

Agricultura urbana en Bogotá, Colombia, orientada a la reutilización y seguridad alimentaria a partir de dos especies ancestrales

Urban agriculture in Bogotá, Colombia, oriented to reuse and food safety from two ancestral species

Laura Patricia Serrato-López¹, Diego Ricardo Carriazo-Nimisica² y Juliana Cepeda³.
Tutor: Vladimir Minorta-Cely

Resumen

En Bogotá, Colombia, son pocos los estudios que integran especies andinas al plan de agricultura urbana. Por este motivo, se busca el aprovechamiento de dos especies ancestrales en las instalaciones del Jardín Botánico de Bogotá, a fin de evaluar su productividad y rentabilidad, mediante tres tratamientos (baldes, canastillas, camas) en condiciones externas. Se registró que *Smallanthus sonchifolius* fue la especie con mayor plasticidad y productividad en los tres tipos de contenedores, caso contrario para *Amaranthus caudatus*, que no brinda una productividad adecuada para agricultura urbana. La rentabilidad del proyecto no logra suplir los gastos iniciales para la primera cosecha; por consiguiente, se entiende que solo se lograría brindar un sustento alimentario más no económico.

Palabras clave: agricultura urbana, seguridad alimentaria, biología, especies endémicas, productividad agrícola, Yacón (*Smallanthus sonchifolius*), Amaranto (*Amaranthus caudatus*).

Abstract

In Bogotá, Colombia, there are few studies that integrate Andean species to the urban agriculture plan. For this reason, the use of two ancestral species in the JBB facilities is sought, in order to evaluate their productivity and profitability through three treatments (buckets, baskets, beds) under external conditions. It is recorded that *Smallanthus*

Créditos

Autores

- ¹ Estudiante de Biología, integrante del Semillero de Investigación Botánica, Universidad Central.
Correo electrónico: lserratol1@ucentral.edu.co
- ² Estudiante de Biología, integrante del Semillero de Investigación Botánica, Universidad Central.
Correo electrónico: dcarriazon@ucentral.edu.co
- ³ Doctora en Agroecología, Magíster en Medio Ambiente y Desarrollo. Bióloga, Universidad Nacional de Colombia. Jardín Botánico Bogotá.
Correo electrónico: juliana.cepeda@jbb.gov.co

Tutor

Profesor de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas, integrante del Semillero de Investigación Botánica, Universidad Central.
Correo electrónico: vminortac@ucentral.edu.co

sonchifolius was the species with the highest plasticity and productivity in the three types of containers. Otherwise for *Amaranthus caudatus*, which does not provide adequate productivity for AU. The profitability of the project cannot cover the initial expenses for the first harvest. Therefore, it is understood that it would only be possible to provide a more non-economic food sustenance.

Keywords: urban agriculture, food security, biology, endemic species, agricultural productivity, Yacon (*Smallanthus sonchifolius*), Amaranto (*Amaranthus caudatus*).

Cómo citar:

Serrato-López, L. P., Carriazo-Nimisica, D. R. y Cepeda, J. (2022). Agricultura urbana en Bogotá, Colombia, orientada a la reutilización y seguridad alimentaria a partir de dos especies ancestrales. *Ingeciencia*, 7, 43-61.

Introducción

La agricultura urbana (AU) y periurbana (AUP) son categorizadas por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) como actividades multifuncionales donde se incluye la producción o transformación inocua de productos agrícolas y pecuarios, en las ciudades y sus alrededores para autoconsumo o comercialización (León, 2007). Estas prácticas pueden proporcionar alimentos frescos, generar empleo, reciclar los residuos urbanos, crear cinturones verdes, fortalecer la resiliencia de las aglomeraciones frente al cambio climático y estimular las economías regionales (León, 2007).

La AU es una actividad multifuncional interdisciplinaria que se modifica a través del tiempo (León, 2007). Permite conocer y categorizar distintas metodologías para su implementación en jardines comunitarios, granjas urbanas, interiores y verticales (Van Der Schans, 2010). Esta agricultura, que se basa en una integración social con beneficios comunitarios, crea una calidad estética nueva para las urbes con el fin de aprovechar distintos espacios o terrenos disponibles (Van Der Schans, 2010).

En Asia, Katmandú, Hong Kong y Shangai, la AU aporta entre el 45% y el 80% de las hortalizas consumidas (Opitz *et al.*, 2016). En África, la AU aporta un 85% en huertas destinadas para la agricultura; allí un 32% se encuentran rodeadas de edificaciones (Opitz *et al.*, 2016). En contraste, América Latina posee un 20%. Por consiguiente, la mayor parte del alimento consumido en las ciudades debe ser comprado, lo que genera gastos de entre el 60 y 80% de los ingresos; y, aun así, no se puede garantizar una alimentación segura (Opitz *et al.*, 2016).

En Colombia esta actividad se encuentra en auge por las actuales necesidades socioeconómicas (Lozano, 2017), lo que ha motivado a múltiples ciudades a usar esta línea de acción en sus esfuerzos por mitigar el hambre en algunos barrios de estratos bajos (0, 1, 2 y 3) y promover la seguridad alimentaria (Linares, 2007). En el país hay varias especies autóctonas como el yacón (*Asteraceae: Smallanthus sonchifolius* H. Rob.) y el amaranto (*Amaranthaceae: Amaranthus caudatus* L.), que han sido fuente de alimentación. Estos alimentos son considerados como recursos biogenéticos

propios que están en peligro de desaparecer del territorio por la erosión genética. No obstante, se desconoce su valor en la nutrición humana y animal. Sus procesos productivos pueden tener costos inferiores a los de los productos tradicionales (diversos granos y hortalizas), cuyos cuidados requieren de gastos elevados y la consecuente contaminación de los sistemas agrícolas (suelos, aguas y biodiversidad) (Sáenz-Torres *et al.*, 2019).

Iturriago *et al.* (2017) plantean la importancia de la siembra de especies vegetales andinas para la conservación del recurso edáfico, al no necesitar un gran movimiento de suelo al igual que los cultivos tradicionales. Junto con ello, plantean el uso de AU para el rescate de cultivos ancestrales en la sabana de Bogotá. Para contribuir a la tendencia de aprovechamiento ancestral y la posibilidad de una seguridad alimentaria básica, esta investigación busca integrar dos especies ya estudiadas en múltiples ciudades del país, el yacón y amaranto (Gómez, 2014) (tabla 1), especies neotropicales reconocidas por sus beneficios a la salud humana y de pocos requerimientos fisiológicos (cultivos rústicos) (Salvador-Reyes *et al.*, 2014; Sánchez & Genta, 2007; Arenas & Oller, 2001).

