

Sistema productivo de techos verdes en comunidades vulnerables. Estudio de caso en el barrio La Isla, Altos de Cazucá en Soacha, Cundinamarca*

Green Roof Productive System in Vulnerable Communities: Case Study in La Isla Neighborhood, Altos de Cazucá, Soacha, Cundinamarca

Le système productif de toitures végétales dans des communautés de population vulnérable. Étude de cas au quartier La Isla, Altos de Cazuca à Soacha, Cundinamarca

Carolina Forero Cortés**, Carlos-Alfonso Devia-Castillo***

Recibido: 2012-02-01 // Aceptado: 2012-02-05 // Evaluado: 2012-03-20 // Publicado: 2012-06-30

Cómo citar este artículo: Forero, C; Devia-Castillo, C. A. (2012). Sistema productivo de techos verdes en comunidades vulnerables, estudio de caso en el barrio La Isla, Altos de Cazucá en Soacha, Cundinamarca. En *Ambiente y Desarrollo XVI* (30); 21-35

Código SICI: 0121-7606(201206)16:30<21:SPTVCV>2.0.TX;2-V

Resumen

Se diseñaron e instalaron tres sistemas productivos de hortalizas en techos de viviendas de interés prioritario¹ ubicadas en el sector de Altos de Cazucá. El objetivo de la investigación fue cuantificar las ganancias económicas y el aporte en hortalizas de los sistemas propuestos. Con este fin, se identificó el contexto de la realidad biótica del lugar (clima), la estructura física de las viviendas (resistencia) y la capacidad económica de los dueños de casa (capital mínimo para invertir). Los sistemas productivos instalados (tratamientos) fueron: (a) lechuga (*Lactuca sativa*) y rábano (*Rhaphanus sativus*), (b) cebolla larga (*Allium fistulosum*), cilantro (*Coriandrum sativum*) y lechuga (*Lactuca sativa*), (c) espinaca (*Spinaca oleracea*) y perejil (*Petroselinum crispum*). Durante el ciclo de vida del proyecto, dos años, las ganancias mensuales se compararon con el valor del Salario Mínimo Mensual Legal Vigente (en adelante SMMLV), con el resultado de un aporte de (a) 16%: \$94.796; (b) 9%: \$51.596; (c) 18%: \$109.196. Estos sistemas permiten cubrir el 100% de la dieta en hortalizas de una persona diariamente; sin embargo, con las adecuaciones propues-

* Este artículo surge del trabajo de investigación “Diseño experimental de ecotechos productivos para mejorar condiciones de habitabilidad y seguridad alimentaria en poblaciones vulnerables” realizado por Carolina Forero para optar por el título de Ecóloga de la Facultad de Estudios Ambientales y Rurales.

** Ecóloga. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. E-mail: carolinaforero.cortes@gmail.com, deissy.forero@javeriana.edu.co

*** Ingeniero forestal. Magíster en Desarrollo rural. Profesor asociado Pontificia Universidad Javeriana Bogotá, Colombia. Director del trabajo de grado. E-mail: cdevia@javeriana.edu.co

1 Interés prioritario: la vivienda cuyo valor máximo no supera los 70 Salarios Mínimos Mensuales Legales Vigentes (Bedoya, 2009).

2 Salario Mínimo Mensual Legal Vigente con auxilio de transporte \$599.00 en el 2011 (Minprotección, 2011).

tas se podría alcanzar una ganancia de (a) 33%, (b) 18%, (c) 36%, respecto al SMMLV², y de esta manera, suplir la dieta de tres personas.

Palabras clave: Agricultura urbana, techos verdes, poblaciones vulnerables.

Palabras clave descriptores: Agricultura urbana, sistemas productivos, poblaciones vulnerables, desarrollo sostenible.

Abstract

We designed and installed three vegetable production systems on the roofs of priority interest houses located in the area of Altos de Cazucá. The purpose of this research was to quantify the economic benefit and vegetable contribution of the proposed systems. To this end, we identified the context of biotic reality of the place (climate), the physical structure of houses (resistance) and the economic capacity of homeowners (minimum capital to invest). The installed production systems (treatments) were: (a) lettuce (*Lactuca sativa*) and radish (*Rhaphanus sativus*), (b) green onions (*Allium fistulosum*), coriander (*Coriandrum sativum*) and lettuce (*Lactuca sativa*), and (c) spinach (*Spinaca oleracea*) and parsley (*Petroselinum crispum*). During the life cycle of the project — two years —, we compared monthly earnings with the value of the Minimum Monthly Legal Wage (hereinafter SMMLV), resulting in a contribution of (a) 16%: COP \$94,796, (b) 9%: COP \$51,596, and (c) 18%: COP \$109,196. These systems supply 100% of the daily vegetable dietary requirements of an individual; however, the proposed adjustments made it possible to achieve an income increase of (a) 33%, (b) 18%, and (c) 36% compared to the SMMLV, thus supplying the dietary requirements of three individuals.

Key words: Aenean nec ipsum vitae arcu bibendum eleifend. Pellentesque ullamcorper mattis ullamcorper.

Key words plus: Urban agricultura, productive systems, sustainable development.

