformación de un modelo de aproximación interdisciplinar a la comunidad asentada en la cuenca Bolonia y Yomasa, orientado a la definición de estrategias de desarrollo sostenible: Una mirada inter y transdisciplinar que aporta a la gobernanza del agua, como alternativa de fortalecimiento al proyecto institucional.*

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar las ventajas y desventajas de la implementación de los techos verdes en los hogares del barrio Yomasa para evaluar su viabilidad en relación con el costo beneficio.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar estudios de los diferentes métodos de implementación de techos verdes para elegir el más viable para la población de Yomasa.
- Evaluar las ventajas, desventajas, modificaciones y beneficios que la implementación traería a la población del barrio Yomasa.
- Hacer una propuesta de diseño para la implementación de techos verdes en una vivienda tipo del barrio Yomasa.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

De acuerdo a estudios anteriores como la “Certificación LEED en viviendas de interés social: aplicada al barrio Yomasa – Bogotá” y los “Beneficios a futuro en la aplicación de sistemas sostenibles, a los hogares en el barrio Yomasa”, donde se evidencia la necesidad de crear construcciones que renueven y optimicen los recursos naturales; incluyendo la vivienda de interés social como parte integral de las ciudades. Evaluar la relación costo - beneficio que genera la innovadora tecnología de las construcciones de techos verdes en este tipo de poblaciones, crea la necesidad de formular la siguiente pregunta: ¿se justifica la implementación de techos verdes en los hogares del barrio Yomasa?

4. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA YOMASA

Este capítulo tiene como objetivo presentar el estudio de la zona para determinar las variables que se deben tener en cuenta en la implementación de los techos verdes en Yomasa.

4.1 GENERALIDADES

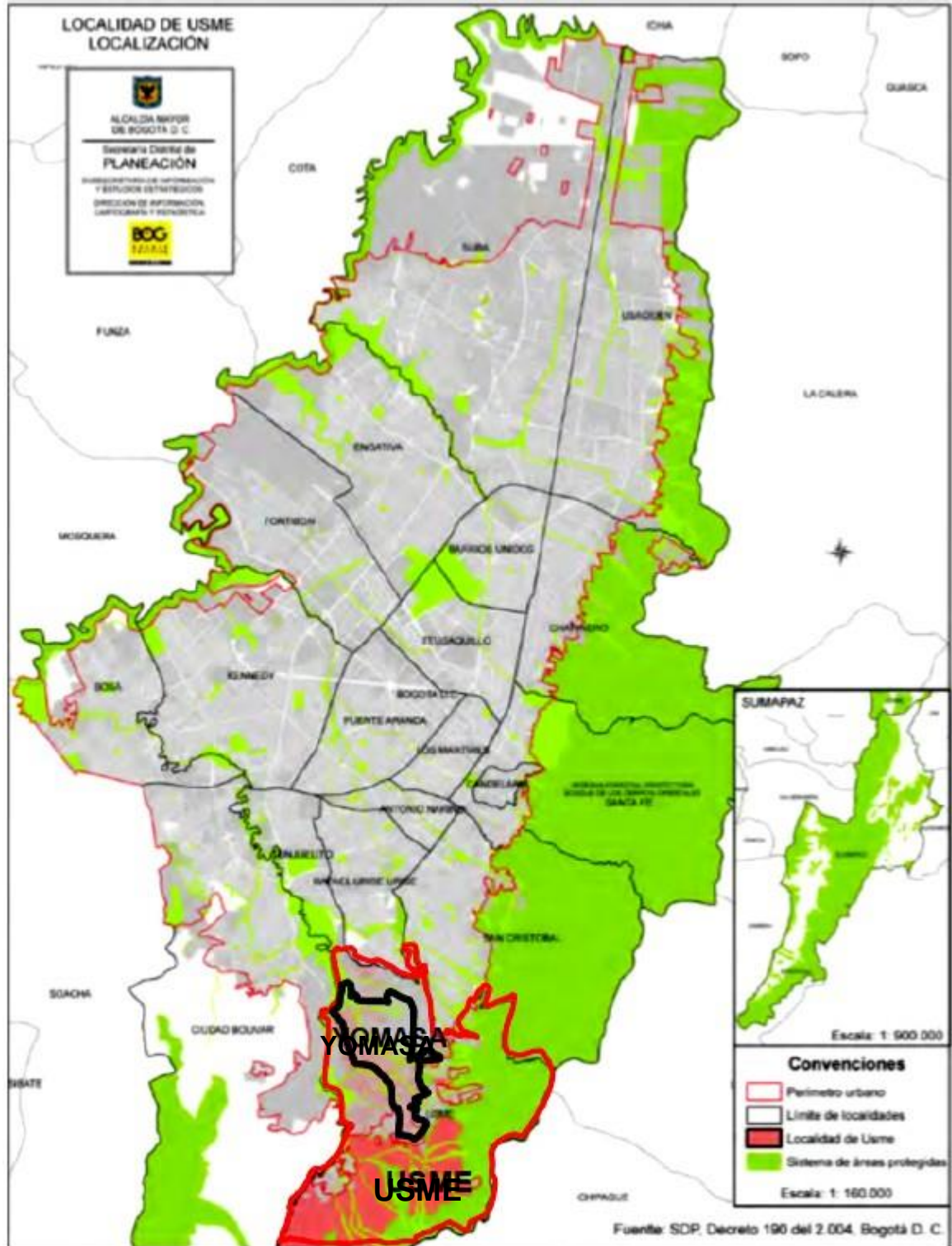
Yomasa se encuentra localizada al noroccidente de la localidad de Usme al sur de Bogotá, cuenta con aproximadamente 147.500 habitantes y una extensión aproximada de 536 hectáreas, se encuentra dentro de la UPZ N° 57 Gran Yomasa, la residencial de urbanización más extensa de Usme, la cual limita al norte con la UPZ Danubio; por el oriente con el Parque Entrenubes, Cuchilla Juan Rey; por el sur con la localidad UPZ Gran Yomasa; y por el occidente, con la UPZ el Mochuelo (con el río Tunjuelito de por medio).¹⁰

La localidad de Usme en su mayoría tiene clasificación de suelo rural, siendo la agricultura su actividad principal; se cataloga como la segunda localidad con mayor extensión del Distrito como se puede observar en la Figura 1, Plano de localización, junto con sus límites y ubicación.¹¹

¹⁰ SECRETARÍA DISTRITAL DE PLANEACIÓN. 21 Monografías de las localidades: #5 Usme. Diagnóstico de los aspectos físicos, demográficos y socioeconómicos. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/Informaci%F3nTomaDecisiones/Estadisticas/Documentos/An%E1lisis/DICE067-MonografiaUsme-31122011.pdf>>. [Citado: 10 de abril de 2014].

¹¹ Ibíd., Conociendo la localidad de Usme: diagnóstico de los aspectos físicos, demográficos y socioeconómicos. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/ciudadania/Publicaciones%20SDP/PublicacionesSDP/05usme.pdf>>. [Citado: 16 de marzo de 2014].

Figura 1. Plano de localización.



Fuente: ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ. Secretaría Distrital de Planeación. Decreto 190 del 2004.

En la Figura 1, Plano de localización, observamos la localidad de Usme limitando al norte con las localidades de San Cristóbal, Rafael Uribe Uribe y Tunjuelito, al este con los cerros orientales, con los municipios de Ubaque, Chipaque y Une (Cundinamarca), al oeste con la localidad de Ciudad Bolívar y al sur con la localidad de Sumapaz.

“La topografía de Usme combina una parte plana a ligeramente ondulada ubicada al noroccidente de la localidad y otra parte inclinada a muy inclinada localizada en las estribaciones de la Cordillera Oriental (Reserva Forestal Nacional Protectora Bosque Oriental de Bogotá y Reserva Forestal Protectora-Productora Cuenca Alta del Río Bogotá”.¹²

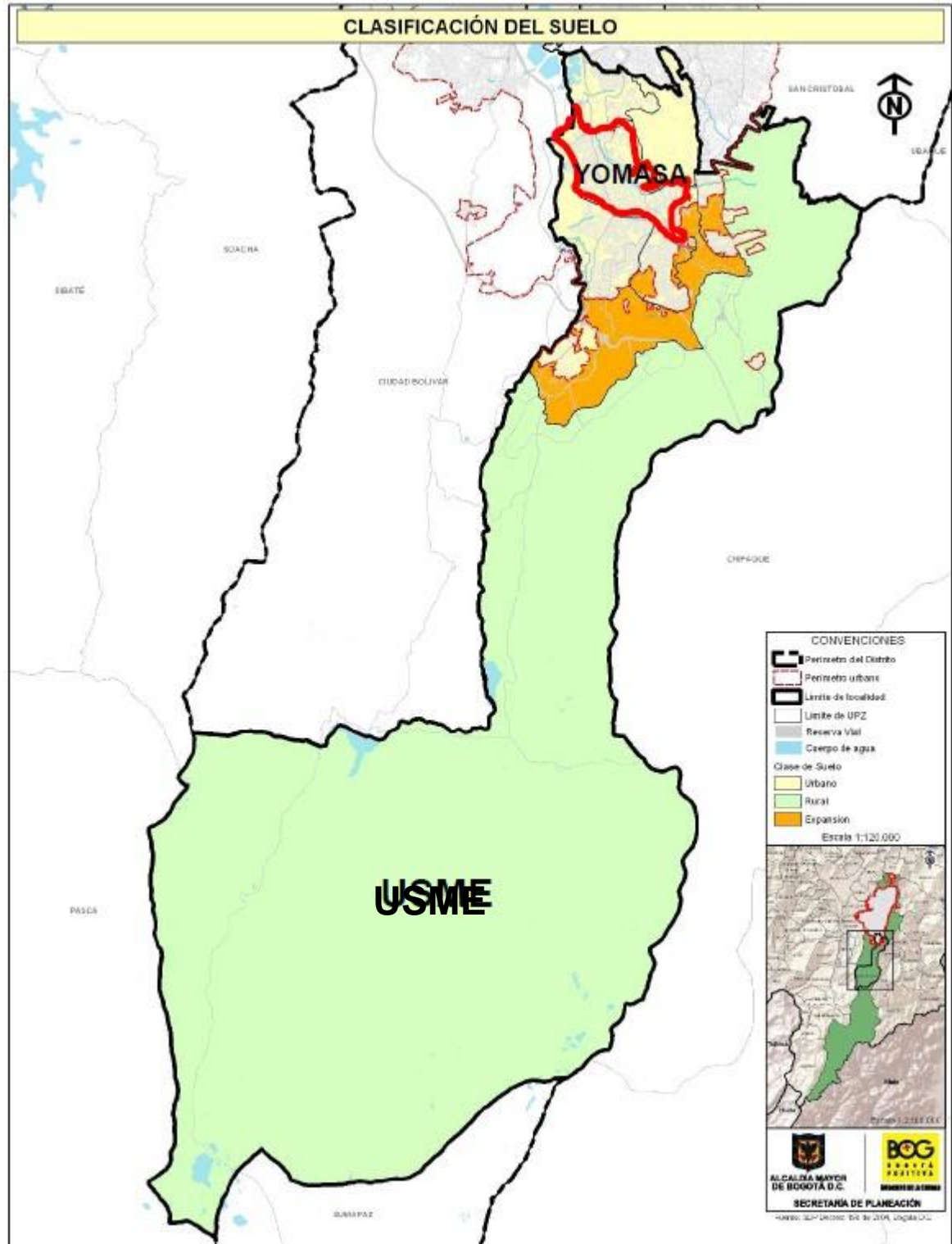
En cuanto a la temperatura sus pisos térmicos varían de frío a paramo en la parte alta de los cerros surorientales, las temperaturas oscilan entre los 7 y 14 grados centígrados. La temperatura superficial se puede referir a los datos registrados por la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá, en la Estación Usme durante los años 2006, 2007, 2008 y 2010, el promedio de estos últimos seis años es de 12,78 grados centígrados¹³.

La superficie total de Usme es de 21.506,7 hectáreas (ha), de estas 2120,7 ha corresponden a suelo urbano, 902,1 se clasifican como suelo de expansión urbana y las restantes 18.483,9 ha constituyen suelo rural. Esta clasificación se indica en la Figura 2, clasificación del suelo en la localidad de Usme.

¹² Ibíd., 21 Monografías de las localidades: #5 Usme. Op. cit.

¹³ SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE. Informe anual de calidad del aire de bogotá 2010. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://201.245.192.252:81/>>. [Citado: 10 de abril de 2014].

Figura 2. Clasificación del suelo en la localidad de Usme



Fuente: ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ. Secretaría Distrital de Planeación. Decreto 190 del 2004.

En la Figura 2, clasificación del suelo en la localidad de Usme, observamos que Yomasa cuenta en su mayoría de extensión con clasificación de suelo urbano, lo cual nos indica que se encuentra dotada de infraestructura vial y redes primarias de energía, acueducto y alcantarillado, que permiten su urbanización y edificación, de acuerdo al Plan de Ordenamiento Territorial (POT).

Uno de los recursos ambientales fundamentales de la localidad de Usme es el Parque Entrenubes, que es un parque ecológico distrital de montaña; su importancia dentro de la comunidad radica en el servicio que presta mediante actividades realizadas en el aula ambiental del parque. Además la localidad cuenta con la Reserva Forestal Nacional Protectora Bosque Oriental de Bogotá, en la cual “está prohibida la construcción de viviendas o la ampliación de las existentes y el desarrollo de actividades mineras, industriales que impliquen, en forma definitiva, el cambio en el uso del suelo y por lo tanto de su vocación forestal”¹⁴; a pesar de esto, esta resolución no es llevada a cabalidad por la comunidad, debido a la ocupación y uso indebido del suelo. Usme también cuenta en la zona sur con una clasificación de suelo rural agrícola y pecuaria.