Tabla 1. Información taxonómica de las especies seleccionadas

Familia	Género	Autor	Nombre científico	Autor	Nombres comunes	Hábito	Distribución
ASTERACEAE	<i>Smallanthus</i>	Mack	<i>Smallanthus sonchifolius</i>	H. Rob	Yacón	Herbáceo	Neotrópico
AMARANTHACEAE	<i>Amaranthus</i>	L	<i>Amaranthus caudatus</i>	L	Blea - Amaranto dorado	Herbáceo	Cosmopolita

Nota: la tabla contiene información taxonómica junto con los nombres comunes con los que son reconocidos en el área de estudio en conjunto con su hábito de crecimiento y distribución.

Fuente: elaboración propia.

El yacón (Asteraceae: *Smallanthus sonchifolius* H. Rob.) es una planta de crecimiento herbáceo, con hojas de color verde oscuro, de tallos aéreos con alturas de dos metros; estos tallos poseen indumento y presentan marcas moradas. Las flores son pequeñas con tonalidades amarillas o naranjas (Puerta & García, 2013). El sistema radicular se compone de un sistema muy ramificado de raíces de absorción: 20 raíces carnosas y tuberosas de almacenaje (Puerta & García, 2013). Tradicionalmente se consumen sus raíces de almacenaje como fruta fresca o deshidratada y, en algunos lugares, en forma de jalea y chicha por medio de mezclas con sus hojas (Leidi *et al.*, 2018). Dentro del género (*Amaranthus* L.) se encuentra la blea o amaranto dorado (Amaranthaceae: *Amaranthus caudatus* L.), especie cosmopolita. Con un origen difuso, según Coons (1977) y Sauer (1979), su origen está en las zonas del holártico y neotropical. Se caracterizan por ser hierbas dioicas, con alturas de 2 a 2,5 metros, raíces cortas, con inflorescencias masculinas y femeninas con capacidad de autopolinización. Estas llegan a medir 90 cm (Bravo *et al.*, 2013). La cubierta de la semilla es brillante y el embrión es de forma curva, el cual cubre al endospermo (Bravo *et al.*, 2013). Sus hojas y semillas son utilizadas en

preparaciones de pastelería, confitería, alimento para ganado, cereales de mesa entre otros productos básicos (Wesche-Ebeling *et al.*, 1995).

En Bogotá, la AU surge a partir del año 2004 (Cañón & Amaya, 2017) asociado al desarrollo urbanístico y a la inmigración en aumento producto de la búsqueda de bienestar (Ramírez, 2013). La administración del alcalde Luis Eduardo Garzón (2004-2008) institucionalizó la AU como un proyecto distrital, aún vigente, liderado por el Jardín Botánico de Bogotá (JBB), junto con instituciones de orden local, nacional e internacional (Gómez, 2014). Esta práctica es llevada tanto a zonas blandas, como antejardines o lotes sin construcción, como a zonas duras, terrazas o patios, para aprovechar el potencial de la mano de obra, las aguas lluvia y los residuos sólidos para obtener plantas de consumo diario (hortalizas, verduras y frutas) (JBB, 2021). El proyecto fue renovado en el 2008 por el alcalde Samuel Moreno, que planteó la inclusión de asistencia técnica y capacitación para aprovechar las potencialidades de investigación ambiental sostenible y contempló especies que no solo cumplieran con seguridad alimentaria, sino que también ayudarán a la conservación ambiental florística y recobrarán el valor del conocimiento ancestral y tradicional de especies neotropicales (JBB, 2021).

Pocos o recientes trabajos de investigación se realizan con especies andinas en Bogotá. Investigadores de universidades o instituciones (Jardín Botánico, Universidad Nacional de Colombia, Universidad Distrital, Universidad Javeriana, entre otros) han venido realizando trabajos de este tipo, caracterizaciones, producción y comportamiento de poscosecha relacionada con procesos industriales. Este trabajo busca el aprovechamiento de dos especies ancestrales en las instalaciones del JBB mediante la evaluación de su productividad y rentabilidad financiera básica.

Áreas de estudio

El JBB está ubicado una zona plana, de características moderadamente húmedas, conformada por una llanura cuaternaria (ESE, 2011). Las cuencas hidrográficas del sector son el humedal Jaboque, el río Fucha y el río Salitre (Bernal, 2012). Según ESE (2011) los suelos presentan arcillas plásticas de color gris oscuro, con interstratificación de lentes de arena y grava e intercalaciones de ceniza volcánica de color gris blanzuzco; sus niveles arenosos y de gravas son importantes para el almacenamiento de agua. Su espesor alcanza los 320 metros.

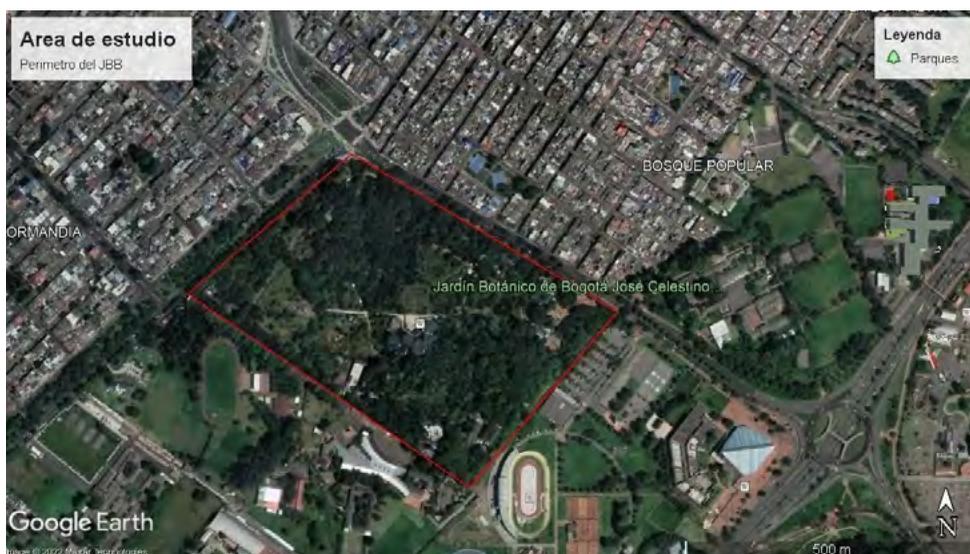


Figura 1. Imagen satelital localidad Engativá, barrio Normandía, Bogotá.
Nota: Mapa base realizado por medio de la utilización de GPS y Google Earth.
Fuente: elaboración propia con base en herramienta Google Earth.