Résumé

Trois systèmes productifs de légumes ont été conçus et installés aux toits des logements sociaux prioritaires situés au secteur d'Altos de Cazuca. La recherche a eu comme objectif la quantification des profits économiques et des contributions de légumes des systèmes proposés. À cet effet, le contexte des facteurs biotiques de l'endroit (le climat), la structure physique des logements (la résistance) et la capacité économique des propriétaires de la maison (le capital minimum pour investir) ont été identifiés. Les systèmes productifs installés (les traitements) ont été : (a) la laitue (*Lactuca sativa*) et le radis (*Rhaphanus sativus*), (b) la ciboule (*Allium fistulosum*), la coriandre (*Coriandrum sativum*) et la laitue (*Lactuca sativa*), (c) l'épinard (*Spinaca oleracea*) et le persil (*Petroselinum crispum*). Pendant le cycle de vie du projet, deux ans, les profits mensuels ont été comparés au Salaire Minimum Mensuel Interprofessionnel de Croissance (ci-après SMMIC), avec un résultat de profits de (a) 16%: \$94.796 (COP); (b) 9%: \$51.596 (COP); (c) 18%: \$109.196 (COP). Ces systèmes permettent de couvrir le 100% du régime alimentaire en légumes d'une personne par jour; néanmoins, avec les adéquations proposées, ils pourraient obtenir un profit de (a) 33%, (b) 18%, (c) 36% par rapport au SMMIC et, de cette manière, fournir le régime alimentaire de trois personnes.

Mots-Clés: Aenean nec ipsum vitae arcu bibendum eleifend. Pellentesque ullamcorper mattis ullamcorper.

Mots-clés descripteur: Agriculture urbaine, systèmes de production, vulnérable populations, populations vulnérables, développement durable.

Introducción

Históricamente la humanidad ha ocupado diversos territorios y ha construido refugios, casas, pueblos, ciudades definiendo las características de su hábitat (Zorraquino, 2008); las áreas urbanas son constantemente expandidas en términos de espacio y densidad citado en C. Berndtsson, 2010) generando un desequilibrio ambiental y socioeconómico (Gutiérrez, 2008). Con la revolución industrial los espacios urbanos fueron extendidos dramáticamente (Alexandri & Jones, 2008) y el comportamiento de algunas urbanizaciones tienen un efecto negativo en el uso de los sistemas naturales dentro y fuera de las ciudades (Mentens, Raes, & Hermy, 2006).

Ahora bien, la degradación del medioambiente es en parte, una consecuencia del aumento de las urbanizaciones con acumulación sucesiva de déficits de servicios en infraestructuras urbanas y falta de vegetación, este fenómeno se concentra en las periferias de las ciudades principales (Zorraquino, 2008) como es el caso del sector Altos de Cazucá en el municipio de Soacha.

Los estudios indican que hay aumento en la escasez de tierra y la declinación del rendimiento global de alimentos por conflictos de uso del suelo, generando la demanda de tierra y el incremento en el precio de los alimentos (Ibáñez, 2009; Roza, 2008). Esto da como resultado las poblaciones carentes de recursos económicos que no cuentan con el espacio para cultivar o poseer tierras fértiles adecuadas para ello (Gutiérrez, 2008), ni dinero para adquirir alimentos (Atehortúa, 2007).

Del mismo modo, el desplazamiento rural hacia las grandes ciudades, viene aumentando progresivamente, por diferentes razones: desastres ambientales, conflictos armados, intereses gubernamentales, etc. Por lo tanto, hay mayores problemas de seguridad alimentaria y pérdida de mano de obra en el sector rural, trayendo como resultados la importación de alimentos y mayores costos de vida en las áreas urbanas (Zorraquino, 2008). “Se estima que cerca de 1.300 millones de personas de las regiones en vía de desarrollo viven con menos de un dólar al día, haciendo imposible satisfacer sus demandas de un alimento básico, más de 800 millones de habitantes en el planeta no tienen como suplir sus necesidades básicas” según el planteamiento de Garcés (2008).

El sector Altos de Cazucá evidencia las problemáticas anteriormente mencionadas, pues los habitantes, en su mayoría, vienen de un proceso migratorio de desplazamiento, de las poblaciones rurales a ciudades capitales, donde hombres y mujeres llegan a vincularse a un entorno ciudadano, huyendo de necesidades económicas o víctimas de la violencia (Méndez, Ramírez, & Alzate, 2005).

Ante estos hechos, es necesario plantear nuevas alternativas para superar o minimizar en parte esta situación, como pueden ser los sistemas productivos de ecotechos o techos verdes utilizados como una tecnología que puede hacerle frente a los problemas del entorno urbano (Kosareo & Ries, 2007) para promover una imagen ambiental y fomentar soluciones locales con beneficios ambientales y socioeconómicos potenciales para la sociedad (Berndtsson, Emilsson, & Bengtsson, 2006). El sistema propuesto tiene retorno de inversión (Rowe, 2010), aplicación de conocimientos locales sobre la agricultura (Carter & Keeler, 2008), conexión visual con el campo, integración y acercamientos de los seres humanos a la naturaleza (Deffis, 1994); permitiendo un aprendizaje experiencial “Aprender haciendo”. De esta manera, el objetivo de la investigación fue cuantificar y comparar los aportes económicos y nutricionales de los tres sistemas productivos de techos verdes utilizando diferentes especies de uso alimenticio.

La agricultura urbana aporta a la seguridad alimentaria y mantiene el vínculo entre lo rural y lo urbano (FAO, 1999, citado en Méndez et al. (2005) dado que, aumenta la cantidad de alimentos disponibles por medio de la producción doméstica, incrementa la frescura y el valor nutricional de los alimentos que llegan al área urbana, ofrece oportunidades de empleo productivo o complementario, de tiempo parcial en el caso de las familias participantes –debido a que las mujeres combinan el cuidado de los hijos, las tareas domésticas, el trabajo y la producción de alimentos–, resaltando que si hay inseguridad alimentaria, hay una barrera para el desarrollo socioeconómico debido a la incapacidad de satisfacer demandas nutricionales y de producción (Méndez et al., 2005).