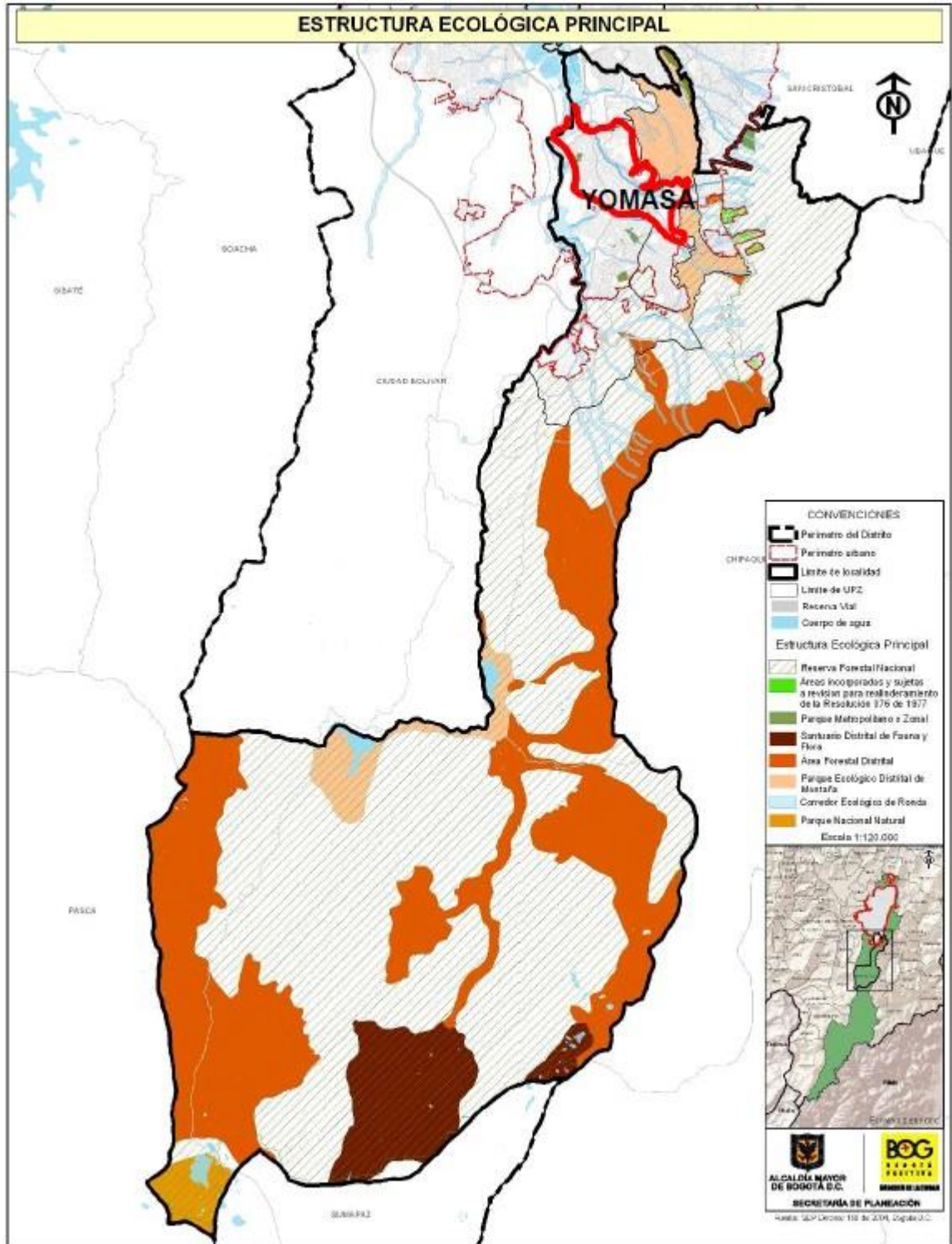
Otro de los componentes de la estructura ecológica principal de la localidad son los Santuarios Distritales de Fauna y Flora, Pantanos Colgantes y Lagunas de Bocagrande. Pantanos colgantes, localizada en las cuencas altas de los ríos Mugroso y Curubital, vereda de Arrayanes, se caracteriza por ser un área de páramo con alta concentración de pantanos colgantes, de allí su nombre; alta diversidad geomorfológica y biótica con pendientes fuertes a moderadas. Lagunas de Bocagrande, se localiza en la porción más alta de las cuencas del Tabaco (afluente del Blanco) y el Curubital (afluente del Tunjuelo). Reúne las cuencas de las lagunas del Alar, Larga, Bocagrande y vecina. Vereda Tabaco (localidad 20) y Curubital (localidad 5); se caracteriza por la concentración de lagunas de páramo y turberas con pendientes moderadas a fuertes¹⁵.

En la Figura 3, estructura ecológica principal, se observan los elementos más relevantes de la localidad de Usme en cuanto a los aspectos ambientales.

¹⁴ CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Resolución 1141 de 2006.

¹⁵ DEPARTAMENTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO DEL MEDIO AMBIENTE. Plan de manejo de ecosistemas estratégicos para las áreas rurales del distrito capital. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: http://observatorioruralbogota.gov.co/todos_doc_inves.shtml?apc=ce-,-,-,1,-,--&x=32>. [Citado: 13 de abril de 2014].

Figura 3. Estructura ecológica principal.



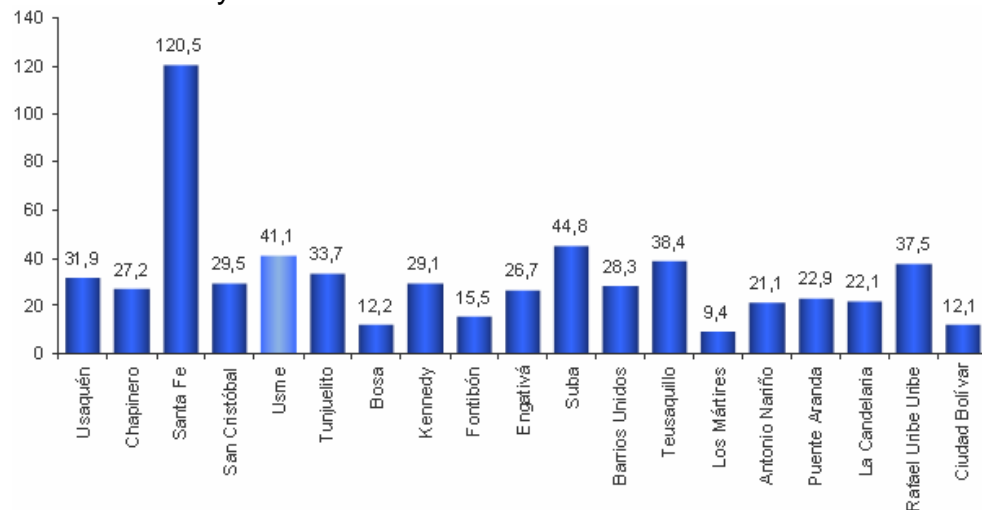
Fuente: ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ. Secretaría Distrital de Planeación. Decreto 190 del 2004.

De la Figura 3, estructura ecológica principal, se puede concluir de acuerdo a lo observado, que la zona del sector de Yomasa cuenta únicamente con algunos parques zonales y el sector con mayor caracterización de componentes de estructura ecológica principal es la zona sur de la localidad de Usme donde encontramos en su mayoría reserva forestal nacional, área forestal distrital y los santuarios de fauna y flora mencionados anteriormente.

Debido a la continua ampliación y construcción de la ciudad cada vez se reduce más la disponibilidad de espacio público en donde se puedan plantar y mantener árboles urbanos que cumplen varias funciones fundamentales que mejoran la calidad ambiental en muchos aspectos como son: capturar dióxido de carbono (CO₂), producir oxígeno, regular la temperatura, sirven como hábitat a especies tanto animales como vegetales, mejoran la calidad paisajística, entre otros; es por esto que el Jardín Botánico de Bogotá define metas de plantación y prioridades para aumentar la densidad arbórea en las localidades con los índices más bajos, así que en los últimos años se ha tenido una tendencia creciente en el tema.

La localidad de Usme es una de las líderes en el arbolado urbano, entre 2007 y el primer semestre de 2011, la densidad aumento de 40,0 a 41,1 árboles por hectárea, registrando una variación positiva de 2,8%. Se analiza la siguiente Figura 4. Bogotá D.C. Número de árboles por hectárea en el área urbana, según localidad. 2008-2010 y I semestre de 2011.

Figura 4. Bogotá D.C. Número de árboles por hectárea en el área urbana, según localidad. 2008-2010 y I semestre de 2011.



Fuente: JARDÍN BOTÁNICO JOSÉ CELESTINO MUTIS. Sistema de Información para la Gestión del Arbolado Urbano (SIGAU). [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://190.25.157.13:8080/siga/index.jsf>>. [Citado: 13 de abril de 2014].

Como se observa en la Figura 4, Bogotá D.C., número de árboles por hectárea en el área urbana, según localidad. 2008-2010 y I semestre de 2011, la localidad de

Santa Fe es líder indiscutible con 120,5 árboles por hectárea, esto es debido a que el Parque Nacional se encuentra dentro de su perímetro, en segundo lugar se encuentra la localidad de Suba con 44, 8 árboles por hectárea y en tercer lugar se encuentra la localidad de Usme con 41,1 árboles por hectárea.

4.2 CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA

Se analiza la densidad urbana, que se define como la cantidad de personas que residen en un territorio urbano de la ciudad; en este caso se refiere al número de habitantes por hectárea urbana de la localidad de Usme. Este análisis se puede realizar de acuerdo a la siguiente tabla.¹⁶

Tabla 1. Usme. Área, población y densidad de población urbana: 2011.

Localidad	Área urbana en hectáreas (Ha)	Población urbana	Densidad urbana
La Flora	132	19.876	150
Danubio	289	40.471	140
Gran Yomasa	531	147.506	278
Comuneros	493	93.846	190
Alfonso López	157	63.890	407
Parque Entrenubes	419	2.213	N.A
Ciudad Usme	137	14.852	108
Total Usme	2.158	382.654	177

Fuente: DANE - SDP, Proyecciones de población según localidad, 2006 – 2015.

En la Tabla 1, Usme. Área, población y densidad de población urbana: 2011, la localidad de Usme para el 2011 se registra una densidad urbana total de 177 habitantes por hectárea y específicamente la UPZ de la Gran Yomasa registra una densidad urbana de 278 personas por hectárea, lo que la ubica dentro de la segunda más poblada de la localidad.

En los últimos años en la localidad son cada vez más frecuentes los hogares y viviendas de tamaños pequeños, como se evidencia en la siguiente proyección del DANE.

¹⁶ SECRETARÍA DISTRITAL DE PLANEACIÓN. 21 Monografías de las localidades: #5 Usme. Op. cit.

Tabla 2. Promedio de personas por vivienda y hogar según localidad: 2009.

Localidad	Personas por vivienda	Personas por hogar
Bogotá D.C.	3,68	3,36
Usaquén	3,00	3,03
Chapinero	2,45	2,45
Santa Fe	3,29	3,19
San Cristóbal	3,73	3,54
Usme	3,99	3,65
Tunjuelito	4,21	3,38
Bosa	4,52	3,65
Kennedy	3,90	3,53
Fontibón	3,03	3,03
Engativá	3,67	3,36
Suba	3,58	3,28
Barrios Unidos	4,15	3,56
Teusaquillo	2,58	2,68
Los Mártires	3,65	3,34
Antonio Nariño	4,01	3,71
Puente Aranda	3,73	3,33
Candelaria	3,07	2,92
Rafael Uribe Uribe	3,72	3,50
Ciudad Bolívar	4,36	3,64
Sumapaz	3,68	3,96

Fuente: DANE – SDP. Proyecciones de población según localidad, 2006 – 2015.

En el Tabla 2. Promedio de personas por vivienda y hogar según localidad. 2009 encontramos la localidad de Usme con un promedio de personas por vivienda y por hogar de aproximadamente 4 según las proyecciones del DANE de 2006 a 2015, lo cual la ubica dentro de lo habitual con respecto a las demás localidades.

“La localidad de Usme tiene 382.876 habitantes, los cuales representan el 5,1% del total de población de Bogotá. Por estrato socioeconómico se tiene que del total de habitantes de Usme para el 2011, el 51,3% se encuentra en el estrato bajo, el 46,4% en el bajo-bajo y el 2,3% clasificado sin estrato; los demás estratos solo registran personas en la zona rural”.¹⁷

¹⁷ Ibíd.

Tabla 3. Usme. Población por estrato socioeconómico según UPZ. 2011.