Materiales

Los contenedores plásticos fueron lavados con agua potable para asegurar la descontaminación (fase 1), luego fueron identificados con cinta y con tinta indeleble (marcador), para llevar registro del individuo sembrado en este (Sevilla, 2011) (fase 2); se prepararon camas de 10 metros por 3 de ancho con una profundidad de 30 cm (fase 3); se plantaron los bulbos de *S. sonchifolius* a 1 cm bajo tierra asegurándose de que quedaran posicionados de manera correcta; para *A. caudatus* se ubica un manojo de semillas a 1 cm bajo tierra, lo que hizo más fácil el manejo de las plantas (fase 4). El riego se estableció día de por medio por sus altos requerimientos hídricos, así mismo en caso de ser necesario se aplicará biofertilizante una vez por mes (Hermann *et al.*, 1999; González, 2011; Becerra, 2000). Para el control de plagas, se contó con distintos plaguicidas caseros ya probados en la investigación de Navarro *et al.* (1996).



Figura 2. Proceso de preparación de contenedores, plántulas y semillas, junto con su manejo y control de plagas de las dos especies seleccionadas.

Nota: el modelo de AU se implementó en un terreno del JBB, y se evaluó la influencia del clima en el crecimiento, desarrollo y vigor del *S. sonchifolius* y *A. caudatus* en contenedores.

Fuente: elaboración propia.

Crecimiento, desarrollo y vigor

Para caracterizar las variables de estas dos especies (figura 3), se evaluó la altura: primero, a los 15 días de la siembra y, luego, cada 15 días hasta su madurez (floración y producción). Como unidad de medida se usó el centímetro (cm), desde la base del tallo principal hasta el ápice terminal de la planta. Para el área foliar se seleccionaron tres hojas, una en la base, una en el medio y una en la zona superior de cada individuo. Estas hojas se analizaron con el programa informático ImageJ, del National Institute of Health (versión 2019). Se pesaron las hojas perdidas (caídas) por individuo. Para la clorofila se registraron los datos con la ayuda del dispositivo apogee mac 100, que mide la cantidad de clorofila en coeficientes de correlación intraclase (CCI) para cada individuo —High-Resolution, 2018—.

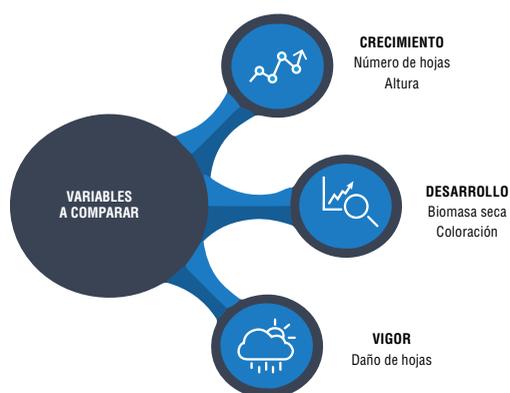


Figura 3. Variables a comparar de las dos especies seleccionadas.
Nota: variables de respuesta de los diferentes tratamientos aplicados, junto con su definición e indicadores.
Fuente: elaboración propia.

Productividad

Estas especies requieren de ciertas características fisiológicas: fotoperíodos de al menos ocho horas (Muñoz *et al.*, 2006) y luz constante para el yacón (*S. sonchifolius*) y el amaranto (*A. caudatus*), que deben ser plantados en zonas abiertas como parques o terrazas (Goyal *et al.*, 2010). Se evaluaron los costos para la elaboración de los contenedores, compra de biofertilizantes y plantas, así como los gastos de hora hombre invertidos en el manejo y cuidado durante el tiempo del experimento (figura 4). Asimismo, se agrega el pesaje del producto final para realizar una comparación con cultivos de gran escala. Para determinar una comparación de medias de los tratamientos experimentales, se utilizó la prueba de U de Mann-Whitney para cada una de las variables de respuesta cuantitativas. Para *S. sonchifolius*, cuando existan resultados significativos (0,5%), se realizará la prueba de Kruskal y Wallis.



Figura 4. Paso a paso del procedimiento estadístico.
Nota: proceso para la revisión de rentabilidad y productividad del experimento en conjunto con los análisis estadísticos para su verificación.
Fuente: elaboración propia.

Resultados

Como se observa en la figura 5, en los baldes se genera una mayor dispersión de los datos, de entre 40 cm y 30 cm, una evidente diferencia con relación a canastillas tanto para *S. sonchifolius* y *A. caudatus*. En relación con la variable biológica del número de hojas, el tratamiento en camas presenta un mayor rango en el número de hojas (45) con respecto a los baldes y canastillas para *S. sonchifolius*. Los baldes presentan una tendencia positiva de 48% en comparación con las canastillas, con datos atípicos positivos del 50% en *A. caudatus*. En cuanto al daño de hojas, los datos presentan una mayor dispersión en los baldes (28%); sin embargo, el tratamiento en canastillas presenta un rango extremo, con un máximo de 40% y un mínimo de 1%, con pocos valores y datos atípicos para *S. sonchifolius*.

A. caudatus presenta una distribución de los datos para baldes y canastillas, sin diferencias significativas y una distribución simétrica. Las canastillas presentan un rango extremo mayor de 40%, con pocos valores. En cuanto a la pérdida de hojas, la distribución entre baldes y canastillas para *S. sonchifolius* no tiene una diferencia significativa; se encuentra en la mediana en el percentil superior y en un rango máximo para la canastilla de 6%, con pocos valores. El tratamiento en cama presenta mayores valores de dispersión. Para el caso de *A. caudatus*, los valores obtenidos para baldes son superiores por distribución, seguidos por los de las canastillas, con un valor extremo máximo de 7% sobre el tratamiento en camas.

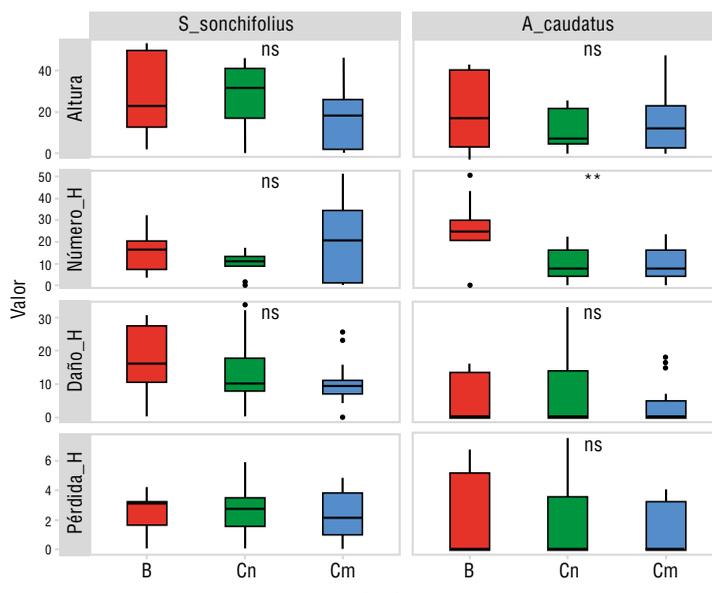


Figura 5. Promedio de la altura, número de hojas, daño en hojas, pérdida de hojas, en función del tipo de contenedor.