Los techos verdes, coberturas vegetales o ecotechos son un sistema multicapa que permite la “propagación

de la vegetación en una superficie expuesta”, en este estudio se utilizan especies vegetales con uso alimenticio (Gutiérrez, 2008). En Altos de Cazucá se utilizaron techos extensivos con espesor entre 5 cm y 15 cm, que tienen poco mantenimiento, ya que requieren menor estructura de soporte y costo de instalación (Carter & Keeler, 2008). Generalmente, se cultivan plantas herbáceas que tienen raíces poco profundas (Schroll, Lambrinos, Righetti, & Sandrock, 2011). Cabe anotar que hay otro tipo de cubiertas conocidas como intensivas, que requieren un espesor de entre 20 cm y 90 cm y utilizan árboles y arbustos con raíces más amplias y demandan mayor mantenimiento (Berndtsson, 2010). Según este autor, los techos extensivos sirven para la comercialización de productos como se evidencia en la investigación. En este caso, las plantas utilizadas fueron siete en total: lechuga crespada (*Lactuca sativa*), rábano (*Rhaphanus sativus*), cebolla larga (*Allium fistulosum*), cilantro (*Coriandrum sativum*), lechuga lisa (*Lactuca sativa*), espinaca (*Spinacia oleracea*) y perejil (*Petroselinium crispum*).

Los tratamientos propuestos respondieron a los contextos de la realidad biótica del lugar (precipitación y temperatura); las características físicas de las viviendas y sus techos (resistencia de la estructura y características de las cubiertas), y de acuerdo con las condiciones económicas de los dueños de las casas (capital mínimo para invertir). Se realizaron desarrollos tecnológicos como el diseño y la instalación de un sistema de riego por goteo para optimizar el agua de precipitación y durabilidad del tejado, se utilizaron envases de plástico de tres litros como contenedores independientes para el sustrato y las plantas, por limitaciones de carga (kg/m^2) se cubrió el 80% del área efectiva de cada techo.

Finalmente, se determinó el ciclo de vida del proyecto de dos años, y las ganancias mensuales se compararon con el valor SMMVLV, teniendo como resultado un aporte de (a) 17%: \$102.086; (b) 10%: \$58.886; (c) 19%: \$116.486 evidenciados en ahorro de las familias y ventas de los excedentes. Estas ganancias permiten cubrir el 100% de la dieta en hortalizas de una persona diariamente. Según Rosa Murillo, mujer participante “Los techos verdes me han gustado porque he aprendido nuevas ideas y uno tiene qué echar a la olla”. Por otro lado, con las adecuaciones propuestas podría tener una ganancia hasta de (a) 34%, (b) 20%, (c) 38% respecto al SMMV, y suplir la dieta de tres personas. La implementación del sistema promueve el uso de tecnologías ecológicas, aporta a la temática de investigación en cuanto a las especies que se pueden utilizar y favorece el desarrollo de las comunidades disminuyendo su condición de vulnerabilidad. Las personas que participaron se refieren al Sistema Productivo de Techos Verdes así: “Nunca lo había visto en el campo, ya que estoy en la ciudad. Me ha gustado este proyecto, he aprendido mucho de él”, dijo Ivis Díaz, de Montería, Colombia.

Metodología

Área de estudio

El estudio fue realizado en el municipio de Soacha (Cundinamarca, Colombia) en el barrio La Isla, Altos de Cazucá (Figura 1), que pertenece a la cuenca alta del río Bogotá y subcuenca del río Soacha (Roza, 2008). El barrio se encuentra entre la latitud N 04° 35' 14" y la longitud W 74° 15' 17", su clima presenta una temperatura promedio de 11,5 °C (temperatura máxima de 23 °C y temperatura mínima de 8 °C) y una precipitación media anual de 698 mm, con una distribución de lluvias de dos periodos definidos, de abril a julio y de octubre a diciembre (Sitio oficial de Soacha, Cundinamarca, (en línea) <http://soacha-cundinamarca.gov.co/index.shtml>, recuperado el 2 de mayo de 2011).

Por otro lado, en el sector de Altos de Cazucá se ha llevado a cabo un fuerte proceso de ocupación ilegal de las tierras, produciendo dinámicas de apropiación y comercialización del suelo por los denominados “terceros” (grupos de pobladores foráneos o habitantes de la zona que han capitalizado las áreas desocupadas del sector) quienes realizan adecuaciones en los terrenos para luego venderlos a las familias que van ingresando a la zona, y generalmente están en situación de desplazamiento (Pérez, 2004).

Materiales y métodos

Se revisaron fuentes secundarias, se tomaron muestreos en el área de estudio para justificar la viabilidad

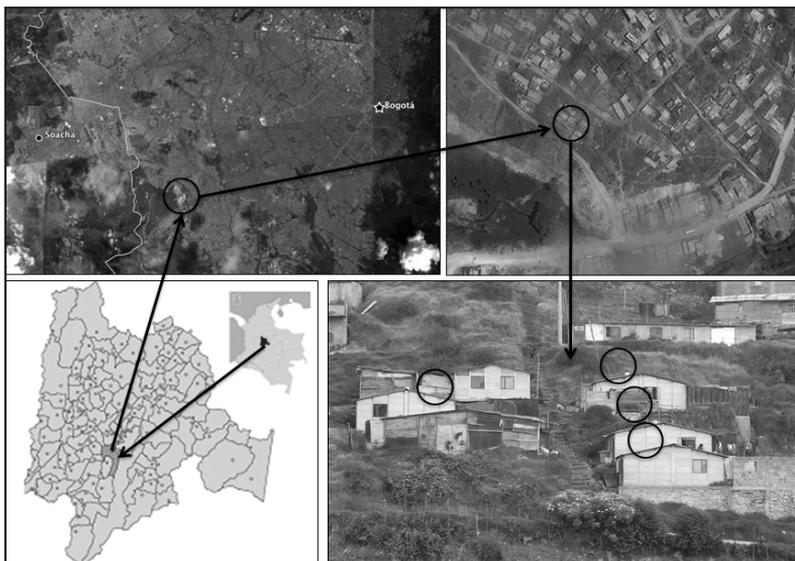


Figura 1: Ubicación del barrio la Isla (sector Altos de Cazucá, municipio de Soacha, Cundinamarca).