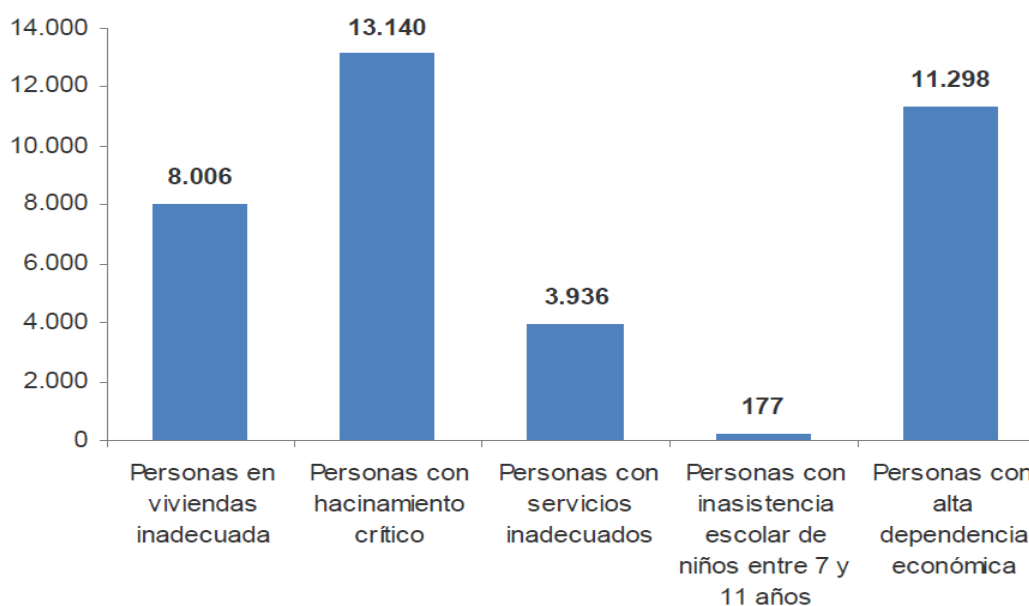
UPZ	Estratos							
	Sin estrato	Bajo - bajo	Bajo	Medio - bajo	Medio	Medio - alto	Alto	Total
52 La Flora	302	19.574	-	-	-	-	-	19.876
56 Danubio	6.113	17.988	16.370	-	-	-	-	40.471
57 Gran Yomasa	559	21.975	124.972	-	-	-	-	147.506
58 Comuneros	133	46.620	47.093	-	-	-	-	93.846
59 Alfonso López	97	63.793	-	-	-	-	-	63.890
60 Parque Entrenubes	1.264	949	-	-	-	-	-	2.213
61 Ciudad Usme	315	6.742	7.795	-	-	-	-	14.852
905 Rural Usme	-	124	68	23	3	2	2	222
Total	8.783	177.765	196.298	23	3	2	2	382.876

Fuente: DANE - SDP, Proyecciones de población según localidad, 2006 – 2015. Decreto 544 de 2009 (zonas urbana) y Decreto 304 de 2008 (zonas rural).

De acuerdo al Tabla 3. Usme. Población por estrato socioeconómico según UPZ. 2011, la UPZ Gran Yomasa tiene 147.506 habitantes de los cuales el 84,7% se ubica en el estrato bajo, el 14,9% en el bajo-bajo y el 0,4% corresponde a población si estratificar.

Yomasa es una zona con estrato 1 y 2; donde la pobreza se mide por el indicador de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), en donde se evidencia el hacinamiento crítico y la alta dependencia económica como factores influyentes en la medición de pobreza, tal como se observa en la Figura 5. Usme. Número de personas por componente del indicador de NBI. 2011.

Figura 5. Usme. Número de personas por componente del indicador de NBI: 2011.



Fuente: DANE – SDP, Encuesta Multipropósito para Bogotá, 2011

Se muestra en la Figura 5. Usme. Número de personas por componente del indicador de NBI. 2011, encontrándose que de un total de 36.557 personas encuestadas, el hacinamiento crítico tiene el mayor número de personas insatisfechas con un total de 13.140 personas, seguido se encuentran 11.298 personas con alta dependencia económica y el último índice de mayor incidencia con 8.006 personas en viviendas inadecuadas.

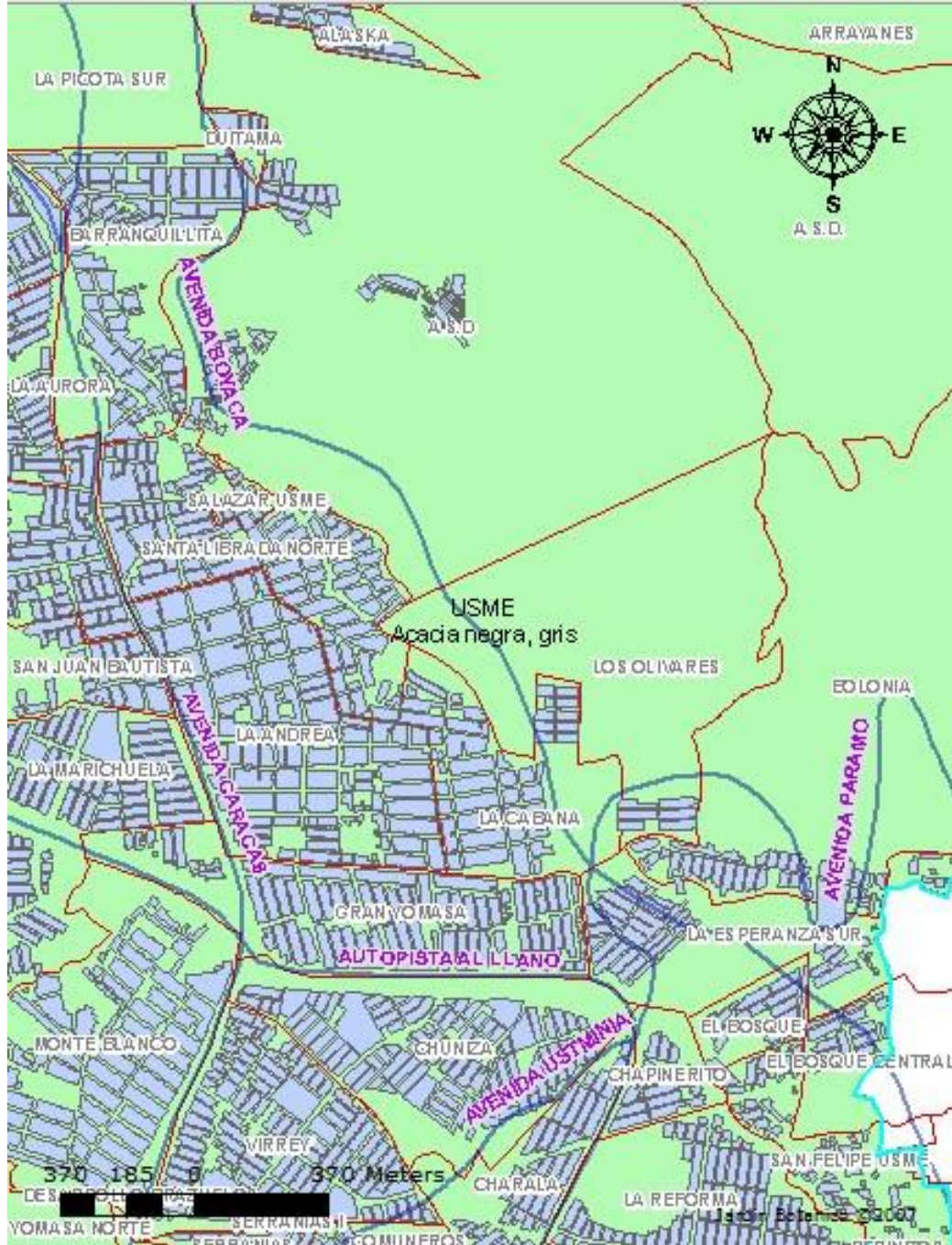
4.3 ESTUDIO DE ESPECIES NATIVAS

De acuerdo a estadísticas del Sistema de Información para la Gestión del Arbolado Urbano (SIGAU), del Jardín Botánico José Celestino Mutis, la especie dominante de la localidad de Usme es la acacia negra, gris, como se muestra en la Figura 6. Especie dominante según localidad, Usme¹⁸. También llamada *Acacia decurrens*, esta especie es originaria de Australia, planta que alcanza una altura entre 8 y 10 m. Tiene ramas finamente aterciopeladas. Hojas compuestas de numerosos folíolos (en general entre 30-40 pares), brillantes, separadas, abiertas y planas durante el día, replegadas y cerradas por la noche; cuando son maduras se presentan ramificadas. Flores pequeñas con estambres libres de color amarillo vivo, bastante perfumadas y reunidas en cabezuelas. Es una especie que crece en suelos con buen drenaje con pH entre 5,0 a 7,5 y temperaturas entre los 11°C a 18°C. Dentro de sus usos se clasifica como una especie fijadora de Nitrógeno, apta para recuperación de suelos y control de erosión. Es usada como forraje (ramoneo) en tiempos de escasez, ya que es tolerante a la sequía, y su madera se utiliza como leña. Es una especie extremadamente invasora; la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) la reporta como maleza en algunos países de África y en Colombia.¹⁹

¹⁸ JARDÍN BOTÁNICO JOSÉ CELESTINO MUTIS. Sistema de Información para la Gestión del Arbolado Urbano (SIGAU). [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://190.25.157.13:8080/siga/index.jsf>>. [Citado: 13 de abril de 2014].

¹⁹ CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA (Corpoica). *Acacia decurrens*. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: http://www.corpoica.org.co/NetCorpoicaMVC/STDF/Content/fichas/pdf/Ficha_1.pdf>. [Citado: 13 de abril de 2014].

Figura 6. Especie dominante según localidad: Usme.



Fuente: SIGAU, Sistema de Información para la Gestión del Arbolado Urbano, Bogotá D.C. 2007.

➤ Acacia negra: en la Figura 6, especie dominante según localidad, Usme, se observa de acuerdo a registros del Sistema de Información para la Gestión del Arbolado Urbano que en el sector de Usme es dominante la especie vegetal Acacia negra, gris.

Figura 7. Acacia negra.



Fuente: ACACIA DECURRENS: black wattle, green wattle. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.plantthis.com.au>>. [Citado: 8 de marzo de 2014].

En la Figura 7. Acacia negra, se ilustran sus flores amarillas muy algodonosas y densas.

➤ Retamo espinoso: En la Figura 8, retamo espinoso, se observa otro tipo de arbusto que nace en la localidad de Usme, este es de origen europeo perteneciente a la familia de las Fabáceas, subfamilia Faboideae. Los arbustos de retamo espinoso crecen hasta 4 m, formando parches densos, que desplazan a las demás especies a su alrededor.²⁰

Figura 8. Retamo espinoso



Fuente: RETAMO ESPINOSO. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: http://es.wikipedia.org/wiki/Ulex_europaeus>. [Citado: 27 de abril de 2014].

²⁰ RETAMO ESPINOSO. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: http://es.wikipedia.org/wiki/Ulex_europaeus>. [Citado: 27 de abril de 2014].

Aunque en la localidad de Usme prevalecen las plantas mencionadas anteriormente, también se pueden sembrar otro tipo de flora que favorecen más al sistema de cubiertas verdes por sus propiedades y características dependiendo el tipo de techo verde que se quiera construir, para lo cual se debe tener en cuenta los requerimientos, el ambiente que necesita para su crecimiento y el mantenimiento que requiera para vivir. A continuación se nombran algunas de estas plantas:

- Calanchoe: Esta planta alcanza una altura entre 30 y 40 cm, sus hojas son carnosas, de color verde oscuro brillante, las cuales se sostienen de tallitos ramificados y formando una mata más o menos compacta; sus flores son de forma estrellada, con cuatro pétalos cuyo color es variado, como se puede ver en la Figura 9, Calanchoe. Esta planta requiere de bastante luz y para mantenerla se debe formar un ambiente húmedo de forma indirecta.²¹

Figura 9. Calanchoe.



Fuente: CALANCHOE. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://plantas.facilísimo.com>>. [Citado: 8 de marzo de 2014].

- Anturio blanco: Planta herbácea de hasta 40 cm de altura, hojas persistentes oblongas, que nacen directamente del suelo; las flores consisten en un corto espádice de color blanco cremoso rodeado de una espata cóncava blanca que con el tiempo se vuelve verde. Se puede sembrar con tierra de jardín y debe ser regada 3 veces por semana (Ver Figura 10, Anturio blanco)²².

²¹ SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE. Guía de techos verdes en Bogotá, Colombia, 2011.

Op. cit.

²² Ibíd.

Figura 10. Anturio blanco.



Fuente: SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE. Guía de techos verdes en Bogotá, Colombia, 2011. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: http://issuu.com/ambientebogota/docs/guia_de_techos_verdes_2011?e=6173770/5274668>. [Citado: 8 de marzo de 2014].

➤ Orquídea con flor de mazorca: esta es una planta terrestre que se da en suelos bien drenados con mucha materia orgánica y requiere de gran humedad ya que proviene de bosques húmedos como se puede observar en la Figura 11, orquídea con flor de mazorca.²³

²³ Ibíd.

Figura 11. Orquídea con flor de mazorca.



Fuente: SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE. Guía de techos verdes en Bogotá, Colombia, 2011. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: http://issuu.com/ambientebogota/docs/guia_de_techos_verdes_2011?e=6173770/5274668>. [Citado: 8 de marzo de 2014].

Adicional a las plantas mencionadas anteriormente se pueden sembrar hortalizas implementando así una huerta en la cubierta, cuyo propósito principal es la producción agrícola; para este propósito se designan aéreas de plantación y circulación que faciliten la siembra y recolección. Para que este tipo de techos verdes sea liviano se debe sembrar cultivos con alturas máximas de 50 cm y peso de 150 kg/m² en estado saturado por lo que se recomienda utilizar las siguientes hortalizas:

- Lechuga crespa
- Lechuga lisa
- Rábano
- Cebolla larga
- Zanahoria
- Cilantro
- Espinaca
- Perejil.

Estas plantas son recomendadas debido a sus altos nutrientes, sus raíces poco profundas y su rápido crecimiento.

4.4 VISITA DE CAMPO

Esta visita de campo se dio gracias a la colaboración de la Facultad de Psicología de la Universidad Católica de Colombia, que ya hace varios años adelanta un programa de acompañamiento a la comunidad de Usme interdisciplinariamente, en compañía de algunas facultades como lo son Derecho, Ingeniería Industrial e Ingeniería Civil, como es nuestro caso; encabezado por la Dra. Constanza del Portillo, quien en conjunto con sus estudiantes nos brindaron el espacio y acompañamiento propicios para el reconocimiento del sector.

En la visita realizada el día 8 de Marzo de 2014, junto con nuestros compañeros del mismo programa, proyecto de *Recolección y reutilización de aguas lluvias en viviendas de interés social y bajos recursos en el barrio Yomasa en la ciudad de Bogotá*; en la zona de estudio se identificaron varias problemáticas entre ellas la falta de conciencia ambiental, la pobreza y el abandono social.