Nota: datos tomados durante 35 semanas para la variable de altura (cm), número de hojas, daño de hojas y pérdida de hojas de *S. sonchifolius* y *A. caudatus* en un ambiente no controlado (externo).

B: baldes; **Cn:** canastillas; **Cm:** camas; ******diferencias significativas; **ns:** no hay diferencias.

Fuente: elaboración propia.

En la figura 6 se observa el tratamiento de baldes para *S. sonchifolius*. La altura presenta una tendencia general de 16 cm, con una distribución simétrica y pocos datos dispersos. En datos extremos se evidencia un rango máximo de 17,5 cm y un mínimo de 10 cm, con un promedio de 15 cm. La altura del contenedor sí influye en la longitud del tubérculo; la cama presenta un mejor desempeño por el valor máximo de 18 cm, con una distribución de valores baja. Para el diámetro, las diferencias en los tratamientos no fueron significativas, con valores entre 12 dm y 15 dm, para las camas existen dos datos atípicos de 20 dm y 50 dm. Con relación al número de tubérculos se encuentra que los baldes presentan un valor máximo de 12.5 seguidos de las canastillas con un valor mínimo de 3, para el peso del tubérculo, las camas superan los valores obtenidos en baldes y canastillas, estas últimas con un valor atípico de 320.

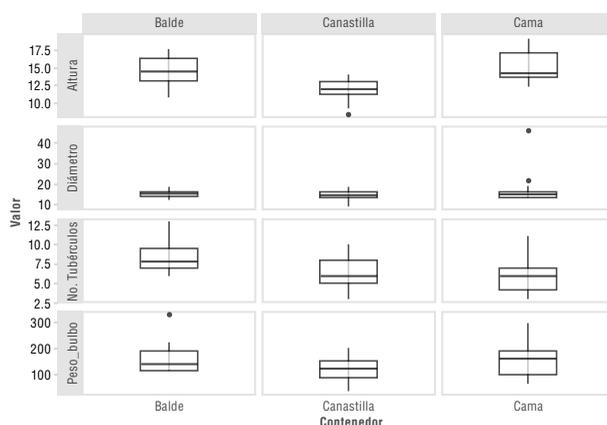


Figura 6. Productividad del tubérculo de *S. sonchifolius*.

Nota: por medio de productividad del tubérculo con variables: la altura, diámetro, número de bulbos y peso del bulbo de Yacón en función del tipo de contenedor.

Fuente: elaboración propia.

En la productividad en hojas (figura 7) se observa que la variable de altura (planta) para el tratamiento de baldes presenta datos con mayor distribución y tendencia de 60 cm, mientras que para las canastillas se observa una distribución reducida, con una mediana positiva. La tendencia general es de 53 cm, con un mejor resultado para la altura de la planta en contenedores, ya que en baldes se presenta una diferencia de 10 cm respecto al tratamiento blanco, el cual fue llevado en las camas.

La variable número de hojas en baldes muestra una tendencia general de 60, con una mediana negativa y un promedio general de 55, para las canastillas se observa una diferencia significativa con respecto a los baldes. Además, las camas presentan una mayor dispersión de datos, con tendencias de 100 hojas y unos datos máximos de 150 y mínimos de 10, con un promedio general de 60 hojas, con mejores resultados en los baldes.

En las variables de peso fresco y peso seco para baldes y canastillas no se encuentran diferencias significativas; mientras que para las camas se presenta una mejor distribución, con tendencia de 300 g y valores máximos de 500 g y mínimos de 100 g. También se observaron datos atípicos de 600 g y un promedio de 280 g. El peso seco, por otro lado, presenta una mayor distribución con tendencia en 60 g, y unos valores máximos de 80 g y mínimos de 10 g, con un promedio de 40 g.

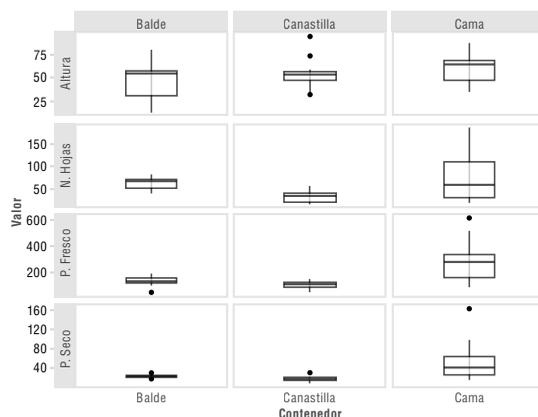


Figura 7. Productividad de las hojas de *S. sonchifolius*

Nota: altura, número de hojas, Peso fresco, y Peso seco de la especie *S. sonchifolius*, en función del tipo de contenedor.

Fuente: elaboración propia.

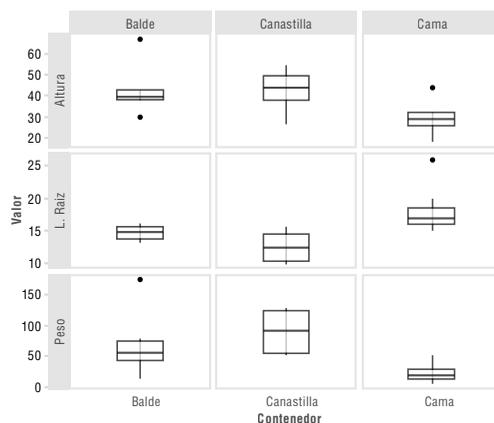


Figura 8. Productividad de *A. caudatus*

Nota: altura, longitud de raíz, y peso del *Amaranto* en función del tipo de contenedor.

Fuente: elaboración propia.