Fuente: adaptado de Google Earth.

de la investigación, luego se hizo un taller con estudiantes y profesores de la carrera de Diseño Industrial de la Pontificia Universidad Javeriana con el fin de intercambiar ideas acerca del diseño operativo. En la instalación de los techos verdes se desarrollaron las siguientes actividades:

1. Acercamiento y presentación de la propuesta a las personas del sector de Altos de Cazucá interesadas en el proyecto, tanto a los propietarios de las viviendas como a las entidades que apoyarían durante el desarrollo del proyecto.
2. Caracterización de los techos de las viviendas seleccionadas, en especial con referencia a su capacidad de carga y las características funcionales para el soporte de las cubiertas verdes.
3. Identificación de recipientes, sustratos, especies vegetales con uso alimenticio, rápido crecimiento y raíces superficiales, en un montaje preliminar.
4. Definición de ajustes tecnológicos para el sistema productivo de las cubiertas verdes y requerimientos de manejo para el suministro de agua. En la cuantificación de las ganancias económicas y aporte a seguridad alimentaria se contempló un ciclo de vida de análisis del proyecto de dos años, determinado por la vida útil del sistema de riego. Estos dos años permiten la realización de 12 ciclos de producción.
5. Se cuantificó la totalidad de los costos (incluyendo la mano de obra) y de los ingresos (estimando precios de venta al mercado local); además, se calculó la ganancia si el sistema se instalara en la totalidad del techo, es decir, 24 m².
6. Para cuantificar el aporte a la seguridad alimentaria se determinó el peso de cada especie vegetal en gramos con una balanza digital referencia SV 051415, marca Clever, por tratamiento, por cosecha, en el sistema propuesto de 12 m² (un agua) y por 24 m² (dos aguas); finalmente, se comparó con las demandas diarias de hortalizas recomendadas para el consumo.

Resultados

1. Se contó con la participación de tres familias y el apoyo de la Fundación Catalina Muñoz (organización sin ánimo de lucro que construye viviendas de interés prioritario a nivel nacional) que aportó

tres tanques para el almacenamiento del agua, y la Fundación Semillas de Amor y Alegría (organización sin ánimo de lucro que potencializa las cualidades humanas en las poblaciones vulnerables) la que donó accesorios y transporte.

El diseño del sistema productivo hace referencia a los materiales utilizados, la profundidad del sustrato mínimo para el crecimiento de las plantas y la selección de las especies de plantas con uso alimenticio (Getter, Rowe, & Andresen, 2007). En este caso, se hizo naturalización indirecta, porque se usaron contenedores, como lo fueron las botellas plásticas de PET (Tereftalato de polietileno) usualmente fabricadas para envasar gaseosa y luego desechadas por sus consumidores (véase Figura 2); estas fueron más asequibles en precio y manejo (C. Berndtsson, 2010) puesto que, integrantes de las familias participantes tienen como ocupación el reciclaje. Las familias participantes identificaron una ventaja en la recolección de aguas lluvias, ya que ellos no cuentan con sistemas de alcantarillado, ni acueducto (comentario realizado por Yubely Roa, en San José del Guaviare).



Figura 2: Reutilización de las botellas plásticas (niño de 11 años y niña de 9 años).

Fuente: elaboración de los autores.

2. Se determinó la capacidad de carga de las viviendas que corresponde a un máximo de 20 Kg por m², los techos corresponden a tejas onduladas de fibrocemento, cuentan con un área efectiva de 24 m², a dos aguas, con una inclinación del 30%. La instalación se realizó para una de las aguas cubriendo de ésta solo el 80%. El manejo se realiza desde la parte delantera de la casa (véase Figura 3). Cabe resaltar que, las condiciones estructurales son iguales en las tres viviendas.

3. Se identificó que la mejor opción era el uso de recipientes individuales, como las botellas de PET de 3 litros, para su adecuación, se hizo un molde con tres orificios de 7 x 10 cm y tres perforaciones mínimas a 5 cm de la boquilla de la botella, para el drenaje del agua por ser individuales es más adecuado para su operatividad; el sustrato se preparó con una mezcla entre tierra negra y cascarilla de arroz (relación 2:1) (véase Figura 4), y las plantas utilizadas fueron siete, distribuidas en diferentes tratamientos y viviendas: a) lechuga crespa (*Lactuca sativa*) y rábano (*Rhaphanus sativus*), esta combinación es utilizada por las sustancias alelopáticas del rábano para combatir las plagas que atacan la lechuga, b) cebolla larga (*Alium fistulosum*), cilantro (*Coriandrum sativum*) y lechuga lisa (*Lactuca sativa*), c) espinaca (*Spinaca oleracea*) y perejil (*Petroselinum crispum*) vivienda 3, estas plantas cuentan con oferta de nutrientes, raíces poco profundas y rápido crecimiento.