En el reconocimiento del sector Yomasa inicialmente se visitó la iglesia del barrio, en donde se refleja un total abandono de todas las entidades gubernamentales y eclesiásticas. La falta de claridad en la obtención de los recursos ya recaudados, ha sido el mayor impedimento para la construcción de la iglesia; a esto se le suma la ilegalidad del predio donde se encuentra actualmente la iglesia, ya que es considerado como espacio público. Las condiciones mencionadas se evidencian en la Figura 12. Iglesia barrio Yomasa.

Figura 12. Iglesia barrio Yomasa.



Fuente: Autoras.

En la iglesia se observan las condiciones generales de las viviendas del sector, como se muestra en la Figura 12. Iglesia barrio Yomasa los techos están

construidos con láminas de zinc y pedazos de tejas de fibrocemento sin ningún tipo de estructura que garantice la estabilidad del mismo.

Posteriormente se visitó una de las casas del sector en donde la falta de recursos económicos deja como resultado viviendas constructivamente inestables, los problemas estructurales radican en que se encuentra ubicada en una zona de alto riesgo de deslizamiento al encontrarse junto a la ladera, por lo cual el piso presenta grandes fisuras con desniveles, fisuras en muros y cubierta. En toda la vivienda existen desniveles considerables (ver Figura 13. Contrapiso vivienda visitada).

Figura 13. Contrapiso vivienda visitada.



Fuente: Autoras.

Las condiciones del techo de la vivienda son igual de inestables debido al deslizamiento presentado en la zona y la poca estabilidad de la casa; no cuenta con una estructura de cubierta definida. En la Figura 14. Vista interior de cubierta de vivienda visitada se evidencia las condiciones del techo internamente y su deterioro.

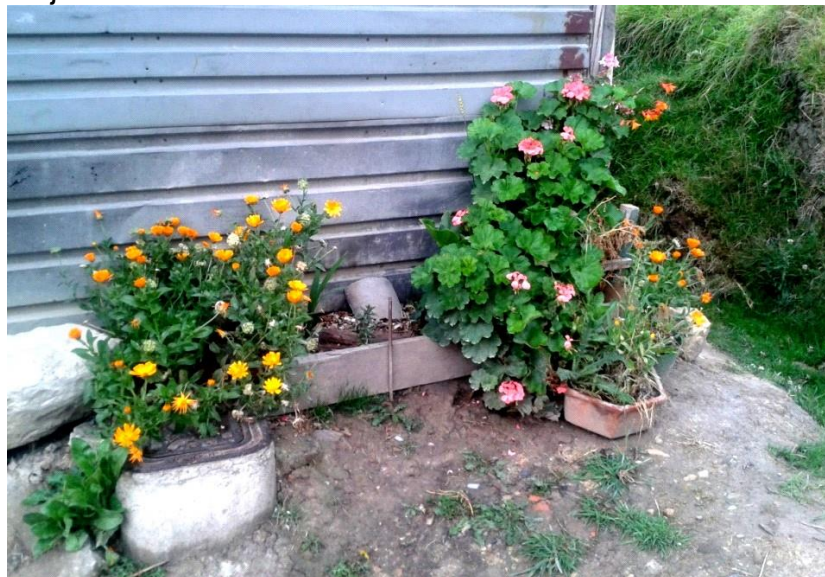
Figura 14. Vista interior de cubierta de vivienda visitada.



Fuente: Autoras.

A pesar de todas las anomalías constructivas que se encuentran en la vivienda, la conciencia ambiental es una de las características que sobresalen allí. Al exterior, en la fachada principal, se encuentra un jardín donde se cuenta con varios tipos de flores; adicionalmente el encontrarse en la ladera, junto a una zona boscosa, permite más contacto con el medio ambiente (ver Figura 15. Antejardín de la vivienda visitada y Figura 16. Ladera junto a la vivienda visitada).

Figura 15. Antejardín de la vivienda visitada.



Fuente: Autoras.

Figura 16. Ladera junto a la vivienda visitada.



Fuente: Autoras

En este predio (ver Figura 17. Cubierta de la vivienda visitada) las condiciones de la cubierta no cuentan con los requisitos mínimos necesarios para implementar techos verdes, ya que el principio de los techos verdes es garantizar que no se afecte la integridad estructural y física de la totalidad del inmueble y en este caso aun sin implementarlo no cuenta con ello. Adicionalmente no hay uniformidad en el material de la cubierta. Las condiciones anteriormente descritas se observan a continuación.

Figura 17. Cubierta de la vivienda visitada.



Fuente: Autoras.

En un recorrido más a fondo del sector, se refleja la falta de conciencia ambiental en lo que respecta al manejo de los residuos sólidos, ya que se encuentran en las calles y en algunos casos la quema es la forma de deshacerse de ellos. La contaminación de las fuentes hídricas es otro reflejo de ello, ya que se observan llantas, muebles y todo tipo de elementos contaminantes. Sin embargo no se puede generalizar, en algunas viviendas es de resaltar la labor que realizan al sembrar huertas (ver Figura 18. Huerta en vivienda del sector) y flores (ver Figura 19. Siembra en vivienda del sector), y con el reúso del agua.

Figura 18. Huerta en vivienda del sector.



Fuente: Autoras.

Figura 19. Siembra en vivienda del sector.



Fuente: Autoras.

De la visita de campo se concluye que la zona es potencialmente apta para la implementación del sistema de techos verdes, ya que se puede adaptar un sistema liviano tipo huerta, que beneficie ambiental, social y económicamente a la población. Sin embargo es evidente que la comunidad debe ser educada y capacitada, para crear una conciencia ambiental y que el sistema tenga acogida. Para las viviendas con condiciones de inestabilidad estructural se deben realizar diseños y reforzamiento estructural adecuados considerando cargas vivas y muertas para la cubierta verde.

5. ESTADO DEL ARTE SOBRE IMPLEMENTACIÓN DE TECHOS VERDES

Para conocer el marco conceptual con el que se realizó el presente documento es preciso empezar a conocer los estudios y avances realizados en el contexto nacional e internacional en el tema de techos verdes, los cuales se vienen implementando a nivel mundial, debido al preocupante deterioro de la capa de ozono y el calentamiento global, por lo que se han desarrollado tecnologías ecológicas que ayuden a reducir las concentraciones de CO₂ y otros tipos de contaminantes. A continuación se muestra como en los diferentes continentes se ha venido construyendo este tipo de sistemas:

5.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

5.1.1 Europa. Los techos verdes en Europa se han usado durante siglos, pero la tendencia moderna comenzó cuando Alemania desarrollo los primeros en la década de 1960 y ahora se han difundido considerablemente en varios países. Se calcula que alrededor del 10% de los techos verdes en Alemania son verdes.

Uno de los casos puntuales que lideran la implementación de techos verdes en Europa es el Edificio “Dreamhouse”, su complejidad al ser una rehabilitación de un edificio construido en 1950 en el barrio Lijnbaan de Róterdam (Países bajos), que originalmente estaba ideada para funcionar como “Sala de té Martin”, que después de la reforma incluye espacio para una joyería, una tienda de moda y unas azoteas ajardinadas como se puede observar en la Figura 20. Edificio “Dreamhouse”.

Figura 20. Edificio “Dreamhouse”.



Fuente: DREAMHOUSE. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.mas-sostenible.com/blog/edificio-dreamhouse.aspx>>. [Citado: 8 de marzo de 2014].

En Alemania, Stuttgart fue una de las primeras ciudades en otorgar beneficios fiscales para la implementación de techos verdes (desde 1980). Berlín adopta medidas similares en 1988, toda construcción nueva que ocupara demasiado espacio a nivel de suelo tendría que instalar un techo verde para obtener la autorización de la licencia de construcción. Alrededor del 43% de todas las ciudades de Alemania ofrecen algún tipo de incentivo para la instalación de sistemas de maduración. En 2000 había más de 15 millones de m². En el 2002 uno de cada 10 azoteas horizontales contaba con una azotea vegetada.²⁴ A continuación se presentan varias figuras de diferentes edificaciones donde se implementaron las cubiertas verdes:

En la Figura 21. Vivienda ubicada en Dortmund (Alemania), encontramos una vivienda ubicada en Dortmund (Alemania) donde se observan las diferentes inclinaciones y figuras que se le pueden dar a una estructura de techo verde.

Figura 21. Vivienda ubicada en Dortmund (Alemania)



Fuente: MINKE, Gernot. Techos verdes: planificación, ejecución y consejos prácticos. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: http://ecocosas.com/wp-content/uploads/Biblioteca/Arquitectura/TechosVerdes_Pantalla.pdf>. [Citado: 4 de abril de 2014].

En las Figura 22. Urbanización ecológica en Kassel Alemania, se puede observar el techo con vegetación de pastos, hierbas silvestres y césped sobre una cúpula de tierra.

²⁴ CONCEJO DE BOGOTÁ. Proyecto de acuerdo No. 386 de 2009. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=37533>>. [Citado: 4 de abril de 2014].

Figura 22. Urbanización ecológica en Kassel Alemania.



Fuente: MINKE, Gernot. Techos verdes: planificación, ejecución y consejos prácticos. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: http://ecocosas.com/wp-content/uploads/Biblioteca/Arquitectura/TechosVerdes_Pantalla.pdf>. [Citado: 4 de abril de 2014].

En la Figura 23. Viviendas de Siegen-Oberscheiden (Alemania) se observa techos de césped con 45° de inclinación, en viviendas de Siegen-Oberscheiden (Alemania).

Figura 23. Viviendas de Siegen-Oberscheiden (Alemania).



Fuente: MINKE, Gernot. Techos verdes: planificación, ejecución y consejos prácticos. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: http://ecocosas.com/wp-content/uploads/Biblioteca/Arquitectura/TechosVerdes_Pantalla.pdf>. [Citado: 4 de abril de 2014].

5.1.2 Asia. En Japón el gobierno de Tokio está implementando la construcción de techos verdes, para disminuir los efectos “isla de calor”. En el año 2001 el gobierno incluyó como requisito que todos los edificios nuevos que sobrepasaran los 1000 m² de suelo debían instalar en las azoteas el 20% de techos verdes. La meta del gobierno era instalar 1200 ha de este sistema para el año 2011 y así poder reducir la temperatura del centro de la ciudad en 1%.²⁵

Por otra parte en China se construyeron 4 casas encima de un centro comercial en Zhuzhou, provincia de Hunan (ver Figura 24. Centro comercial en Zhuzhou), este techo demuestra la capacidad de aprovechar el espacio inmobiliario existente en los lugares donde la propiedad nueva es escasa y cara. Es una nueva oportunidad de asegurar una vida en contacto con espacios verdes en el centro de las ciudades. China Daily informa que las casas encima de Jiutian Internacional Square Mall están destinadas a funcionar como oficinas para los empleados, promotores del centro comercial de bienes raíces, y presentan una interesante posibilidad para las zonas urbanas en busca de ofrecer a los residentes un espacio más verde.²⁶

Figura 24. Centro comercial en Zhuzhou.



Fuente: ROOFTOP VILLAS ARE LEGAL, OFFICIALS SAY. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: http://www.chinadaily.com.cn/china/2012-08/16/content_15679402.htm>. [Citado: 8 de marzo de 2014].

El gobierno Zhuzhou, ha realizado inversiones constantes para construir una ciudad verde después de haber sido nombrado una de las 34 ciudades jardín a nivel nacional en 2008, en China.

²⁵ PIOQUINTO SÁNCHEZ, Luis Ángel. Desarrollo de techos verdes en el mundo. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://gruposierradeguadalupe.blogspot.com/2009/07/development-of-green-roofs-in-the-world.html>>. [Citado: 4 de abril de 2014].

²⁶ Ibíd.

5.1.3 América. Los techos y las paredes verdes se están convirtiendo rápidamente en una forma innovadora y estética en la construcción de edificios más sostenibles. Esta técnica no solo ofrece una excelente solución para la gestión de las aguas pluviales, sino que reemplaza con verde la superficie de concreto de un edificio, mejorando la calidad del aire exterior. Es por esta razón que el continente americano es uno de los primeros en estar implantando esta nueva técnica. A continuación se relacionan los principales países que pertenecen a este continente que han venido innovando con los techos verdes.²⁷

➤ Proyectos destacados en América. Por ser líderes en el diseño y la construcción, los siguientes proyectos de Estados Unidos y Canadá fueron galardonados recientemente con el “Premio a la Excelencia” por Green Roofs for Healthy Cities (GRHC), Asociación que agrupa la infraestructura del sector de Techos Verdes en Norteamérica.

En la Figura 25. Techo Verde de Industria y Comercio para el Brooklyn Grange de Nueva York se puede ver el Techo Verde de Industria y Comercio para el Brooklyn Grange de Nueva York, este proyecto consiste en una granja sobre un techo del conocido sector de Brooklyn en Nueva York. Con gallineros y aviarios, este techo verde se ha convertido en un proyecto pionero dentro del contexto de granjas en entornos urbanos.²⁸

²⁷ MINKE, Gernot. Techos verdes: planificación, ejecución y consejos prácticos. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: http://ecocosas.com/wp-content/uploads/Biblioteca/Arquitectura/TechosVerdes_Pantalla.pdf>. [Citado: 4 de abril de 2014].

²⁸ GREIFFENSTEIN, Roselena. ¿Cuáles son los mejores techos y muros de Norteamérica? [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.vidamasverde.com/2011/%C2%BFcuales-son-los-mejores-techos-y-paredes-verdes-de-norteamerica/>>. [Citado: 14 de marzo de 2014].