En la figura 8 (*A. caudatus*) se observa que el tratamiento de canastillas exhibe una mayor distribución, con tendencia general de 50 cm, con valores máximos de 55 cm y mínimos de 29 cm, con un promedio de 55 cm con respecto al valor inferior obtenido en baldes, que muestra una tendencia de 45 cm. Para las camas, se observa una tendencia general de 30 cm, con valores atípicos de 45 cm y una poca distribución de los datos. Así mismo, se evidencian valores extremos negativos de 20 cm, con un

promedio general de 30 cm, con un mejor resultado de altura que en las canastillas. Para la variable de longitud de raíces, las canastillas registran una mayor distribución, por sus valores máximos de 17 cm y mínimos de 11 cm, con promedios de 13 cm, lo que no genera diferencias significativas en los dos contenedores. Las camas exhiben tendencias generales de 18 cm, con unos datos atípicos mayores de 25 cm, seguidos de valores máximos de 23 cm y mínimos de 15 cm y un promedio general de 17 cm; por último, para la variable de peso, las canastillas evidencian una mejor distribución de tendencia (120 g), con un valor máximo de 121 g y un promedio general 100 g, lo cual representa el mejor resultado.

Análisis de resultados

Yacón (*Smallanthus sonchifolius*)

En el estudio desarrollado con el fin de establecer una metodología de AU del yacón (*S. sonchifolius*) con base en tres tratamientos (figura 5), la evaluación en baldes presenta una altura de 0,71 mts., mientras que las canastillas, 0,62 mts., sin presencia de florecimiento. Su desarrollo y crecimiento se detuvo en el periodo de 7 meses, lo que representa una disminución significativa del crecimiento y desarrollo de las plantas (poca profundidad de los contenedores evaluados). Hermann y Heller (1997) afirman que el yacón (*S. sonchifolius*) llega a su estado de madurez a partir de los 7 meses. Este florece y llega a alturas mínimas de 1,5 mts. y máximas 3 mts. Así mismo, Grau (2001) afirma que el efecto de poco espacio en distancias y profundidad de siembra perjudica el florecimiento y la altura de las plantas.

Cabe señalar que, en condiciones naturales, el yacón alcanza profundidades de 0,6 mts. y 0,7 mts., con una siembra de 1 m entre hileras. Sin embargo, a los 7 meses los resultados para la siembra directa (cama en tierra) muestran un crecimiento que concuerda con lo descrito por Hermann y Heller (1997), con alturas mínimas de 1,5 mts. Con el fin de validar los resultados, se realizaron pruebas estadísticas para observar la tendencia de la altura en los 2 tratamientos (balde y canastillas) con respecto a cama, lo cual arroja datos no normales (tabla 1). Esto se debe a factores climatológicos y factores asociados al espacio del contenedor, que fue determinante para la altura de las plantas y su madurez (florecimiento), evaluado mediante pruebas no paramétricas (tabla 1) como las de Mann Whitney (1945) y Kruskal y Wallis (1952), que hacen referencia a la prueba de medias cuando no se cumplen los supuestos en los que se basa la prueba t (normalidad y homocedasticidad) o cuando no es apropiado utilizar la prueba t porque el nivel de medida de los datos es ordinal. Con base en lo anterior, se encontraron relaciones significativas mayores 0,5 en la canastilla, que afectó la altura de las plantas de yacón.

En cuanto a la variable de número de hojas, el yacón presenta un mejor resultado en balde (20) a diferencia de las canastillas (10). Esto evidencia que, a más profundidad, mayor cantidad de hojas. Grau (2001) menciona que en cuanto a la floración

de cada tallo, se producen entre 13 a 16 pares de hojas. Después de la floración la planta solo produce hojas pequeñas. En ambos tipos de contenedores, balde y canastilla, se identificó que no hubo florecimiento. Por ello, las hojas por individuo no alcanzaron el valor esperado por el autor, con un promedio de 12 a 10 pares de hojas por individuos, sin un valor significativamente diferente.

El tratamiento en cama mostró mejores resultados: floreció con un promedio general de 40 hojas y 13 a 15 pares por individuos, afirmando que el espacio influye en el nacimiento de las hojas. La variable daño y pérdida foliar para baldes mostró un porcentaje de 25% mayor que en cama y canastillas, a causa de la exposición directa a la luz y a cambios climatológicos registrados por el IDEAM en Bogotá y en todo el país.

Para el mes de mayo, el fenómeno climatológico de la niña presentó niveles de radiación de un 75% mayores a lo normal, con una exposición a la luz de 11 horas, temperaturas entre los 18 °C y los 12 °C y una precipitación promedio de 148 mm. (IDEAM, 2022).

El yacón, según Seminario *et al.* (2003), a pesar de soportar periodos de sequía, temperaturas mínimas de 4 a 5 °C y altas de 25 °C, posee una capacidad fotosintética 30% (radiación), ampliamente diferente a la radiación presentada en Bogotá. Por ello, para baldes, los niveles de radiación afectaron el yacón con una menor absorción de luz por presentar una clorofila de 14 CCI según el parámetro evaluado (clorofilo-metro), con manchas de coloración amarilla en las hojas por quemaduras.

Según Ramos (1999), el yacón debe mantenerse bajo sombra, con un sistema agroforestal que le permita tener sombra matutina o vespertina para un rendimiento mayor y una protección ante heladas y la luz directa. Durante mayo, las canastillas y cama tuvieron una mejor capacidad fotosintética por tener protección a la luz directa. Para el caso de las canastillas, al sembrar dos individuos por contenedor y cama (continuidad de plantas sembradas), hubo una mejor protección entre los individuos.

Los análisis para cama presentan una tendencia frente al número y daño hojas mejor en comparación a los contenedores (balde y canastilla), la cual nos arroja datos no normales (tabla 1), ya que los factores de clima y espacio afectaron el número de hojas de las plantas. Los datos de las pruebas no paramétricas (tabla 1) de Mann Whitney (1945) y Kruskal y Wallis (1952) muestran relaciones significativas mayores 0,5. Las canastillas presentan diferencias significativas asociadas al efecto del contenedor, con relación al número y daño foliar de las plantas de yacón.

La cosecha del tubérculo se realizó durante el periodo comprendido entre el 26 de septiembre y el 14 de octubre, cuando cumplió entre 6 y 7 meses de desarrollo hasta alcanzar la madurez, hojas amarillentas y cese de la floración, según los parámetros indicados por Seminario *et al.* (2003), en cuyo caso el experimento solo presenta hojas amarillas en contenedores. En baldes tuvo un promedio de 8,9; el rango por individuo fue de 7 a 13 tubérculos y un peso 150 g, que superó al de las canastillas. Al respecto, National Research Council *et al.* (1989) y Genet (1985) mencionan un

número de tubérculos producidos en condiciones normales entre un rango de 20 a 47, y un peso que generalmente oscila entre 2000 g a 75 000 g por individuo.