Figura 3: Siembra e instalación del sistema de cubiertas verdes (adultos, jóvenes y niños participantes).

Fuente: elaboración de los autores.



Figura 4: Adecuación de las botellas plásticas y mezcla del sustrato (mujeres representantes de la familia y sus hijos).

Fuente: elaboración de los autores.

Las asociaciones de cultivos, cultivo múltiple o sistemas de policultivos son un sistema en los cuales dos o más especies vegetales se plantan con suficiente proximidad espacial, para obtener una competencia interespecífica o complementación biológica debido a que hay dos individuos de diferentes especies que comparten un recurso común en la misma área (véase Figura 5). En la isla de Cuba, por ejemplo, utilizan las asociaciones de cultivos para la agricultura urbana, por sus ventajas en el aprovechamiento del espacio y la producción de hortalizas sobre sustratos orgánicos (Hernández, Pino, & Varela, 2010).

Así mismo, se calculó el máximo peso que alcanza una botella con el sustrato saturado y las plantas con el máximo tamaño (2 Kg); de esta manera, se definió el número de recipientes necesarios, según las condiciones de resistencia de la estructura se usaron 96 recipientes con tres orificios, es decir, 288 plantas por cada tratamiento.

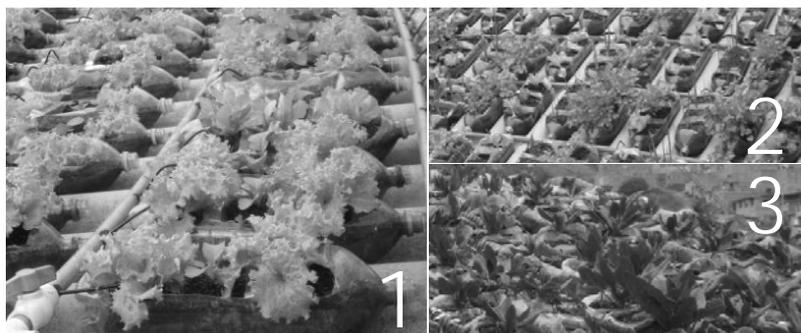


Figura 5: Combinaciones de especies 1. Lechuga crespa (*Lactuca sativa*) y rábano (*Rhaphanus sativus*) 2. Cebolla larga (*Allium fistulosum*), cilantro (*Coriandrum sativum*) y lechuga lisa (*Lactuca sativa*) 3. Espinaca (*Spinaca oleracea*) y perejil (*Petroselinum crispum*).

Fuente: elaboración de los autores.

4. Debido a la necesidad de mantener una fuente permanente de agua para las plantas, se identificó la necesidad de establecer un sistema de riego por goteo, a través de un procedimiento para la recolección de agua lluvia, con el fin de no utilizar riego adicional, sino recircular el agua suficiente para el crecimiento de las especies. En el procedimiento se utilizó una caneca reciclada de 15 litros, ubicada en el caballete del tejado de la vivienda, con el uso de tubos de PVC de ½ pulgada y microtubos se suministró el agua para cada uno de los contenedores de PET. Teniendo en cuenta que el sistema de riego estaba ubicado en una pendiente inclinada del 30%, se utilizaron llaves de paso para regular la presión y garantizar el suministro homogéneo de agua en todos los recipientes. La recolección y almacenamiento del agua se realizó por medio de una canal de 3 m de largo y un tanque de 250 litros de capacidad por cada vivienda, con el fin de garantizar las demandas hídricas de las especies utilizadas.

El resultado final práctico obtenido (véase Figura 6) fue diferente para las tres viviendas por el tipo de vegetación, aunque la geometría de la edificación sea igual (Li, J., Wai, Li, Y., Zhan, Ho, & Lam, 2010).



Figura 6: Sistemas actuales de ecotechos con recolección de aguas lluvias, utilizadas para el riego y las actividades domésticas, 1) tratamiento 1, 2) tratamiento 2, y 3) tratamiento 3. (2011).

Fuente: elaboración de los autores.

5. La estructura de costos (véase Tabla 1) presenta los materiales utilizados y el valor de cada uno, especificando los rubros de infraestructura, mano de obra de la instalación y el funcionamiento (insumos y mano de obra por bimestre, equivalente a un ciclo). Los techos verdes requieren de una estructura de soporte adicional si se realizan después de la construcción (Kosareo & Ries, 2007), por esta razón, se invirtió en un refuerzo de madera en una de las viviendas, que las familias decidieron asumir.

Tabla 1:
Presupuesto con rubros detallados para 12 m² durante el ciclo de producción de dos años (precios de 2011).

<i>INFRAESTRUCTURA</i>				
<i>MATERIALES</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>VALOR UNITARIO</i>	<i>VALOR TOTAL</i>
Tubos	m	21	\$ 3.000	\$ 63.000
Microtubos	ml	21,6	\$ 100	\$ 2.160
Llaves	unid	7	\$ 5.000	\$ 35.000
Tanque 10 litros	unid	1	\$ 15.000	\$ 15.000
Balde 10 litros	unid	1	\$ 15.000	\$ 15.000
Tanque 250 litros	unid	1	\$ 100.000	\$ 100.000
Canaleta	m	3	\$ 25.000	\$ 75.000
Codos	unid	2	\$ 400	\$ 800
Tes	unid	6	\$ 400	\$ 2.400
Tapones	unid	6	\$ 400	\$ 2.400
Pegante PVC	unid	1	\$ 2.000	\$ 2.000
Escalera o banco	unid	1	\$ 25.000	\$ 25.000
Botellas de plástico	unid	96	\$ 50	\$ 4.800
Reforzamiento de la estructura	global	1	\$ 20.000	\$ 20.000
<i>Subtotal materiales</i>				<i>\$ 362.560</i>
<i>MANO DE OBRA INSTALACIÓN</i>	<i>HORA</i>	<i>PERSONAS</i>	<i>COSTO</i>	<i>TOTAL</i>
Transporte	global	1	\$ 100.000	\$ 100.000
Instalación	jornal/3 personas	3	\$ 30.000	\$ 90.000
Asistencia avanzada	profesional/día	1	\$ 100.000	\$ 100.000
Subtotal Mano de obra				\$ 290.000
<i>FUNCIONAMIENTO</i>				
<i>INSUMOS</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>PRECIO</i>	<i>TOTAL</i>
Sustrato (bulto de 25 kg de abono \$12.550)	kilos	288	\$ 500	\$ 144.000
Plántulas	unid	3456	\$ 35	\$ 120.960
Abonos	litros	20	\$ 1.000	\$ 20.000
Subtotal Insumos				\$ 284.920

