

Cultivar alimentos en la ciudad: diseño de una huerta agroecológica en la Universidad CES en Medellín, Colombia

Estudiante
Laura Betancourt Vásquez

Directora
Estela María Quintero

Trabajo de Grado
En la modalidad de *Investigación*

Programa de Biología y Ecología
Universidad CES
Medellín
Mayo 2024

7 de junio de 2024.

Se informa que la estudiante **Laura Betancourt Vásquez** identificada con cédula: No. 1152470303 ha concluido de manera satisfactoria su trabajo de grado titulado “**Cultivar alimentos en la ciudad: diseño de una huerta agroecológica en la Universidad CES en Medellín, Colombia**”.

En calidad de **directora** del proyecto en mención, y luego de haber revisado con detalle y alto rigor científico y académico el presente documento final, se aprueba este trabajo de grado como requisito parcial para optar al título de **Bióloga y Ecóloga**.



Estela Maria Quintero Vallejo

Cédula: 43612238

Docente Programa Ecología

Universidad CES

Cultivar alimentos en la ciudad: diseño de una huerta agroecológica en la Universidad CES en Medellín, Colombia

Laura Betancourt-V, Estela Quintero-Vallejo

Resumen

Introducción. La urbanización incrementa el número de personas que no son autosuficientes en términos de alimentos, aumentando su vulnerabilidad al depender de cultivos en otras regiones. La agricultura urbana es una alternativa para mejorar la seguridad alimentaria y proveer servicios ecosistémicos como regulación de temperatura y disminución de erosión. El objetivo de este proyecto es realizar un diseño de una huerta en la Universidad CES, aplicando los conceptos de la ecología, con fines educativos y de creación de hábitat para la fauna local.

Métodos. Se hizo un diagnóstico del área, donde se evaluaron componentes abióticos como el clima, el suelo y la pendiente, y bióticos como las aves, mamíferos y artrópodos. Se hizo una revisión bibliográfica sobre algunas prácticas agroecológicas y su relación con la provisión de servicios ecosistémicos. Se realizó el diseño de la huerta utilizando como guía el diagnóstico y la revisión para definir las prácticas y plantas a usar.

Resultados. El diseño tiene dos fases: la primera es de adecuación del suelo con abonos verdes y prevención de erosión, y la segunda es productiva e incluye plantas nativas alimenticias.

Discusión y conclusiones. Se concluye que la Universidad CES es biodiversa, lo que es una ventaja en términos de servicios ecosistémicos para la huerta, y que diseñar una huerta agroecológica con base en un diagnóstico permite diseñar sistemas más acertados según su contexto ecológico.

Palabras clave: Agricultura urbana, agroecología, campus universitario, diagnóstico ambiental

Nota sobre formato del trabajo de grado

El siguiente trabajo se presenta como un artículo científico, formateado de acuerdo a las instrucciones para autores de la revista **Agroecología**, las cuales se pueden consultar vía web en: <https://revista.agroecologia.net/index.php/revista-agroecologia/guia-autores> (revisado el 6 de junio de 2024).

Cultivar alimentos en la ciudad: diseño de una huerta agroecológica en la Universidad CES en Medellín, Colombia

Laura Betancourt-V¹, Estela Quintero-Vallejo¹

¹Facultad de Ciencias y Biotecnología Universidad CES

Resumen

La urbanización incrementa el número de personas que no son autosuficientes en términos de alimentos, aumentando su vulnerabilidad al depender de cultivos en otras regiones. La agricultura urbana es una alternativa para mejorar la seguridad alimentaria y proveer servicios ecosistémicos como regulación de temperatura y disminución de erosión. El objetivo de este proyecto es realizar un diseño de una huerta en la Universidad CES, aplicando los conceptos de la ecología, con fines educativos y de creación de hábitat para la fauna local. Se hizo un diagnóstico del área, donde se evaluaron componentes abióticos como el clima, el suelo y la pendiente, y bióticos como las aves, mamíferos y artrópodos. Se hizo una revisión bibliográfica sobre algunas prácticas agroecológicas y su relación con la provisión de servicios ecosistémicos. Se realizó el diseño de la huerta utilizando como guía el diagnóstico y la revisión para definir las prácticas y plantas a usar. El diseño tiene dos fases: la primera es de adecuación del suelo con abonos verdes y prevención de erosión, y la segunda es productiva e incluye plantas nativas alimenticias. Se concluye que la Universidad CES es biodiversa, lo que es una ventaja en términos de servicios ecosistémicos para la huerta, y que diseñar una huerta agroecológica con base en un diagnóstico permite diseñar sistemas más acertados según su contexto ecológico.