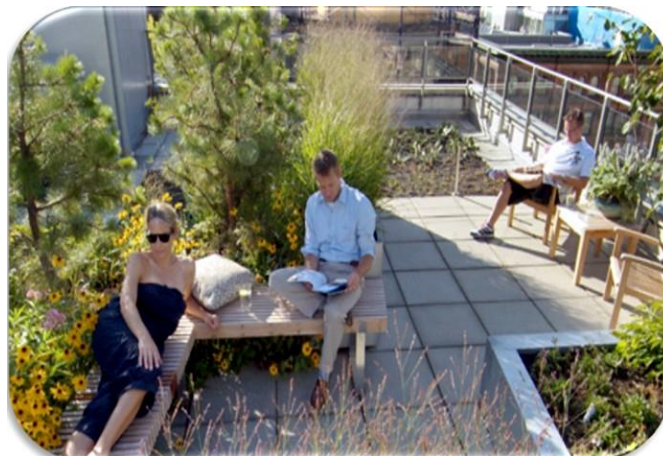
Figura 25. Techo Verde de Industria y Comercio para el Brooklyn Grange de Nueva York.



Fuente: HUERTOS URBANOS BAHÍA DE CÁDIZ. Experiencias de huertos urbanos. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://huertosurbanosbahadecdz.blogspot.com/2011/10/en-los-ultimos-anos-se-ha-venido.html>>. [Citado: 8 de marzo de 2014].

En la Figura 26. High Line in New York se observa el proyecto Institucional para High Line in New York: Este proyecto de la firma Kelco Construction, es un parque público neoyorkino construido sobre una estructura ferroviaria 1.45 kilómetros de longitud elevada, que ha logrado la integración de un pasado industrial con una visión de la naturaleza recuperada. Actualmente, es el techo verde más largo en el mundo.²⁹

Figura 26. High Line in New York



Fuente: HUERTOS URBANOS BAHÍA DE CÁDIZ. Experiencias de huertos urbanos. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://huertosurbanosbahadecdz.blogspot.com/2011/10/en-los-ultimos-anos-se-ha-venido.html>>. [Citado: 8 de marzo de 2014].

²⁹ Ibíd.

En la Figura 27. Techo verde proyecto residencial para Millennium Village en Vancouver, Canadá imagen No 18 está el Techo Verde Proyecto Residencial para Millennium Village en Vancouver, Canadá. Este proyecto, de Durante Kreuk Ltd., fue la Villa Olímpica para los Juegos Olímpicos de Invierno de 2010. La Villa, que incorpora casi 200.000 m² de techo verde con vertederos de agua de lluvia, tiene características que lo hacen terapéutico y un paisajismo de jardines sofisticados.³⁰

Figura 27. Techo verde proyecto residencial para Millennium Village en Vancouver, Canadá.



Fuente: HUERTOS URBANOS BAHÍA DE CÁDIZ. Experiencias de huertos urbanos. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://huertosurbanosbahadecdz.blogspot.com/2011/10/en-los-ultimos-anos-se-ha-venido.html>>. [Citado: 8 de marzo de 2014].

➤ México. La búsqueda del confort a un bajo costo y la disminución de la contaminación ambiental han hecho que en varios países del mundo se implementen nuevas tecnologías ambientales como es la de los techos verdes como alternativa sostenible, en Yucatán México por ejemplo por las altas temperaturas ha estimulado la búsqueda de implementar esta nueva tecnología, realizando un estudio donde utilizan 18 especies de plantas en varias combinaciones las cuales se analizaron la cobertura (sombra) que daba a las viviendas y su crecimiento, durante un periodo de 180 días, el estudio concluyo que los sustratos de menor peso seco, y las especies *Kalanchoe gastonis bonnieri*, *Comelina repens*, *Portulaca pilosa*, *Portulaca umbraticola*, *Briophyllum pinnatum*, *Portulaca grandiflora* y *Kalanchoe fedtschenkoi purple* son apropiadas para su uso en techos verdes en Yucatán, teniendo en cuenta que el clima es cálido.³¹

³⁰ *Ibíd.*

³¹ ORDÓÑEZ-LÓPEZ, E. E.; ZETINA-MOGUEL, C. y PÉREZ-CORTÉS, M. Sobrevivencia y cobertura de plantas en techos verdes durante el estiaje en Yucatán. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46725067004>>. [Citado: 6 de febrero de 2014].

➤ Estados Unidos. En los últimos años se ha venido desarrollando en EE.UU de América un activo movimiento ciudadano destinado a modificar el tradicional césped impoluto por jardines o huertos naturales, en los que el protagonismo corre principalmente a cargo de huertos, flores autóctonas e incluso piedras típicas de cada región de ciudades como por ejemplo Boston. Muchos estadounidenses se han percatado de la importancia de contribuir activa e individualmente a preservar las variedades de árboles y plantas que se encontraban en peligro ante la infructuosa moda de ser poseedores del trocito de césped mejor cortado de su barrio residencial. Además, el césped no absorbe los pesticidas utilizados para su conservación, por tanto estos quedan en la superficie resultando extremadamente dañinos para humanos y animales.

5.2 ANTECEDENTES NACIONALES

En Colombia, en la ciudad de Santa Marta se realizó un estudio en el sector hotelero de la posibilidad de implementar los techos verdes en esta zona, ya que atraería más turistas debido al ambiente ecológico que simula este sistema, pero también se analizan las barreras que implica implementar esta tecnología en el país, teniendo como principal obstáculo la inclusión y divulgación del sistema constructivo a gran escala tanto en el país como en poblaciones cercanas. Por ejemplo en este caso específico de la región Caribe las referencias más cercanas se limitaron a casos de estudios en Austria y el sur de España; obteniendo como resultado la desconfianza de la población objetivo. Por otra parte se evaluó las ventajas y las desventajas que tiene este tipo de sistemas en una ciudad con clima cálido. El resultado de este estudio concluyo que existen cuatro factores que se involucran para la instalación de sistemas de techos verdes como son: económicos, naturales, psicológicos y normativos relacionados con las bases de implementación.³²

Con el fin de profundizar los efectos que tienen los techos verdes en la remoción de CO₂ atmosférico, estudiantes de la Facultad de Administración y Gestión Ambiental de la Universidad Piloto de Colombia realizaron un análisis sobre las publicaciones³³ que existen a nivel mundial sobre el papel de los techos verdes en la remoción del carbono atmosférico en el geotrópico. Se encontraron más de 50 artículos relacionados, siendo Norteamérica y Asia las regiones con mayor producción en ese campo de conocimiento. El mayor número de publicaciones está relacionado con los efectos térmicos de las cubiertas verdes en las edificaciones; en menor porcentaje, se analizan los beneficios urbano-ambientales

³² ZIELINSKI, Seweryn, GARCÍA COLLANTE, Mario Alberto y VEGA PATEMINA, Juan Carlos. Techos verdes: ¿una herramienta viable para la gestión ambiental en el sector hotelero del Rodadero, Santa Marta? [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169424101008>>. [Citado: 6 de febrero de 2014].

³³ RAMÍREZ, Wilson A. y BOLAÑOS-SILVA, Tomás. Revisión sobre el papel de los techos verdes en la remoción de carbono atmosférico en el neotrópico. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://dialnet.unirioja.es/download/articulo/4013964.pdf>>. [Citado: 6 de febrero de 2014].

de los techos verdes; y finalmente, en unos cuantos, se discute la capacidad de absorción de CO₂ en techos verdes. Después de la revisión de varios artículos concluyeron que existe actualmente amplia bibliografía científica relacionada con techos verdes, sin embargo los énfasis temáticos están muy relacionados con las edificaciones y los efectos de las cubiertas sobre ellos, se tiene poca información sobre los beneficios ambientales que traen estos, debido a que existen pocos estudios que permitan estimar el papel real de los techos verdes en la captura de carbono urbano, por lo que se hace necesario realizar investigaciones sobre el secuestro de carbono en países neotrópicales, en plantas nativas.³⁴

En el país funcionan empresas dedicadas exclusivamente al diseño, construcción e implementación de techos verdes, a continuación se muestran algunos proyectos que ya han sido implementados en la ciudad de Bogotá:

En la Figura 28. Centro empresarial Sarmiento Angulo, se observa donde se instalaron tres mil metros cuadrados de techos verdes, el diseño de este centro empresarial se encuentra enmarcado dentro de los parámetros de la arquitectura bioclimática y los primeros edificios construidos se encuentran en proceso de certificación Leed.

Figura 28. Centro empresarial Sarmiento Angulo.



Fuente: CIUDAD EMPRESARIAL. La Ciudad Empresarial: un concepto único en diseño, arquitectónico y urbanístico que integra trabajo, tiempo libre y calidad de vida para sus habitantes. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://ciudad-empresarial.com/ventas-y-arriendos/galeria>>. [Citado: 8 de marzo de 2014].

En la Figura 29. Secretaria de Medio Ambiente de Bogotá, se muestra la terraza de la nueva sede de la Secretaria de Medio Ambiente de Bogotá, la cual tiene 1300 m² de techo verde, esta tiene 30.000 plantas de especies como calanchoes y orquídeas.

³⁴ Ibíd.

Figura 29. Secretaria de Medio Ambiente de Bogotá



Fuente: EL TIEMPO. Bogotá ya tiene su primer edificio público con techo verde. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: http://www.eltiempo.com/colombia/bogota/edificio-publico-con-techo-verde-_8813064-4>. [Citado: 8 de marzo de 2014].

Adicional a estos proyectos que se encuentran en estratos altos o empresariales, también se vienen desarrollando proyectos en viviendas de bajos recursos en el sur de la ciudad de Bogotá.

Uno de los casos se evidencia en el trabajo de grado de la alumna Carolina Forero de la Pontificia Universidad Javeriana “Sistema productivo de techos verdes en comunidades vulnerables. Estudio de caso en el barrio La Isla, Altos de Cazucá en Soacha Cundinamarca”. En este trabajo de grado se diseñó e instalaron tres sistemas productivos de hortalizas en techos de viviendas de interés prioritario ubicadas en el sector de Altos de Cazucá. El objeto de la investigación fue realizar el análisis económico y el aporte ambiental que podían brindar las diferentes hortalizas sembradas (lechuga crespita, cebolla larga, rábano, espinaca y perejil).

Para realizar esta investigación se tuvo en cuenta el soporte estructural de la vivienda para soportar el techo verde, la capacidad económica de los propietarios para aportar en la siembra y el análisis con respecto al salario mínimo legal vigente del año 2011, adicional a esto las hortalizas sembradas cumplían con una dieta alimenticia para una persona y fueron utilizadas botellas plásticas individuales de 3 lt para la siembra. Como se vio la necesidad de mantener una fuente permanente de agua se tuvo que establecer un sistema de riego por goteo, esto se realizó a través de un procedimiento para la recolección de aguas lluvias con el fin de no utilizar riego adicional sino recircular el agua para el crecimiento de las especies. Esta implementación duro dos años y los resultados obtenidos concluyeron que el sistema tiene un costo de \$ 88.808 m² y presenta ganancias que varían desde \$51.596 hasta \$109.196 mensuales al utilizar plantas

alimenticias, es decir, los techos verdes son una inversión que se recupera totalmente con los ingresos que se obtienen de la venta de estos productos.³⁵

A continuación se muestran imágenes del desarrollo de este trabajo de grado.

Figura 30. Adecuación de las botellas plásticas y mezcla del sustrato



Fuente: FORERO CORTÉS, Carolina. Ecotechos productivos para mejorar condiciones de habitabilidad y seguridad alimentaria en poblaciones vulnerables. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://revistas.javeriana.edu.co/index.php/ambienteydesarrollo/article/view/3194/2428>>. [Citado: 26 de abril de 2014].

En la Figura 30. Adecuación de las botellas plásticas y mezcla del sustrato, se observa como habitantes de la comunidad de Cazucá realizan las actividades de elaboración de recipientes para la siembra de las hortalizas.

³⁵ FORERO CORTÉS, Carolina. Ecotechos productivos para mejorar condiciones de habitabilidad y seguridad alimentaria en poblaciones vulnerables. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://revistas.javeriana.edu.co/index.php/ambienteydesarrollo/article/view/3194/2428>>. [Citado: 26 de abril de 2014].

Figura 31. Implementación de siembra de hortalizas en techo de vivienda



Fuente: FORERO CORTÉS, Carolina. Ecotechos productivos para mejorar condiciones de habitabilidad y seguridad alimentaria en poblaciones vulnerables. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://revistas.javeriana.edu.co/index.php/ambienteydesarrollo/article/view/3194/2428>>. [Citado: 26 de abril de 2014].

En la Figura 31. Implementación de siembra de hortalizas en techo de vivienda se muestra el producto de la siembra de lechuga crespa en el techo de una vivienda de Cazucá.

Figura 32. Implementación de siembra de hortalizas en techo de vivienda .



Fuente: FORERO CORTÉS, Carolina. Ecotechos productivos para mejorar condiciones de habitabilidad y seguridad alimentaria en poblaciones vulnerables. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://revistas.javeriana.edu.co/index.php/ambienteydesarrollo/article/view/3194/2428>>. [Citado: 26 de abril de 2014].

La Figura 32. Implementación de siembra de hortalizas en techo de vivienda es una panorámica de la implementación de uno de los techos verdes en Cazucá.

Figura 33. Implementación de siembra de hortalizas en techo de vivienda.



Fuente: FORERO CORTÉS, Carolina. Ecotechos productivos para mejorar condiciones de habitabilidad y seguridad alimentaria en poblaciones vulnerables. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://revistas.javeriana.edu.co/index.php/ambienteydesarrollo/article/view/3194/2428>>. [Citado: 26 de abril de 2014].

En la Figura 33. Implementación de siembra de hortalizas en techo de vivienda se muestra un perfil de uno de los techos verdes sembrado con lechuga y rábano, cuya combinación da una visualización de contrastes de colores.

Figura 34. Implementación de siembra de hortalizas en techo de vivienda.



Fuente: FORERO CORTÉS, Carolina. Ecotechos productivos para mejorar condiciones de habitabilidad y seguridad alimentaria en poblaciones vulnerables. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://revistas.javeriana.edu.co/index.php/ambienteydesarrollo/article/view/3194/2428>>. [Citado: 26 de abril de 2014].

En la Figura 34. Implementación de siembra de hortalizas en techo de vivienda se muestra un perfil donde se puede observar el sistema de riego.