<i>MANO DE OBRA</i> <i>(Bimestral)</i>		<i>HORAS</i>	<i>PRECIO</i>	<i>TOTAL</i>
Mantenimiento	jornal	1	\$ 30.000	\$ 30.000
Asistencia avanzada	profesional/ día (0.4 horas/ 6 veces)	0,25	\$ 136.364	\$ 34.091
Subtotal Mano de obra				\$ 64.091
<i>VALOR TOTAL FUNCIONA- MIENTO</i>				\$ 349.051

Fuente: elaboración de los autores.

Del mismo modo, se tuvieron en cuenta aspectos como la construcción, el mantenimiento, el transporte y los materiales (Kosareo & Ries, 2007) con el fin de garantizar el manejo apropiado de los recursos utilizados.

Después de este análisis, se consideraron los valores unitarios por cada vivienda como se aprecia en la Tabla 2, para alcanzar un total de \$1.065.702, o sea, \$88.808 el m² (el área efectiva del techo es de 12 m²) este valor corresponde a los 12 ciclos de producción del sistema.

Existen diferentes estudios que establecen el costo de las cubiertas verdes en un valor aproximado de \$150.000 a \$450.000 por m² (Castleton et al., 2010), dependiendo de las especificaciones y teniendo en cuenta si es una edificación nueva o es una readaptación, estos techos son de uso ornamental y no generan ninguna utilidad económica, al contrario, representan un gasto adicional por el mantenimiento que requieren. El sistema propuesto tiene un costo de \$88.808 por m² y presenta ganancias que varían desde \$51.596 hasta \$109.196 mensuales al utilizar plantas de uso alimenticio; es decir, los techos son una inversión que se recupera totalmente con los ingresos que se obtienen de la venta o el ahorro en el autoconsumo de los productos que se cultivan en este sistema (véase Figura 7).

Tabla 2:

Valor total de la implementación del Sistema productivo de techos verdes o ecotechos.

<i>INFRAESTRUCTURA</i>	<i>VALOR UNITARIO</i>
Subtotal Materiales	\$ 362.560
<i>MANO DE OBRA INSTALACIÓN</i>	
Subtotal Mano de obra	\$ 290.000
<i>FUNCIONAMIENTO</i>	
Subtotal Insumos	\$ 284.920
Subtotal Mano de obra	\$ 64.091
<i>VALOR TOTAL</i>	\$ 1.065.702
Costo/m ²	\$ 88.808,6

Fuente: elaboración de los autores.

En la Tabla 3 se puede observar la estructura de costos de acuerdo con los diferentes tratamientos de las especies vegetales y el valor de la inversión general del montaje del sistema, con el resultado final de que el tratamiento más rentable fue la espinaca (*Spinaca oleracea*) y perejil (*Petroselinum crispum*) con una ganancia total (durante el ciclo de dos años) de \$2.620.698; en segundo lugar, la lechuga cresspa



Figura 7: Familias participantes con su primera cosecha 1. Niños participantes. 2. Representantes de familia.

Fuente: elaboración de los autores.

(*Lactuca sativa*) y rábano (*Rhaphanus sativa*) con un valor de \$2.275.098; y finalmente, la cebolla larga (*Allium fistulosum*), el cilantro (*Coriandrum sativum*) y lechuga lisa (*Lactuca sativa*) con un valor de \$1.238.298, este último equivale aproximadamente a la mitad de los ingresos en el periodo de dos años. Estas ganancias corresponden al 18%, 16% y 9% respectivamente, relacionado con el SMMLV de 2011, razón por la que se puede decir que funciona como un empleo complementario (Castleton et al., 2010), aunque sin establecer los costos de los beneficios ambientales y sociales.

Es de anotar que el SMMLV en Colombia equivale a \$599.000 y la ganancia económica del primer tratamiento es de \$94.796, el segundo es de \$51.596 y el tercero de \$109.196 mensuales (véase Tabla 3). Por otro lado, los precios de venta de los productos se tomaron del mercado local, y aunque la rentabilidad del segundo tratamiento es menor, sí genera mayor variedad para el autoconsumo familiar.

Estos valores pueden variar de acuerdo a los cambios en la presentación del producto ya que según el tamaño, color y calidad los valores en el mercado pueden cambiar y afectar directamente las ganancias del ecotecho o Sistema productivo de techos verdes.

Ahora bien, el trabajo desarrollado es una aplicación de tecnologías ecológicas que pueden ser utilizadas en diferentes escenarios, si el sistema propuesto tuviera una cobertura de todo el techo de 24 m² de la vivienda con su correspondiente reforzamiento, la inversión sería de \$2.131.404 y las ganancias oscilarían en ganancia de 1) 33%, 2) 18%, 3) 36%, respecto al SMMLV.