Palabras clave:

Agricultura urbana, agroecología, campus universitario, diagnóstico ambiental

Introducción

La creciente urbanización aumenta el número de personas que no son autosuficientes en alimentos, lo que las lleva a depender de cultivos de otras regiones y países. En el 2008, la población urbana igualó a la población rural, y desde entonces la ha excedido (Gaston, 2010). Esta dinámica aumenta la vulnerabilidad de las ciudades, pues multiplica los riesgos ante cambios como crisis económicas, pandemias, incertidumbre climática y otros desastres naturales. Además, separa a las personas de la producción de sus alimentos, dificultando su comprensión sobre los servicios ecosistémicos en los que se basa y los impactos que puede generar en la biodiversidad y las comunidades rurales humanas (Deutsch *et al.*, 2013). Por ejemplo, el Valle de Aburrá, Colombia, donde se ubican las ciudades de Medellín, Envigado, Sabaneta, entre otras, solo alcanza a producir el 11% de los alimentos que consume en sus 1,1157 km² de extensión (CORANTIOQUIA, 2017). Esta presión sobre las áreas rurales ha justificado la agricultura industrial como la única viable, sabiendo que están bien documentados sus impactos en los ecosistemas (Gaston, 2010; Altieri y Nicholls, 2000). Por ejemplo, emiten entre el 30 y 35% de gases de efecto invernadero globales (Crippa *et al.*, 2022) y corresponden al 68% de la deforestación en América Latina (Hosonuma *et al.*, 2012).

En este contexto, la agroecología surgió en los años 70 como respuesta a los problemas ecológicos, económicos y sociales que produjo la agricultura industrial (Deutsch *et al.*, 2013; Álvarez-Salas *et al.*, 2014). En parte, se ha definido como una *disciplina científica* que provee los principios ecológicos para estudiar, diseñar y manejar agroecosistemas que conserven los ecosistemas, sean socialmente justos y económicamente viables (Altieri y Nicholls, 2000; Álvarez-Salas *et al.*, 2014). Para proponer alternativas sostenibles, la ecología es uno de los mayores anclajes de la agroecología (Gliessman *et al.*, 2007). Desde esta se analiza cómo la vulnerabilidad de los monocultivos se debe a la falta de complementariedad ecológica en el sistema, al desequilibrar los mecanismos de autorregulación, como el reciclaje de nutrientes y la presencia de depredadores de las plagas, y por eso dependen de insumos químicos (Altieri y Nicholls, 2000; Altieri y Toledo, 2011; Gliessman *et al.*, 2007). En consecuencia, la eliminación de agroquímicos requiere cambios mayores, que, en esencia, significa diversificar el sistema para restablecer las interacciones entre microorganismos, plantas y animales, para apoyarse en el control biológico de las plagas (Altieri y Nicholls, 2000; Altieri y Toledo, 2011) y priorizar el cuidado del suelo (Gliessman, 2007; Acevedo-Osorio *et al.*, 2017). Esta diversificación aporta en la resiliencia ante variaciones climáticas, ya que, al emplear diferentes variedades, se aumenta la posibilidad de que algunas resistan (Altieri y Toledo, 2011) y, por ejemplo, al incluir especies arbóreas se reduce la temperatura, la velocidad del viento y se protegen los cultivos de la exposición directa al sol, el granizo y la lluvia (Acevedo-Osorio *et al.*, 2017; Altieri y Nicholls, 2009). A estos sistemas que incorporan árboles, arbustos y

hierbas simultáneamente se les llama agroforestas o bosques comestibles (Taylor y Lovell, 2021).