Figura 35. Implementación de siembra de hortalizas en techo de vivienda



Fuente: FORERO CORTÉS, Carolina. Ecotechos productivos para mejorar condiciones de habitabilidad y seguridad alimentaria en poblaciones vulnerables. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://revistas.javeriana.edu.co/index.php/ambienteydesarrollo/article/view/3194/2428>>. [Citado: 26 de abril de 2014].

En la Figura 35. Implementación de siembra de hortalizas en techo de vivienda se observa la fachada principal de una de las viviendas con la implementación del techo verde.

Figura 36. Implementación de siembra de hortalizas en techo de vivienda



Fuente: FORERO CORTÉS, Carolina. Ecotechos productivos para mejorar condiciones de habitabilidad y seguridad alimentaria en poblaciones vulnerables. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://revistas.javeriana.edu.co/index.php/ambienteydesarrollo/article/view/3194/2428>>. [Citado: 26 de abril de 2014].

En la Figura 36. Implementación de siembra de hortalizas en techo de vivienda se observa de manera general el techo verde en una cubierta a dos aguas con la caneca para la recolección del agua lluvia para el sistema de riego del mismo.

6. VIABILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE TECHOS VERDES EN LA POBLACIÓN DE YOMASA

Para evaluar si el sistema de techos verdes se puede implementar en el barrio Yomasa es necesario evaluar algunos factores ambientales, sociales y económicos que este conlleva, por lo cual a continuación se detalla el análisis de estas variables para concluir si es viable su implementación.

6.1 VENTAJAS

Las ventajas de los techos verdes se pueden analizar desde varios ámbitos, ya que sus beneficios son múltiples como se describe en la Guía de Techos Verdes en Bogotá. A continuación se analizarán sus ventajas desde el ámbito ambiental, económico y social.

6.1.1 Ventajas ambientales.

- Manejo del agua lluvia. “El agua que atrapa el techo verde reduce el volumen de escorrentía, representa menor carga en el sistema de drenaje, menor probabilidad de erosión y derrumbes causados por el agua, menor contaminación del recurso y atenuación del caudal”.³⁶ La reutilización del agua lluvia como sistema de riego para el techo verde, para riegos aledaños o incluso para las instalaciones de suministro de agua internas de la vivienda como en inodoros; da un valor agregado al techo.

- Mitigación del efecto de isla de calor y reconstrucción del equilibrio climático. Es la Refrigeración del espacio mediante el proceso de evapotranspiración de la vegetación y evaporación del agua retenida en otras capas del sistema. En los centros urbanos la principal generación de O₃ (Ozono) se da cuando la luz rompe las partículas de Dióxido de Nitrógeno NO₂ (fotólisis), y estas interactúan con compuestos orgánicos volátiles VOC; las principales consecuencias de esto son que a mayor temperatura se genera más Ozono (O₃), mayor consumo de energía y emisiones de CO₂ y enfermedades causadas por calor como estrés, agotamiento, erupciones cutáneas, etc. Los techos verdes ayudan a disminuir el fenómeno reduciendo las variaciones de temperatura del ciclo día-noche, la humedad del aire y reflejan el 27% de la radiación, las plantas y la tierra absorben el 60% y 13% se transmite hacia la tierra³⁷.

- Reconstrucción del paisaje natural. Los techos verdes ayudan a crear espacios visualmente ecológicos y aumentan las zonas verdes, lo que crea un paisajismo que promueve ambientes agradables para la comunidad.

³⁶ SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE. Guía de techos verdes en Bogotá, Colombia, 2011.

Op. cit.

³⁷ Ibíd.

- Fomento de la biodiversidad. La siembra de diferentes hortalizas da espacio para la creación de un hábitat natural que genera especies vegetales y animales.
- Mejoramiento de la calidad del aire. Al capturar CO₂, partículas en suspensión y otros compuestos contaminantes que afectan a la población mundial; hace que el sistema contribuya a contrarrestar la contaminación ambiental y emita oxígeno.

6.1.2 Ventajas económicas.

- Incremento del valor comercial de la edificación. La cubierta verde aporta valor agregado a los tributos estéticos y funcionales de la edificación.
- Reducción del consumo energético y costos de operación: El aislamiento térmico del sistema de cubierta verde puede mejorar el desempeño térmico de los espacios interiores, reduciendo el consumo energético de los sistemas artificiales de climatización e incrementando las condiciones de confort.
- Prestaciones técnicas adicionales. Las cubiertas verdes proporcionan aislamiento acústico, son un medio captador y filtrador de agua lluvia y aumentan la eficiencia de sistemas fotovoltaicos.
- Productividad. Las cubiertas verdes tipo huerta están en capacidad de producir alimentos y productos agrícolas para el autoconsumo o la venta.

6.1.3 Ventajas sociales.

- Aislamiento acústico y absorción de ruido.
- Aumento del espacio utilizable.
- Beneficios para la salud física y mental.
- Alivio visual.
- Educación ambiental.

6.2 DESVENTAJAS

Cada tipo de sistema de techo verde presenta desventajas las cuales se deben reducir implementando el sistema más idóneo para la edificación, localización y condiciones ambientales donde se requiere instalar. Algunas de estas desventajas son:

- Alto costo de inversión. El diseño e instalación de una cubierta verde en la mayoría de los casos requiere de una alta inversión, ya que requiere una estructura estable con la cual no cuentan muchas de las casas de Yomasa; y si se cuenta con ella debe soportar mayores cargas muertas. Adicionalmente el constante mantenimiento que requiere un techo tipo huerta, bien sea realizado por

sus propietarios o por personas externas, genera un aumento en la mano de obra respecto a una cubierta convencional.

- Mayores cargas muertas. Para viviendas nuevas se debe tener en cuenta para el diseño de la estructura de cubierta un diseño mejorado para soportar las cargas muertas que el techo verde requiere. En el caso de las edificaciones existentes se debe evaluar que la estructura resista las cargas que se añaden a esta, sin afectar su resistencia, de lo contrario se deberá realizar un reforzamiento estructural.
- Constante mantenimiento. La implementación de un techo verde tipo huerta requiere un mantenimiento superior; ya que, la siembra, cuidado y recolección de las hortalizas, hace que sea mayor al de una cubierta convencional. Este también requiere un sistema de riego y drenaje intensivo, el cual se incluye en el mantenimiento del mismo.
- Reparaciones. En caso de que el sistema no se haya instalado bien o no tenga constante mantenimiento, puede causar grandes daños a la estructura por humedad, retención de agua o llegar a que las raíces penetren la cubierta.
- Educación ambiental. Para que el sistema tenga acogida dentro de la comunidad, es necesario concientizar a la población sobre los beneficios que un techo verde genera, ya que como se evidencio en la visita de campo actualmente no se cuenta con esta educación.

7. PROPUESTA DE DISEÑO IMPLEMENTACIÓN DE TECHOS VERDES

Antes de realizar una propuesta de implementación de techos verdes debemos tener en cuenta los requerimientos mínimos que el sistema demanda. La planeación de un techo verde conlleva a la realización de estudios y diseños en cada caso específico para determinar el sistema más adecuado que garantice su funcionamiento.

7.1 CLASIFICACIÓN Y TIPOS DE TECHOS VERDES

Conforme a la Guía de Techos Verdes en Bogotá, que implementó la Secretaría Distrital de Ambiente, los techos verdes se clasifican en dos categorías: según su propósito principal y uso, en primarios; según su robustez del sistema y vegetación empleada, en secundarios.

Los primarios pueden ser: autorregulados (utilizan el mínimo de materiales, inversión económica y peso), ajardinados (con especies vegetales ornamentales sin restricción de tamaño y gran espesor), ecológicos especializados (sirven como hábitat para flora y fauna local con vegetación de 200 centímetros de altura y 450 kilogramos de peso) y tipo huerta (para producción agrícola con sistemas de riego). Por su parte, los secundarios se dividen en livianos (reducen el peso total), moderados (con robustez intermedia) y robustos.

De acuerdo a la Guía de Techos Verdes en Bogotá, actualmente se pueden encontrar diversos sistemas que se encuentran en desarrollo y estudio, a continuación se identifican los tipos de sistemas de techos verdes de acuerdo a la tecnología empleada:

- Sistema tipo multicapa monolíticos: este consiste en apoyar directamente sobre la capa impermeabilizada varias capas de componentes especializados que tienen continuidad horizontal, lo cual hace que el sistema actúe monolíticamente sobre la totalidad del área del techo o sobre una determinada área.
- Sistema tipo multicapa elevados: en este caso las capas especializadas se apoyan sobre pedestales que elevan el sistema del techo impermeabilizado creando un intersticio horizontal continuo en el intermedio.
- Sistema tipo receptáculo: estos sistemas consisten en apoyar sobre la capa impermeabilizada recipientes individuales que alojan el medio de crecimiento y la vegetación, estos recipientes pueden tener forma de bandeja, materas, sacos o cajones.
- Sistema tipo monocapa: son tapetes preservados que incorporan en una sola capa los diferentes componentes estables y activos, y se deben fijar al techo impermeabilizado.

➤ Sistema aeropónicos: este sistema es diferente a los anteriores ya que no requiere de sustrato para el crecimiento y nutrición, este necesita de un mecanismo de soporte para la vegetación, en este caso la nutrición se realiza por medio de irrigación directa en forma de líquido o vapor a las raíces expuestas de las plantas. Este sistema no está desarrollado actualmente en la ciudad de Bogotá.³⁸

7.2 ESTUDIO PRELIMINAR DE LOS TECHOS VERDES

Como se indica en la Guía de Techos Verdes en Bogotá, es de vital importancia para la etapa de estudio preliminar y especificaciones recolectar cierta información previa con el fin de garantizar la compatibilidad del sistema de techo verde con el inmueble, el propósito del techo verde y las condiciones climáticas medioambientales del lugar de implementación. A continuación se mencionan los factores a tener en cuenta:

✚ Características técnicas del inmueble a intervenir:

- Generales
 - ✓ Localización y fecha de construcción.
 - ✓ Uso del edificio.
 - ✓ Periodo de vida útil del edificio.
 - ✓ Accesibilidad.
 - ✓ Área a intervenir.
 - ✓ Requerimientos para edificaciones existentes.
 - ✓ Futuras intervenciones o ampliaciones al inmueble.

- Estática
 - ✓ Posibilidades de implementación del sistema de techo verde de acuerdo al tipo de sistema estructural del edificio.
 - ✓ Requerimientos de la NSR-10.
 - ✓ Ubicación de elementos estructurales de la cubierta.
 - ✓ Capacidad de carga de la estructura de soporte.
 - Carga máxima admisible.
 - Cargas muertas.
 - Cargas vivas.
 - ✓ Posibles movimientos del edificio.
 - Tipo o sistema constructivo de cubierta.
 - Pendiente de la cubierta.
 - Accesibilidad a la cubierta.
 - Red de suministro de agua.
 - Red eléctrica.
 - Red de evacuación de aguas lluvias.
 - Orientación y asolación.

³⁸ Ibíd.

- Construcción.
 - ✓ Altura del nivel de instalación.
 - ✓ Rutas de acceso a la cubierta.
 - ✓ Requerimientos de seguridad industrial.
 - ✓ Equipo requerido.
 - ✓ Secuencia de construcción.
- ✚ Propósito del techo verde:
- Clasificación primaria y secundaria.
 - Tiempo de vida útil esperada.
 - Transitabilidad.
 - Perfil del usuario.
 - Requerimientos de mantenimiento.
 - Elementos complementarios requeridos (mobiliario, áreas o superficies transitables, etc).
- ✚ Factores climáticos y medioambientales:
- Intensidad y duración de exposición solar.
 - Precipitación anual y mensual.
 - Intensidad de lluvia.
 - Cantidad de eventos de lluvia al año.
 - Temperatura promedio del aire mínima y máxima.
 - Humedad relativa.
 - Frecuencia dominante del viento.
 - Velocidad del viento.
 - Mes del año con mayor número de días de lluvia.
 - Mes del año con menor número de días de lluvia.

Con base en la información obtenida del estudio preliminar se determinaran los parámetros de diseño del techo verde, requerimientos que se señalan a continuación:

- ✚ Requerimientos de diseño relacionado con edificaciones nuevas y existentes:
- Hipótesis de carga admisible.
 - Pendientes requeridas.
 - Estanqueidad.
 - Manejo de aguas lluvias.
 - Estrategias anti-erosión por deslizamiento y viento para sistemas de techo verde planos e inclinados.
 - Acceso para actividades de mantenimiento de la cubierta, equipos o fachadas.
- ✚ Requerimientos de diseño relacionados con la cobertura vegetal:
- Porte (Altura de crecimiento).
 - Profundidad de medio de crecimiento requerido.
 - Crecimiento y reproducción.

- Sistema radicular.
- Requerimientos nutricionales.
- Requerimientos hídricos.
- Periodo de tolerancia a la sequía.

7.3 IMPLEMENTACIÓN DE UN TECHO VERDE

La instalación del sistema de techo verde, independientemente del sistema a utilizar, debe garantizar el correcto funcionamiento del mismo, lo cual significa la interacción de los componentes y elementos del sistema para lograr la compatibilidad de este con los requerimientos del estudio preliminar. En esta etapa a manera general, como se indica en la Guía de Techos Verdes en Bogotá de la Secretaría Distrital de Ambiente, se deben tener en cuenta los siguientes requisitos y actividades:

✚ Requisitos previos a la instalación:

- Acabados de placa o superficie de instalación: Estos deben garantizar la homogeneidad para evitar daños en la impermeabilización o problemas de infiltraciones o estancamientos de agua.
- Pendientados: Estos deben garantizar el drenaje del sistema y evitar estancamientos de agua, por lo cual es recomendable realizar pendientes con una inclinación mínima del 2% hacia los desagües.
- Red de evacuación de aguas lluvias: Esta debe contar con desagües puntuales como son los sifones o lineales en el caso de canales o vigas canales. Sin importar cual fuere el caso se debe garantizar acceso a ellas para su libre funcionamiento e inspección periódica.