La producción de hortalizas favorece la seguridad alimentaria, porque hay una disponibilidad de alimentos estable y permanente, en cantidad, calidad e inocuidad para el autoconsumo permitiendo una vida saludable y activa. Según el Consejo Nacional de Política Económica y Social, Conpes (2008) los principios de la seguridad alimentaria son: el derecho a la alimentación, la equidad social, la sostenibilidad, la perspectiva de género, la corresponsabilidad, el respeto a la identidad y a la diversidad cultural, es decir, este sistema productivo aporta a los principios de la seguridad alimentaria de las familias participantes.

Según Dapcich & Nutrición Comunitaria (2005) se recomienda un consumo mínimo de 300 gramos diarios (2 raciones) de verduras u hortalizas por día, es así como los tres sistemas productivos cubren el 100% de la dieta de una persona. Sin embargo, con la ampliación del sistema a dos aguas (24 m²) se podría suplir la dieta hasta de tres personas (véase Tabla 4).

Finalmente, las recomendaciones que proponemos es ampliar la cobertura de ecotechos a 24 m² con el fin de aumentar las ganancias económicas y los aportes nutricionales casi al doble, por esta razón, se plantea continuar con la investigación, profundizando en el uso otras especies vegetales con un mayor aporte alimentario y que puedan funcionar para la creación de biotopos de especies raras y amenazadas como los estudios realizados en Suiza (Berndtsson et al., 2006) donde existe una relación positiva entre la riqueza de las especies y el funcionamiento del ecosistema, generando mayores beneficios ambientales, sociales y económicos (Nagase & Dunnett, 2010). De esta manera, la investigación podría ampliarse

Tabla 3:
Estructura de costos para los tres tratamientos de plantas.

Tratamiento	Especies vegetales utilizadas	Precio de venta	Número de plantas por cosecha	Ciclos de cosecha	Egresos por ciclo total de 2 años	Ingresos por ciclo total (2 años)	Utilidad por ciclo	Utilidad mensual	% SMMMLV
1	Lechuga romana (<i>Lactuca sativa</i>)	1200	192	12	2.764.800	3.340.800	2.275.098	94.796	16%
	Rábano (<i>Rhaphanus sativa</i>)	500	96	12	576.000				
2	Cebolla larga (<i>Allium fistulosum</i>)	500	96	12	576.000	2.304.000	1.238.298	51.596	9%
	Cilantro (<i>Coriandrum sativum</i>)	500	96	12	576.000				
	Lechuga lisa (<i>Lactuca sativa</i>)	1000	96	12	1.152.000				
	Perejil (<i>Petroselinum crispum</i>)	200	96	12	230.400				
3	Espinaca (<i>Spinacia oleracea</i>)	1500	192	12	3.456.000	3.686.400	2.620.698	109.196	18%

Fuente: elaboración de los autores.

Tabla 4: Aporte nutricional de los tres tratamientos utilizados, en un sistema de techos a un agua y a dos aguas.

Tratamiento	Especie	Peso (g)	Número de plantas por cosecha	Peso total por cosecha (g)	Aporte diario por especie (g)	Aporte diario (1 agua) (g)	Plantas diarias	Aporte diario (2 aguas) (g)	Sustento diario (2 aguas) (personas)	Plantas diarias
1	Rabanito (<i>Raphanus sativa</i>)	15	96	1440	48	464	3,2	928	3,1	6,4
	Lechuga romana (<i>Lactuca sativa</i>)	65	192	12480	416		6,4			12,8
2	Cebolla (<i>Allium cepa</i>)	76	96	7200	240		3,2			6,3
	Cilantro (<i>Coriandrum sativum</i>)	40	96	3840	128	512	3,2	1024	3,4	6,4
3	Lechuga lisa (<i>Lactuca sativa</i>)	45	96	4320	144		3,2			6,4
	Perejil (<i>Petroselinum crispus</i>)	20	96	1920	64	320	3,2	640	2,1	6,4
	Espinaca (<i>Spinacia oleracea</i>)	40	192	7680	256		6,4			12,8

Fuente: elaboración de los autores.

a la implementación de estos sistemas productivos en otros escenarios, y por tanto con diferentes condiciones bióticas, físicas y sociales.

La agricultura urbana no constituye solamente una práctica productiva porque genera además espacios de recreación, trabajo en equipo e integración comunitaria y familiar, los conocimientos del campo son recuperados y adaptados de acuerdo a sus posibilidades: “Me recuerda mi campo”, dice una mujer desplazada de 45 años; “He aprendido muchas cosas, uno vende y tiene para echar a la olla,” dijo una mujer desplazada de 39 años; es decir, no pierden ni abandonan su condición rural y al mismo tiempo hacen un aporte a la seguridad alimentaria de la familia. Estos tratamientos representan una alternativa altamente dignificante (Méndez et al., 2005) porque hay participación comunitaria, gestión territorial, aprovechamiento de los residuos orgánicos y el rescate del saber local (Hernández, 2006).

Conclusiones

El sistema productivo de ecotechos o techos verdes durante un ciclo de dos años tiene una ganancia mensual comparada con el valor SMMLV (\$599.000) de, 1) 16% equivalente a \$94.796, 2) 9% equivalente a \$51.596, y 3) 18% equivalente a \$109.196. Si este sistema se instalara en el 100% de la cobertura podría aumentar sus ganancias de 1) 33%, 2) 18%, 3) 36%, respecto al SMMLV, como evidencia de ingresos complementarios y desarrollo socioeconómico en el sector Altos de Cazucá por medio de la venta de la producción y el autoconsumo. De esta manera, este sistema favorece la seguridad alimentaria de las familias participantes. Además, también hay ganancias por mano de obra de \$130.000, que pueden ser contratadas con otra persona, o sumadas a las ganancias del cultivo por cada familia durante el mismo periodo de dos años.