Esto nos indica que los tratamientos experimentales (cama, canastillas y balde) no alcanzaron el peso estipulado por la literatura. Sin embargo, canastillas y baldes tuvieron una diferencia favorable frente cama. A pesar de tener poco espacio, lograron tener mejor rendimiento en el número de tubérculos obtenidos para la cama. Se considera que esto se debe al estrés por el espacio en los contenedores y, en particular, al tratamiento en baldes por profundidad, que favorece el llenado de raíces.

Según Grau y Rea (1997), el incremento de las raíces en las canastillas es mucho mayor en condiciones de estrés y bajas temperaturas, ya que la planta intenta minimizar su daño afectando otras zonas, como el desarrollo foliar. Para la cosecha de hojas, el mayor valor corresponde a cama, el cual supera a baldes. El valor mínimo es el de las canastillas. Esto, teniendo en consideración que el tratamiento en cama tuvo aspectos inherentes al manejo en piso de profundidad, espacio y protección por cercanía de individuos. El rendimiento de los tubérculos y hojas se comprobó mediante la fórmula de Hay y Walker (1989):

$$\text{Rendimiento de raíces frescas por hectárea (kg)} = \text{densidad de plantación} \\ \times \text{número de raíces por planta} \times \text{peso promedio de cada raíz (kg)MS (\%)}$$

La fórmula muestra para la cama valores de 75,2%, que superan al de los contenedores. Los análisis estadísticos de Mann Whitney (1945) y Kruskal y Wallis (1952) muestran una relación menor a 0,05 para canastillas en relación con la altura y n de tubérculos, en comparación con baldes y cama. Por lo anterior, se considera que el tratamiento en canastillas no es viable.

Amaranto: *Amaranthus caudatus*

Para el estudio realizado con el amaranto (*A. caudatus*), el periodo de crecimiento (altura) se tomó durante 232 días de crecimiento. Se demoró 98 días más de lo descrito por Ehleringer (1983). De ello se deduce que el clima de Bogotá (fenómeno climático) retrasa su desarrollo.

Las canastillas muestran una mayor pérdida de individuos y el menor registro de altura, con 55 cm, (figura 5). Los baldes presentan mejores resultados, sin ninguna pérdida de individuos, con alturas de 67 cm. Por su parte, las camas (blanco) registran datos mayores a 71 cm, sin mortalidad, y con una diferencia en baldes del 4%, lo que muestra resultados muy cercanos (figura 5) entre los tratamientos evaluados.

Los resultados de Norman (1983) y Boote (1994) describen que en condiciones normales la planta de amaranto alcanza alturas entre 150 y 160 cm, con una panoja compacta, erecta y bien definida. En contraste, la altura alcanzada en el presente trabajo fue significativamente menor, pues solo alcanzó el 50% de lo esperado.

En cuanto al número de hojas (figura 5), los baldes presentan un promedio general de 75 hojas, oscilando entre 5 a 10 hojas por individuo; las canastillas tuvieron un menor registro de hojas nacidas con relación a baldes (figura 5); para la evaluación en cama (blanco) durante esas semanas, se registraron 10,3 hojas, con un promedio de 4 a 5 hojas por individuo, es decir, un número menor que para baldes.

Al respecto, el aumento de lluvias, con presencia de inundación por deficiencia en el drenaje perjudicó el desarrollo foliar, si se compara con lo expresado por la literatura mencionada, que asevera que la planta, en su estado de desarrollo, alcanza un número de entre 15 a 17 hojas. Nieto (1990) demuestra que el contenedor tuvo un mejor desarrollo y crecimiento de la planta. Se realizaron análisis estadísticos que evidencian datos no normales, por pruebas no paramétricas. El análisis de Mann Whitney (1945) muestra relaciones significativas mayores a 0,5 en cuanto a la altura en canastillas; mientras que el número de hojas fue menor a 0,5 en balde para amaranto.

Durante las semanas de estudio, se evidencia un incremento de pérdida foliar del 6% en cama y canastillas (figura 5); la mayor pérdida foliar se registra en baldes, pues alcanzó un 10%. Esto se debe a que tuvo una menor exposición a la luz solar (fotoperiodo), el cual juega un papel clave al momento de la siembra (evento climático) condicionado al comienzo y duración de las diferentes fases fenológicas de la planta. Por ello, alcanzó el 12% del daño foliar en contraste con el de las canastillas y cama (blanco), que presentaron tan solo un 4% de daño. Esto indica que las plantas para el tratamiento en canastillas y cama tuvieron una mejor recuperación ante el efecto climático, a diferencia del tratamiento realizado en baldes, dado que todo el experimento fue expuesto a las mismas condiciones climáticas.

La cosecha de amaranto se realizó con los parámetros de Espitia (1989), quien menciona que la cosecha de amaranto se realiza extrayendo completamente la planta, pesando raíces y tallo, contando el número de hojas y secando las espigas. Para la evaluación del experimento, la muestra un mayor rendimiento del tratamiento en cama, que alcanza un número de hojas de 120, un peso fresco de 300 g y uno seco de 50 g. Para comprobar el rendimiento que se expone en la figura 8, se realizó la ecuación de cosecha de los autores Hay y Walker (1989).

$$\text{Peso seco de parte cosechable} / \left(\frac{\text{Peso seco}}{\text{Peso fresco}} \times 100 \right) \times \text{IC} =$$

Para cama, el valor de 303 g fue significativamente superior a los contenedores. Sin embargo, el resultado obtenido es significativamente bajo en comparación con lo expresado por Majewsky *et al.* (1994). Ellos manifiestan que en condiciones normales tan solo 5 individuos de amaranto en promedio dan mínimo en su cosecha de 2.922 kg, deduciendo que ninguno de los tratamientos alcanzó el promedio de la cosecha, siendo una especie no apta para Bogotá y, por lo tanto, no rentable. Los análisis estadísticos de Mann Whitney (1945) y Kruskal y Wallis (1952) muestran una relación para cama menor a 0,05, que fue significativamente menor que en baldes

y canastillas en relación a la longitud de raíz. El peso también mostró una relación significativamente menor de 0,05 para canastillas y cama; esto se debe a procesos climatológicos (figura 8) y al espacio del contenedor.

Consideraciones finales

Como indica Ramírez (2014), las investigaciones de AU se basan en presentar resultados de cantidad de especies cultivadas, familias beneficiadas o metodologías innovadoras, principalmente hortalizas o aromáticas, por su fácil cultivo de pocos requerimientos agroecológicos (Zaar, 2011). Además, se deben incluir los beneficios para la seguridad alimentaria obtenidos a partir de estos procesos, que generan, en su mayoría, un acceso a mejores alimentos. La recolección de información previa mostró que los hogares bogotanos que realizan actividades agrícolas suelen consumir una mayor cantidad de alimento, que puede llegar a ser hasta de un 30%; además, se suele incrementar el consumo de hortalizas y frutas.