✚ Instalación:

- Impermeabilización y barreras anti-raíz: Esta capa de impermeabilización debe instalarse uniforme y monolíticamente en la totalidad del techo sin importar que tenga áreas no vegetalizadas. Se recomienda utilizar para esta capa material sintético ausente de asfalto y bitumen, debido a que estos generalmente contienen materia orgánica que atrae las raíces, lo que puede llegar a generar perforaciones en la capa. De no utilizarse el material recomendado se deberá tratar con un inhibidor de raíces o barreras de protección anti-raíz que garanticen la protección de la capa. Posterior a su instalación se debe realizar una prueba de estanqueidad para asegurarse de su correcto funcionamiento; esta se efectúa tapando temporalmente todas las bajantes de la cubierta e inundándola hasta alcanzar una altura de lámina de agua de 5 cm por encima de los puntos más altos del pendientado durante 48 horas, cuidando que no hayan lluvias durante este periodo para evitar inundaciones y sobrecargas. Se debe realizar una inspección visual minuciosa para identificar posibles daños o filtraciones de la capa y poder realizar las reparaciones a que haya lugar.

- Elementos auxiliares y protección de desagües: Se deben instalar con el fin de permitir la transición entre las áreas con cobertura vegetal, las áreas transitables y los filtros de desagües o elementos emergentes en la cubierta. Deben ser de material resistente a la intemperie y la humedad.
- Medios de drenaje: Se instalan de manera continua sobre la capa de impermeabilización y bajo el área vegetalizada y se pueden extender a las áreas perimetrales de material de filtro. Es importante que en su instalación no se obstruya el drenaje del agua lluvia.
- Barreras filtrantes o geotextiles: Se deben extender en franjas con traslapes mínimos de 15 cm y debe garantizarse su instalación en todos los elementos incluidos bordes y remates laterales.
- Medios de crecimiento: El sustrato se debe fabricar de acuerdo a los requerimientos de dosificación y granulometría de cada componente y para garantizar su uniformidad y distribución granulométrica homogénea se deberá mezclar en estado seco con los medios mecánicos. Se debe tomar 2 muestras de 3 kg por cada 5 m³ de sustrato fabricado, indicando sus características, con el fin de someterlas a ensayos para verificar niveles óptimos de Ph, conductividad eléctrica, contenido de materia orgánica, volumen de aire, nutrientes mayores y nutrientes menores. Su colocación y distribución será en dos capas sin compactar, cuya profundidad dependerá del tipo de techo verde y el volumen de raíces de las especies de la cobertura vegetal.
- Cobertura vegetal: La plantación de las especies se realizara por alguno de los siguientes medios:
 - ✓ Plantación por esqueje: Consiste en colocar entre la primera y segunda capa del sustrato mínimo 20 tallos sanos por metro cuadrado dependiendo la especie vegetal.
 - ✓ Plantación por siembra de plantas: Consiste en realizar orificios al sustrato humedecido del diámetro y profundidad de las raíces de la planta, allí se coloca la planta y se fija con el sustrato extraído. El proceso de siembra se debe realizar previendo no transitar por encima de las plantas y el sustrato debe ser protegido con tablas para transitar evitando cargas puntuales que lo desnivelen o dañen el geotextil. Las plantas deben tener un proceso previo de crecimiento de mínimo mes y medio para tener sus raíces formadas.
 - ✓ Plantación por semilla: Consiste en esparcir cierto porcentaje de semillas por metro cuadrado dependiendo la especie vegetal cubriéndolas ligeramente con el sustrato. En el caso de especies con reproducción por semilla se debe instalar mallas plásticas de protección que eviten su remoción por viento o aves. El sustrato debe ser humedecido durante la siembra y el proceso de germinación.

Este proceso tarda varias semanas o meses antes de que emerja la planta, dependiendo de las condiciones climáticas, de diseño y del sustrato.

✓ Plantación por medio de tapetes vegetales pre-cultivados: Consiste en instalar un tapete con una capa de sustrato con vegetación de bajo porte, la cual cuenta con una estructura de fijación. Este debe contar como mínimo con un 75% de consolidación antes de ser trasladado y el sustrato debe tener buenas condiciones de humedad.

7.3.1 Implementación en Yomasa. Para la implementación en el caso del barrio Yomasa, como se ha mencionado en todo el documento es esencial contar con una estructura estable como base fundamental del sistema, por lo que se recomienda hacer un mejoramiento estructural a la vivienda a intervenir, bien sea chequeando los cálculos del diseño para verificar la capacidad de cargas adicionales, con un reforzamiento estructural o la construcción nueva; independientemente cual sea el caso, se debe instalar una estructura de soporte para la cubierta verde.

Para establecer la clase y tipo de sistema a implementar nos basamos en el estudio de la zona, el cual arroja como resultado de las variables socioeconómicas y las condiciones climáticas medioambientales, implementar un techo tipo huerta para la producción agrícola, clasificado como primario; el tipo de sistema denominado receptáculo, es el más óptimo para las condiciones generales de las cubiertas del sector, por ser recipientes individuales apoyados en las cubiertas existentes.

Teniendo como antecedente el sistema implementado en el barrio La Isla, Altos de Cazucá, Soacha, Cundinamarca, en viviendas de interés prioritario; el cual cuenta con condiciones similares a las de Yomasa en todos los aspectos; económicos, sociales y ambientales, se recomienda implementar el sistema de la siguiente manera:

En la visita de campo al sector de Yomasa, se encuentra que en la mayoría de los casos de las viviendas donde se cuenta con una cubierta estable se utiliza teja ondulada de fibrocemento a dos aguas con inclinaciones aproximadas del 35%; partiendo de este parámetro se reciclan botellas de PET (tereftalato de polietileno) de 3 lts, adaptándolas a recipientes tipo materas con perforaciones por donde crecen las plantas. Como sustrato se propone manejar una mezcla entre tierra negra y cascarilla de arroz (relación 2:1). Las plantas a implementar pueden ser lechuga crespita, lechuga lisa, rábano, cebolla larga, zanahoria, cilantro, espinaca o perejil; estas por ser plantas con baja demanda de nutrientes, raíces poco profundas y rápido crecimiento, solo depende del gusto y requerimiento del propietario.

Si se desea tener un sistema de riego, se puede implementar una conducción para la utilización del agua lluvia como riego de las plantas. Este sistema consiste en recircular el agua lluvia con conexiones por medio de canaletas y tuberías, que conducen el agua lluvia del área de captación a una zona de almacenamiento ubicada en la parte superior en el caballete del tejado, lo cual se puede lograr por medio de tubos PVC de media pulgada y microtubos que suministran el agua a cada recipiente, dependiendo el área y número de contenedores se puede utilizar llaves de paso que garanticen el suministro homogéneo a todas las plantas y regulen la presión. Para el contenedor de agua lluvia se puede utilizar una caneca reciclada.

La Figura 37. Implementación techo verde en Yomasa se ilustra cómo se implementaría el sistema en una vivienda tipo del sector.

Figura 37. Implementación techo verde en Yomasa

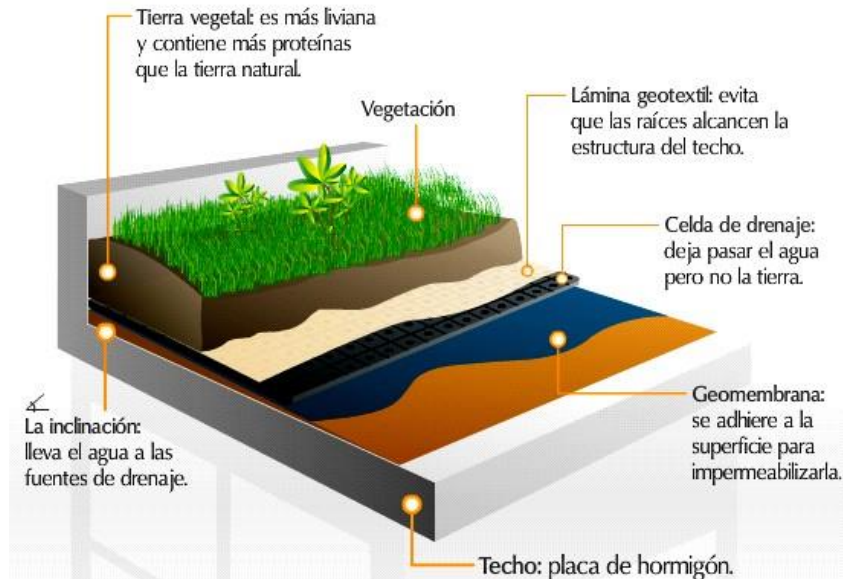


Fuente: Autoras.

7.4 ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO DEL SISTEMA PARA IMPLEMENTAR EN YOMASA

El lograr una construcción económica empieza desde la planificación; por lo que se debe tener en cuenta la clase de techo y la forma en la que se va a construir. En la Figura 38. Componentes del techo verde se observa los principales componentes y funciones de un techo verde.

Figura 38. Componentes del techo verde.



Fuente: CONSTRUDATA. Cubiertas verdes y jardines verticales. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: http://www.construdata.com/Bc/Otros/Documentos/especificaciones_tecnicas_y_arquitectonicas.asp>. [Citado: 8 de marzo de 2014].

De acuerdo a los componentes ilustrados en la Figura 38. Componentes del techo verde, se realizó un breve análisis del costo que puede tener 1 m² de techo verde en cualquier edificación que cumpla con las características adecuadas, el cual se muestra en el Tabla 4. Análisis costo por m² techos verdes.

Tabla 4. Análisis costo por m² techos verdes.

ANÁLISIS COSTO POR m ² TECHOS VERDES				
MATERIALES	UND	CANTIDAD	COSTO	TOTAL
Planta	Un	5	\$ 3,500.00	\$ 17,500.00
Sustrato	Kg	25	\$ 750.00	\$ 18,750.00
Geotextil	m ²	1.2	\$ 2,700.00	\$ 3,240.00
Sistema drenante	m ²	1.2	\$ 12,000.00	\$ 14,400.00
Impermeabilización	m ²	1.05	\$ 10,000.00	\$ 10,500.00
Mortero de pendiente	m ³	0.06	\$ 180,000.00	\$ 10,800.00
Mano de obra	Jornal	1.5	\$ 45,000.00	\$ 67,500.00
Transporte de materiales	Viaje	0.042	\$ 200,000.00	\$ 8,333.33
Mantenimiento cada 6 meses	m ²	1.0	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00
			TOTAL	\$ 156,023.33

Fuente: Autoras.

Los costos del Tabla 4. Análisis costo por m² techos verdes se obtuvieron de cotizaciones realizadas en diferentes ferreterías de la ciudad de Bogotá.

Como se pudo observar en la Tabla 4. Análisis costo por m² techos verdes, el costo de un m² de techo verde de aproximadamente \$156.023,33 el cual es bajo con respecto a todos los beneficios que pueden aportar tanto a nivel social como económico, puesto que estos contribuyen a la disminución de CO₂ reduciendo los niveles de contaminación, regula la temperatura en una vivienda o edificio por lo que reduce el consumo de aire acondicionado, el cual está alrededor de \$2,000,000 mas el consumo de energía que es de aproximadamente 5 kW/h, este beneficio se ve más reflejado en las edificaciones ubicadas en climas cálidos, etc. Estos beneficios tienen mucho más valor que el propio dinero puesto que es necesario para el bienestar personal.

Para la propuesta de diseño realizada para una vivienda tipo, que cuenta con unas dimensiones aproximadas de 4 m de frente por 6 m de fondo, para un área de 24 m² ubicada en el barrio Yomasa como se observa en la Figura 39. Implementación techo verde en Yomasa, se realiza el análisis del costo de implementación para el techo verde tipo huerta el cual se detalla en el Tabla 5. Análisis de costos en la vivienda de estudio 24 m².

Figura 39. Implementación techo verde en Yomasa.



Fuente: Autoras.

Tabla 5. Análisis de costos en la vivienda de estudio 24 m²

ANALISIS DE COSTOS EN LA VIVIENDA DE ESTUDIO (24 m²)				
MATERIALES	UND	CANTIDAD	COSTO	TOTAL
Infraestructura				\$ 173,303.70
Botellas de plástico	Un	192	\$ 50.00	\$ 9,600.00
Tubo PVC 1/2"	m	45	\$ 2,097.86	\$ 94,403.70
Registro 1/2"	Un	8	\$ 4,800.00	\$ 38,400.00
Balde de 10 lt	Un	1	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00
Codo 90°	Un	1	\$ 400.00	\$ 400.00
Tee	Un	14	\$ 550.00	\$ 7,700.00
Tapón	Un	1	\$ 300.00	\$ 300.00
Pegante PVC 1/32 gal	Un	2	\$ 5,000.00	\$ 10,000.00
Limpiador PVC 1/32 gal	Un	1	\$ 2,500.00	\$ 2,500.00
Herramienta menor	GL	1	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00
Transporte				\$ 50,000.00
Transporte de materiales	Viaje	1	\$ 50,000.00	\$ 50,000.00
Funcionamiento				\$ 651,200.00
Tierra negra	Kg	576	\$ 750.00	\$ 432,000.00
Plántulas (vegetales)	Un	384	\$ 50.00	\$ 19,200.00
Abono cascarilla de arroz	Kg	100	\$ 2,000.00	\$ 200,000.00
Mano de obra instalación				\$ 225,000.00
Mano de obra	Jornal	5	\$ 45.000	\$ 225,000.00
TOTAL				\$ 1,099,503.7

Fuente: Autoras.