El sistema instalado permite cubrir el 100% de la dieta en hortalizas de una persona diariamente. Sin embargo, con las adecuaciones propuestas podría tener una ganancia y suplir la dieta de tres personas diariamente. Esta oferta de alimentos para el autoconsumo hace parte de una estrategia común que sirve para hacer frente a la seguridad alimentaria debido a que la producción reduce el gasto de las familias, incrementa la calidad de los alimentos consumidos, proporciona una diversidad de especies vegetales y de esta manera mejora la dieta.

Se demostró que el tratamiento de especies vegetales más rentable es la espinaca (*Spinaca oleracea*) y el perejil (*Petroselinum crispum*) con una utilidad de \$ 2.795.669 durante los dos años de acuerdo con el precio del mercado local.

Por su parte, el tratamiento que tiene mayor aporte nutricional es el que contiene cebolla larga (*Allium fistulosum*), cilantro (*Coriandrum sativum*) y lechuga (*Lactuca sativa*), aunque su ganancia económica sea la menor.

Esta investigación además replantea la forma de concebir los territorios y los hábitats humanos ya que introduce contenidos sociales, ecológicos y económicos. De tal forma, se puede lograr que la seguridad alimentaria aumente para las poblaciones vulnerables del sector Altos de Cazucá por medio de las tecnologías probadas unidas con acciones integrales a largo plazo, y así se podría minimizar la dependencia interna de los alimentos importados.

Las ventajas demostradas del sistema de ecotechos propuesto fueron las siguientes: el bajo costo de inversión, el aprovechamiento de materiales reciclados, la posibilidad de ser fabricado por personas de la comunidad en muy poco tiempo, facilidad de reparar la estructura y también ofrece la oportunidad de potencializar las cualidades humanas de los niños, jóvenes y adultos participantes porque genera un proceso de diálogo y cooperación permanentes, con los que puede ser proyectadas a escala regional y global.

Agradecimientos: al Grupo de Ecología Urbana de la Pontificia Universidad Javeriana, la Fundación Catalina Muñoz y la Fundación Semillas de Amor y Alegría por el apoyo a esta investigación. Igualmente al Jardín Botánico José Celestino Mutis y a las familias participantes del proyecto por su compromiso y apoyo.

Referencias

- Alexandri, E. & Jones, P. (2008). Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates. *Building and Environment*, 43, 480-493.
- Atehortúa, L. (2007). Bioagricultura urbana y cambio climático. *Bio-Agriculture*, U. 2 (2), 8.
- Berndtsson, C. (2010). Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: A review. *Ecological Engineering*, 36, 351-360.
- Berndtsson, J.C., Bengtsson, L. & Jinno, K. (2009). Runoff water quality from intensive and extensive vegetated roofs. *Ecological Engineering*, 35, 369-380.
- Berndtsson, J.C., Emilsson, T. & Bengtsson, L. (2006). The influence of extensive vegetated roofs on runoff water quality. *Science of the Total Environment*, 355, 48-63.
- Carter, T. & Keeler, A. (2008). Life-cycle cost-benefit analysis of extensive vegetated roof systems. *Journal of Environmental Management*, 87, 350-363.
- Castleton, H., Stovin, V., Beck, S. & Davison, J. (2010). Green roofs; building energy savings and the potential for retrofit. *Energy and Buildings*, 42, 1582-1591.
- Dapcich, V. & Nutrición Comunitaria, S.E. (2005). *Guía de la alimentación saludable*. Sociedad Española de Nutrición Comunitaria.
- Garcés, L. (2008). Bioagricultura urbana y cambio climático. *Bio-Agriculture*, U. Change, C. San José de Las Lajas, Mayabeque, Cuba, 242.
- Getter, K., Rowe, D. & Andresen, J. (2007). Quantifying the effect of slope on extensive green roof stormwater retention. *Ecological Engineering*, 31, 225-231.
- Gutiérrez, A. (2008). Techos vivos extensivos. *Revista de arquitectura Alarife*, (s.d), 21.
- Hernández, L. (2006) La agricultura urbana y caracterización de sus sistemas productivos y sociales, como vía para la seguridad alimentaria en nuestras ciudades. *Cultivos Tropicales*, 27, 13-25.
- Hernández, L., Pino, M.A. & Varela, M. (2010). Experimentación campesina endógena asociada a la agricultura urbana de las provincias ciudad de La Habana y La Habana. *Cultivos Tropicales*, 31, 5-11.
- Ibáñez, A. (2009). Techos verdes están cubriendo a Bogotá. *UNPeriodico n.º 139* Recuperado de <http://www.unperiodico.unal.edu.co/dper/article/techos-vivos-estan-cubriendo-bogota/>
- Kosareo, L. & Ries, R. (2007). Comparative environmental life cycle assessment of green roofs. *Building and Environment*, 42, 2606-2613.
- Li, J., Wai, O.W.H., Li, Y., Zhan, J., Ho, Y.A. & Lam, E. (2010). Effect of green roof on ambient CO2 concentration. *Building and Environment*, 45, 2644-2651.
- Méndez, M., Ramírez, L. & Alzate, A. (2005). La práctica de la agricultura urbana como expresión de emergencia de nuevas ruralidades: reflexiones en torno a la evidencia empírica. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 55, 51-70.