Los tratamientos utilizados para la especie *S. sonchifolius* (yacón) comprueban una gran plasticidad y adaptación al entorno bogotano, ya que aunque su productividad fue baja, lograría beneficiar a una familia de entre 4 a 6 integrantes (Sáenz-Torres *et al.*, 2019), con por lo menos dos plantas sembradas en baldes. En cuanto a la siembra en canastillas, se debe tener en cuenta su construcción para su correcto drenaje, además de solo colocar un individuo por su alta competencia y seguir las necesidades agroecológicas de sombra para aumentar así su rendimiento. En cuanto a *A. caudatus* (amaranto), no se obtuvieron datos satisfactorios para una inclusión a la AU de Bogotá, dado que, al evaluar las diferentes variables, esta especie no presenta un buen rendimiento o productividad en ninguno de los tres tratamientos.

Al calcular una rentabilidad básica de la producción, se observa que se cosechó un promedio de 55,6 kg del tubérculo del yacón y 38 kg de hoja de amaranto. Esto, con un costo promedio de 800 000 COP, teniendo en cuenta que los costos para una futura producción disminuirán, ya que en su mayoría se reciclaron muchos de los materiales usados. El yacón presenta un costo actual de 6400 COP por kilogramo; por lo tanto, se genera una producción de \$355 840 COP, lo que no logra suplir los gastos iniciales para la primera cosecha. Por consiguiente, solo se lograría brindar un sustento alimentario, mas no económico. Para el amaranto el caso es parecido, ya que actualmente se encuentra a 20 000 COP el kilo, para un total de \$760 000 COP, el cual deja un margen de ganancia bajo, ya que sus requerimientos agroecológicos son elevados; por consiguiente, el gasto económico aumenta. Esta misma cantidad de productos habría costado \$1 115 000 COP. Es decir que habría un ahorro significativo para la compra de estas dos especies. Así mismo se evita la obtención de productos empacados.

Con la finalidad de motivar a la ciudadanía a la participación en AU, se recomienda elaborar folletos para su fácil implementación en hogares, ya que, según la FAO (2010), los hogares urbanos que realizan actividades agrícolas consumen más alimento,

que puede llegar a ser hasta de un 43%. Además, se incrementa el consumo de hortalizas y frutas. Así, la AU puede aportar beneficios importantes a la seguridad alimentaria, aunque sea de bajo impacto. Este fortalecimiento del conocimiento no solo brinda una mejor productividad, también da un entendimiento del beneficio paisajístico y de conservación.

Referencias

- Arenas, R. & Oller, J. L. T. (2001). *Guía para el cultivo y aprovechamiento del coime o amaranto: Amaranthus caudatus (Linneo)*. Convenio Andrés Bello.
<https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/11648>
- Becerra, R. (2000). El amaranto: nuevas tecnologías para un antiguo cultivo. *Biodiversitas*, 5(30), 1-6. <https://studylib.es/doc/7711109/el-amaranto--nuevas-tecnolog%C3%ADas-para-un>
- Bernal, A. (2012). Variabilidad climática, cambio climático y el recurso hídrico en Colombia. *Revista de Ingeniería* (36), 60-64.
- Boote, K. J. & Pickering, N. B. (1994). Modelado de la fotosíntesis de cubiertas de cultivos en hileras. *HortScience*, 29(12), 1423-1434.
- Bravo, M., Reyna, J. & Huapaya, M. (2013). Estudio químico y nutricional de granos andinos germinados de quinua (*Chenopodium Quinoa*) y Kiwicha (*Amaranthus Caudatus*). *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*, 16(1), 54-60.
<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quim/article/view/6558>
- Cañón, L. B. & Amaya, G. C. (2017). *Uso de los recursos naturales en los espacios destinados para la agricultura urbana en la localidad de San Cristóbal de la ciudad de Bogotá, D. C.* [trabajo de maestría, Universidad de Manizales]. Repositorio Institucional Universidad de Manizales. <https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/handle/20.500.12746/3001>
- Coons, M. P. (1982). Relaciones de *Amaranthus caudatus*. *Botánica Económica*, 36(2), 129-146.
- Ehleringer, J. (1983). Ecophysiology of *Amaranthus palmeri*, a Sonoran Desert summer annual. *Oecologia*, 57, 107-112.
- Espitia, C. (1989). Identificación, aislamiento y caracterización parcial de antígenos glicoproteicos de *Mycobacterium tuberculosis*. *Inmunología clínica y experimental*, 77(3), 378.
- Gómez, J. N. (2014). *Agricultura urbana en América Latina y Colombia: perspectivas y elementos agronómicos diferenciadores* [trabajo de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio Institucional. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/2749>
- Genet P, T. (1985). Fertilidad de trabajadores varones expuestos al vapor de mercurio o al polvo de manganeso: un estudio mediante cuestionario. *Revista Estadounidense de Medicina Industrial*, 7(2), 171-176.