Como se puede observar en el Tabla 5. Análisis de costos en la vivienda de estudio 24 m², el costo de la implementación del techo verde tipo huerta es bajo, pues el valor por m² es de \$45.812, lo que hace que sea asequible para la comunidad. Se puede tener una compensación económica al ahorrarse la mano de obra, el cual tiene un costo aproximado de \$225,000; ya que este puede ser implementado por la misma comunidad, lo que nos arroja un valor final por m² de \$36.438. Por otro lado, si se comercializa la producción agrícola se puede obtener un valor estimado de \$403,200 puesto que si se tuviera una producción agrícola de más o menos 576 hortalizas a un precio de \$700 cada una, se puede llegar a alcanzar este valor.

A continuación en el Tabla 6, análisis de costo vs beneficio, se describen los beneficios comparados contra el costo que puede tener la implementación de los techos verdes, observando que cuando se encuentre en total funcionamiento el

sistema podrán ser más los beneficios que la inversión, tanto económica como ambientalmente.

Tabla 6. Análisis de costo vs beneficio.

ANÁLISIS COSTO- BENEFICIO DE IMPLEMENTACIÓN TECHOS VERDES			
DESCRIPCIÓN TECHO VERDE	COSTO /m²	BENEFICIOS	TIPO DE BENEFICIO
Techo verde x m ²	\$ 36.438	1 m ² de techo verde aporta oxígeno para una persona.	AMBIENTAL
		Captura de metales pesados del aire (0.2kg de PM10 x M2).	AMBIENTAL
		Aislante electromagnético.	AMBIENTAL
		Disminución de techos grises.	AMBIENTAL
		Retención entre el 35% y el 40% de aguas lluvias.	AMBIENTAL
		Reducción de emisiones de CO ₂	AMBIENTAL
		Aislante termoacústico.	ECONÓMICO / AMBIENTAL
		Posibilidad de un mayor uso del área de construcción (trasladando las áreas de cesión arriba).	ECONÓMICO/ AMBIENTAL
		Reducción de efecto invernadero o islas de calor.	ECONÓMICO/ SOCIAL
		Reducción del 10% al 20% de la energía del edificio.	ECONÓMICO
		Aumento en el valor de la propiedad.	ECONÓMICO
		Aumento de vida útil de la capa de impermeabilización.	ECONÓMICO
		Opción para construir huertas urbanas.	ECONÓMICO
		Nuevos espacios de esparcimiento y entretenimiento.	SOCIAL
		Mejor percepción de las condiciones de vida.	SOCIAL
		Mejor salud física y mental.	SOCIAL
		Aumento de productividad y creatividad.	SOCIAL
Reducción de estrés.	SOCIAL		

ANÁLISIS COSTO- BENEFICIO DE IMPLEMENTACIÓN TECHOS VERDES			
DESCRIPCIÓN TECHO VERDE	COSTO /m²	BENEFICIOS	TIPO DE BENEFICIO
		Desarrollo de espacios comunes anteriormente inexistentes.	SOCIAL

Fuente: Autoras.

En el Tabla 6. Análisis de costo-beneficio se puede analizar que son muchos los beneficios que proporciona un sistema de techo verde en los aspectos económicos, sociales y ambientales. Esta última quizás es una de las que más debe interesar ya que aporta un ambiente más sano y ayuda conservar el planeta que es lo más importante en este momento; al ser comparados estos beneficios contra el costo, este se hace mínimo por lo que compensa la inversión con los beneficios recibidos.

8. CONCLUSIONES

- De acuerdo al análisis de los estudios realizados a los diferentes métodos de techos verdes se obtiene como resultado que la implementación de techos verdes en Yomasa es viable, al ser más significativas las ventajas y beneficios que la comunidad obtiene que estos, con respecto al costo de la inversión y a las desventajas evaluadas.
- Con base en los estudios realizados se propone implementar un techo verde tipo huerta que se adecua perfectamente a las condiciones generales de la comunidad de Yomasa; a nivel económico, por ser de producción agrícola; social, por mejorar la calidad de vida; ambiental, por contrarrestar la contaminación; y físico, ya que se puede adaptar a la típica construcción de la zona.
- El análisis socioeconómico y las condiciones climáticas medioambientales de Yomasa dieron como resultado la implementación de un techo de clasificación primario tipo huerta con sistema tipo receptáculo cuyo objetivo principal es la producción agrícola, el cual puede ser implementado con materiales reciclados que hacen las veces de materia, el reúso del agua lluvia como riego, la posibilidad de ser fabricado por la misma comunidad, su ejecución en poco tiempo; ayudando a educar ambientalmente a todas las generaciones.
- La zona de estudio es un sector en el cual es viable la implementación del sistema, ya que al tener condiciones de bajos recursos la propuesta diseñada contribuye económicamente a la población al ser utilizado para el autoconsumo, lo que garantiza la seguridad alimentaria de los habitantes reduciendo los gastos en la canasta familiar, incrementa la calidad de los alimentos consumidos proporcionando una dieta saludable e impulsando la comercialización local si se desea. Adicionalmente genera espacios de recreación, trabajo en equipo e integración comunitaria y familiar, creando conciencia ambiental.
- De acuerdo a la visita de campo es evidente que la comunidad necesita ser concientizada ambientalmente y capacitada, dando a conocer los beneficios del sistema para lograr su acogida.
- El análisis costo vs beneficio arrojó un valor de \$1,099,503.7 para la implementación del sistema en la vivienda de estudio ubicada en Yomasa. El costo de la implementación y/o adecuación de las viviendas inestables es bajo pues el valor por m² es de \$45.812, lo que hace que sea asequible para la comunidad. Se puede tener una compensación económica al ahorrarse la mano de obra, el cual tiene un costo aproximado de \$225,000; ya que este puede ser implementado por la misma comunidad, lo que nos arroja un valor final por m² de \$36.438. Por otro lado, si se comercializa la producción agrícola se puede obtener un valor estimado de \$403,200 puesto que si se tuviera una producción agrícola

de más o menos 576 hortalizas a un precio de \$700 cada una, se puede llegar a alcanzar este valor.

- El agua lluvia que atrapa el techo verde puede ser reutilizado para el riego de los mismos o de los cultivos que se encuentren cerca, como también pueden ser reutilizadas en otros sistemas sostenibles que se puedan implementar en las edificaciones como es para las cisternas y redireccionamiento para los inodoros.
- La generación de cambios en las comunidades a fin de mejorar la calidad de vida de sus habitantes, por medio de alternativas dignificantes socialmente y ambientalmente sostenibles convierten a los techos verdes en una nueva alternativa de construcción amigable en los programas de viviendas de estrato 1. La responsabilidad social y ecológica que debe incluir el sector de la construcción dentro de sus prioridades y objetivos principales es uno de los resultados que arroja esta investigación, ya que la labor social con la comunidad y el estudio de las condiciones actuales del medio ambiente, crea una concientización del impacto ambiental que ha venido generando la ingeniería civil, ocasionando la escases de los recursos naturales. Es por esto que los profesionales deben adquirir un compromiso social y ambiental para fomentar en todo proyecto civil la responsabilidad social y ecológica.

BIBLIOGRAFÍA

ACACIA DECURRENS: black wattle, green wattle. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.plantthis.com.au>>. [Citado: 8 de marzo de 2014].

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ. Secretaría Distrital de Planeación. Decreto 190 del 2004.

CALANCHOE. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://plantas.facilísimo.com>>. [Citado: 8 de marzo de 2014].

CAPA DE OZONO. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: http://www.tecnozono.com/capa_de_ozono.htm>. [Citado: 8 de marzo de 2014].

CIUDAD EMPRESARIAL. La Ciudad Empresarial: un concepto único en diseño, arquitectónico y urbanístico que integra trabajo, tiempo libre y calidad de vida para sus habitantes. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://ciudad-empresarial.com/ventas-y-arriendos/galeria>>. [Citado: 8 de marzo de 2014].

CONCEJO DE BOGOTÁ. Proyecto de acuerdo No. 386 de 2009. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=37533>>. [Citado: 4 de abril de 2014].

CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.cccs.org.co/construccion-sostenible>>. [Citado: 6 de febrero de 2014].

CONSTRUDATA. Cubiertas verdes y jardines verticales. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: http://www.construdata.com/Bc/Otros/Documentos/especificaciones_tecnicas_y_arquitectonicas.asp>. [Citado: 8 de marzo de 2014].

CONTAMINACIÓN AMBIENTAL. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://contaminacion-ambiente.blogspot.com/>>. [Citado: 8 de marzo de 2014].

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Resolución 1141 de 2006.

CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA (Corpoica). Acacia decurrens. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: http://www.corpoica.org.co/NetCorpoicaMVC/STDF/Content/fichas/pdf/Ficha_1.pdf>. [Citado: 13 de abril de 2014].

DEPARTAMENTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO DEL MEDIO AMBIENTE. Plan de manejo de ecosistemas estratégicos para las áreas rurales del distrito capital.

[En línea]. Disponible en Internet: <URL: http://observatorioruralbogota.gov.co/todos_doc_inves.shtml?apc=ce-,-,-,1,-,-,-&x=32>. [Citado: 13 de abril de 2014].

DREAMHOUSE. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.mas-sostenible.com/blog/edificio-dreamhouse.aspx>>. [Citado: 8 de marzo de 2014].

ECOLOGÍA. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.ecured.cu/index.php/ecolog%c3%ada>>. [Citado: 8 de marzo de 2014].

EFEECTO INVERNADERO. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://definicion.de/efecto-invernadero/>>. [Citado: 8 de marzo de 2014].

EL TIEMPO. Bogotá ya tiene su primer edificio público con techo verde. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: http://www.eltiempo.com/colombia/bogota/edificio-publico-con-techo-verde-_8813064-4>. [Citado: 8 de marzo de 2014].

ENERGÍA RENOVABLE. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.renovables.gob.mx/portal/Default.aspx?id=1654&lang=1>>. [Citado: 8 de marzo de 2014].

FORERO, Carolina. Ecotechos productivos para mejorar condiciones de habitabilidad y seguridad alimentaria en poblaciones vulnerables. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://revistas.javeriana.edu.co/index.php/ambienteydesarrollo/article/view/3194/2428>>. [Citado: 26 de abril de 2014].

GREIFFENSTEIN, Roselena. ¿Cuáles son los mejores techos y muros de Norteamérica? [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.vidamasverde.com/2011/%C2%BFcuales-son-los-mejores-techos-y-paredes-verdes-de-norteamerica/>>. [Citado: 14 de marzo de 2014].

HUERTOS URBANOS BAHÍA DE CÁDIZ. Experiencias de huertos urbanos. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://huertosurbanosbahadecdz.blogspot.com/2011/10/en-los-ultimos-anos-se-ha-venido.html>>. [Citado: 8 de marzo de 2014].

JARDÍN BOTÁNICO JOSÉ CELESTINO MUTIS. Sistema de Información para la Gestión del Arbolado Urbano (SIGAU). [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://190.25.157.13:8080/siga/index.jsf>>. [Citado: 13 de abril de 2014].

MINKE, Gernot. Techos verdes: planificación, ejecución y consejos prácticos. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: http://ecocosas.com/wp-content/uploads/Biblioteca/Arquitectura/TechosVerdes_Pantalla.pdf>. [Citado: 4 de abril de 2014].

NIETO ESCALANTE, Juan Antonio. Guía de techos verdes en Bogotá. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: http://issuu.com/ambientebogota/docs/guia_de_techos_verdes_2011?e=6173770/5274668>. [Citado: 8 de marzo de 2014].

ORDÓÑEZ-LÓPEZ, E. E.; ZETINA-MOGUEL, C. y PÉREZ-CORTÉS, M. Sobrevivencia y cobertura de plantas en techos verdes durante el estiaje en Yucatán. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46725067004>>. [Citado: 6 de febrero de 2014].

PIOQUINTO SÁNCHEZ, Luis Ángel. Desarrollo de techos verdes en el mundo. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://gruposierradeguadalupe.blogspot.com/2009/07/desarrollo-de-techos-verdes-en-el-mundo.html>>. [Citado: 4 de abril de 2014].

PRECIPITACIÓN. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.ciclohidrologico.com/precipitacin>>. [Citado: 8 de marzo de 2014].

RAMÍREZ, Wilson A. y BOLAÑOS-SILVA, Tomás. Revisión sobre el papel de los techos verdes en la remoción de carbono atmosférico en el neotrópico. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4013964.pdf>>. [Citado: 6 de febrero de 2014].

RETAMO ESPINOSO. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: http://es.wikipedia.org/wiki/Ulex_europaeus>. [Citado: 27 de abril de 2014].

ROOFTOP VILLAS ARE LEGAL, OFFICIALS SAY. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: http://www.chinadaily.com.cn/china/2012-08/16/content_15679402.htm>. [Citado: 8 de marzo de 2014].

SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE. Guía de techos verdes en Bogotá, Colombia, 2011. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: http://issuu.com/ambientebogota/docs/guia_de_techos_verdes_2011?e=6173770/5274668>. [Citado: 8 de marzo de 2014].

------. Informe anual de calidad del aire de Bogotá 2010. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://201.245.192.252:81/>>. [Citado: 10 de abril de 2014].

SECRETARÍA DISTRITAL DE PLANEACIÓN. 21 Monografías de las localidades: #5 Usme. Diagnóstico de los aspectos físicos, demográficos y socioeconómicos. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/Informaci%F3nTomaDecisione>>

s/Estadisticas/Documentos/Análisis/DICE067-MonografiaUsme-31122011.pdf>. [Citado: 10 de abril de 2014].

------. Conociendo la localidad de Usme: diagnóstico de los aspectos físicos, demográficos y socioeconómicos. [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/ciudadania/Publicaciones%20SDP/PublicacionesSDP/05usme.pdf>>. [Citado: 16 de marzo de 2014].

ZIELINSKI, Seweryn, GARCÍA COLLANTE, Mario Alberto y VEGA PATEMINA, Juan Carlos. Techos verdes: ¿una herramienta viable para la gestión ambiental en el sector hotelero del Rodadero, Santa Marta? [En línea]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169424101008>>. [Citado: 6 de febrero de 2014].