- Goyal, A. (febrero de 2010). El aprendizaje influye en las probabilidades en las redes sociales. En *Actas de la Tercera Conferencia Internacional ACM sobre Búsqueda Web y Minería de Datos* (pp. 241-250).
- Grau Rubio, C. (2001). A pedagogía hospitalaria. *Revista Galega Do Ensino*, 32, 169-182.
- Grau, A. & Sánchez, S. S. (2001). Hypoglycemic effect of the water extract of *Smallantus sonchifolius* (yacon) leaves in normal and diabetic rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 74(2), 125-132
- Hermann, M., Freire, I. & Pazos, C. (1999). Impact on a changing world International Potato Center Program Report 1997-1998. En *Compositional diversity of the yacon storage root* (pp. 425-432). <https://eurekamag.com/research/003/390/003390679.php>
- Hermann, M. & Heller, J., (eds.) (1997). *Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops*. Institute of plant Genetic and crop Plan Research. Rome: Gatersleben/International. Plant Genetic Resources Institute.
- Iturriago, D. S., Meneses Atencia, M., Panneflek Rodríguez, J. E. & Ramos Berra, E. F. (2017). *Sistema de Información de Agricultura Urbana enfocado a la distribución de conocimiento ancestral y técnico de especies nativas andinas en la ciudad de Bogotá para contribuir en el derecho a la seguridad y sostenibilidad alimentaria* [trabajo de grado, Fundación Universitaria Compensar]. Repositorio Institucional. <https://repositoriocrai.ucompensar.edu.co/handle/compensar/3100>
- Jardín Botánico de Bogotá [JBB]. (2021). *Agricultura urbana*. <https://jbb.gov.co/aplicacion-del-conocimiento/agricultura-urbana/>
- Kruskal, W. H. & Wallis, W. A. (1952). Uso de rangos en análisis de varianza de un criterio. *Revista de la Asociación Estadounidense de Estadística*, 47(260), 583-621.
- Leidi, E. O., Altamirano, A. M., Mercado, G., Rodríguez, J. P., Ramos, A., Alandia, G., Sorensen, M. & Jacobsen, S. E. (2018). Andean roots and tubers crops as sources of functional foods. *Journal of Functional Foods*, 51, 86-93. <https://doi.org/gj6vmj>
- León, T. (2007). *Medio Ambiente, tecnología y modelo de agricultura en Colombia*. Instituto de Estudios Ambientales (IDEA). https://idea.unal.edu.co/publica/serie_ideas/PDF/ideas9-Agricultura_Ambiente_Tom%23U00e1s_Le%23U00f3n.pdf
- Linares, P. F. (2007). *La Agricultura Urbana en el barrio Ciudad Londres, localidad de San Cristóbal, Bogotá. Aproximación a su análisis bajo el prisma de los Medios de Vida Sostenibles* [trabajo de grado, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio Institucional Javeriano. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/7809/tesis125.pdf?sequence=1>
- Lozano, W. D. (2017). *Acción, participación y organización comunitaria en torno al ejercicio de la agricultura urbana en Bogotá, D. C.* [trabajo de grado Universidad Cooperativa de Colombia]. Academia. https://www.academia.edu/36837730/Acci%C3%B3n_participaci%C3%B3n_y_organizaci%C3%B3n_comunitaria_entorno_al_ejercicio_de_la_Agricultura_Urbana_en_Bogot%C3%A1_D_C

- Majewski, J. (1994). Congelación inducida de agua sobreenfriada en hielo mediante monocapas cristalinas autoensambladas de alcoholes anfífilicos en la interfaz aire-agua. *Revista de la Sociedad Química Estadounidense*, 116(4), 1179-1191.
- McKnight, P. E. & Najab, J. (2010). Prueba U de Mann-Whitney. *La enciclopedia de psicología Corsini*, 1(1).
- Muñoz, A. M., Blanco, T., Serván, K. & Alvarado-Ortiz, C. (2006). Evaluación del contenido nutricional de yacón (*Polimnia sonchifolia*) procedente de sus principales zonas de producción nacional. *Horizonte Médico*, 6(2), 69-73.
<https://www.redalyc.org/pdf/3716/371637114001.pdf>
- Navarro, V., Villarreal, M. L., Rojas, G. & Lozoya X. (1996). Antimicrobial evaluation of some plants used in Mexican traditional medicine for the treatment of infectious diseases. *J Ethnopharmacol*, 53(3), 143-147.
[https://doi.org/10.1016/0378-8741\(96\)01429-8](https://doi.org/10.1016/0378-8741(96)01429-8)
- Nieto, M. P. (1990). Evolución de la participación económica femenina en los ochenta. *Revista Mexicana de Sociología*, 133-149.
- Norman, D. A. (1983). Diseñar reglas basadas en análisis de error humano. *Comunicaciones de la ACM*, 26(4), 254-258.
- Opitz, I., Berges, R., Piorr, A. & Krikser, T. (2016). Contributing to food security in urban areas: differences between urban agriculture and peri-urban agriculture in the Global North. *Agriculture and Human Values*, 33(2), 341-358.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10460-015-9610-2>
- Polanco, M. F. & García, M. A. (2013). Caracterización morfológica y molecular de materiales de yacón (*Smallanthus sonchifolius* Poep. Endl) H. Robinson colectados en la ecorregión Eje Cafetero de Colombia. *Revista de investigación agraria y ambiental*, 4(2), 97-116. <https://doi.org/10.22490/21456453.981>
- Ramírez, B. Y. (2014). Agricultura urbana y huertas familiares: propuesta de desarrollo y tejido social en el asentamiento poblacional esfuerzos de paz de la comuna 8 de Medellín [tesis de maestría, Universidad EAFIT]. Repositorio Institucional universidad EAFIT. <https://repository.eafit.edu.co/server/api/core/bitstreams/76e924ca-b785-4a3a-b929-01728d78aaf4/content>
- Ramírez, J. (2013). *La implementación de la política de abastecimiento alimentario de Bogotá en el sector mayorista de la comercialización de alimentos: restricciones y dificultades* [tesis de maestría, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales – Sede académica de México]. <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/2832/1/TFLACSO-2010JDR.P.pdf>
- Ramos, V. A. (1999). Las provincias geológicas del territorio argentino. *Geología Argentina*, 29(3), 41-96.
- Salvador-Reyes, R. (2014). Estudio de la stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) como edulcorante natural y su uso en beneficio de la salud. *Scientia Agropecuaria*, 5(3), 157-163.
- Sánchez, S. & Genta, S. (2007). Yacón: un potencial producto natural para el tratamiento de la diabetes. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 6(5), 162-164. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85617508014>

- Sáenz-Torres, S., López-Molinello, A., Prieto-Contreras, L. & Rodríguez, T. (2019). El cubio como una alternativa productiva sostenible en condiciones de agricultura urbana de Bogotá. *Equidad y Desarrollo*, 1(34), 121-142. <https://doi.org/10.19052/eq.vol1.iss34.6>
- Sauer, J. D. (1967). The grain amaranths and their relatives: a revised taxonomic and geographic survey. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 54(2), 103-137.
- Seminario, J., Valderrama, M. & Manrique, I. (2003). *El yacón: fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio*. Centro Internacional de la Papa, Universidad Nacional de Cajamarca, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación. https://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/07/Yacon_Fundamentos_password.pdf
- Sevilla, L. E. (2011). *Implementación de un modelo de agricultura urbana orientada a la seguridad alimentaria y al reciclaje de basura en la ciudad de Cayambe-Pichincha 2010*. Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/10848>
- Van Der Schans, J.W. (2010). Urban agriculture in the Netherlands. *Urban Agriculture Magazine*, 24(1), 40-42. <https://edepot.wur.nl/411126>
- Wesche-Ebeling, P., Maiti, R., García-Díaz, G., González, D. I. & Sosa-Alvarado, F. (1995). Contribuciones al valor botánico y nutricional de algunas especies silvestres de *Amaranthus* (Amaranthaceae) de Nuevo León, México. *Botánica Económica*, 49(4), 423-430. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02863094>
- Zaar, M. H. (2011). Agricultura urbana: algunas reflexiones sobre su origen e importancia actual. *Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, 16. <https://raco.cat/index.php/Biblio3w/article/view/>