La agricultura urbana basada en agroecología aporta una serie de servicios ecosistémicos, como conectividad ecológica (Altieri y Nicholls, 2018), captación e infiltración de agua, (Scalenghe y Aimone, 2009) y disminución del efecto isla de calor (Páez, 2020). Se estima que la agricultura urbana produce entre un quinto y un tercio de la producción de alimentos globales, con algunas ciudades como Dar es Salaam y Shangai que producen el 90% y el 76% de los vegetales que consumen, respectivamente (Deutsch *et al.*, 2013; Altieri y Nicholls, 2018). De igual modo, las huertas urbanas reconectan a los consumidores con la producción de sus alimentos, y sensibilizan sobre los impactos de la agricultura industrial y sus alternativas (Deutsch *et al.*, 2013; Páez, 2020). Además, contribuyen a su bienestar mental, emocional y físico, disminuyendo el estrés y promoviendo el fortalecimiento de lazos sociales y el sentido de pertenencia (Metin y Turker, 2023). Por lo tanto, la creación de huertas urbanas puede contribuir a la producción local de alimentos, disminuyen la vulnerabilidad de las comunidades urbanas, el impacto de la agricultura industrial rural, y reconectan a los ciudadanos a la producción de sus alimentos.

Así, se entiende la importancia de las huertas en instituciones educativas, que al ser núcleos urbanos de intercambio de conocimiento permiten vincularlas con la educación ambiental (Altieri y Nicholls, 200; Páez, 2020). Una huerta urbana productiva también requiere abundantes fuentes de biomasa como podas de jardín, hojarasca y desechos orgánicos, y dada su amplia posibilidad de mano de

obra, estas instituciones resultan idóneas como espacio de siembra (Altieri y Nicholls, 2018). La Red de Huerteros de Medellín evaluó 86 huertas urbanas y encontraron que el 31% se deben a iniciativas institucionales (Restrepo *et al.*, s.f). La Universidad CES podría convertirse en un referente académico sobre sistemas agrícolas sostenibles basados en los conceptos de la ecología, sumándose a las diferentes universidades del país que están implementando huertas en sus campus (*e.g.* Universidad de Medellín, 2019). Además, al integrar diferentes facultades como la Facultad de Ciencias y Biotecnología, Medicina Veterinaria y Zootecnia, así como la de Psicología y Ciencias de la Nutrición y los Alimentos, la universidad se configura un espacio transdisciplinar. Desde el cual puede generarse conocimiento que oriente la toma de decisiones a nivel local y nacional para mitigar el deterioro ecológico, y a nivel local en el Valle de Aburrá para promover la expansión de la agricultura urbana. Por tanto, el objetivo de este proyecto es proponer una huerta en la Universidad CES, aplicando los conceptos de la ecología, con fines educativos, investigación y creación de hábitat para la fauna local. Para ello, se realizó un diagnóstico biótico y abiótico que permitió que el diseño de la huerta fuera adecuado con el contexto ecológico del lugar, se continuó con una revisión bibliográfica sobre algunas prácticas agroecológicas y su relación con procesos ecosistémicos y, por último, con base en estos dos puntos, se hizo el diseño del proyecto, incluyendo la identidad de las plantas y su disposición en el espacio.

Materiales y métodos

El sitio de la huerta se ubicará en un espacio de aproximadamente 400 m² en el costado nororiental del Bloque Administrativo (Bloque A) en la sede Poblado de la Universidad CES de Medellín (6°12'35"N 75°33'08"W) (Fig. 1). Se eligió este espacio para darle vida a una zona subutilizada en la Universidad, y por su cercanía a un parche de bosque en regeneración natural, que puede presentar servicios ecosistémicos de soporte a la huerta. Se realizó un diagnóstico del área, de sus componentes bióticos y abióticos, para conocer las características del área y guiar la investigación y diseño de la propuesta.

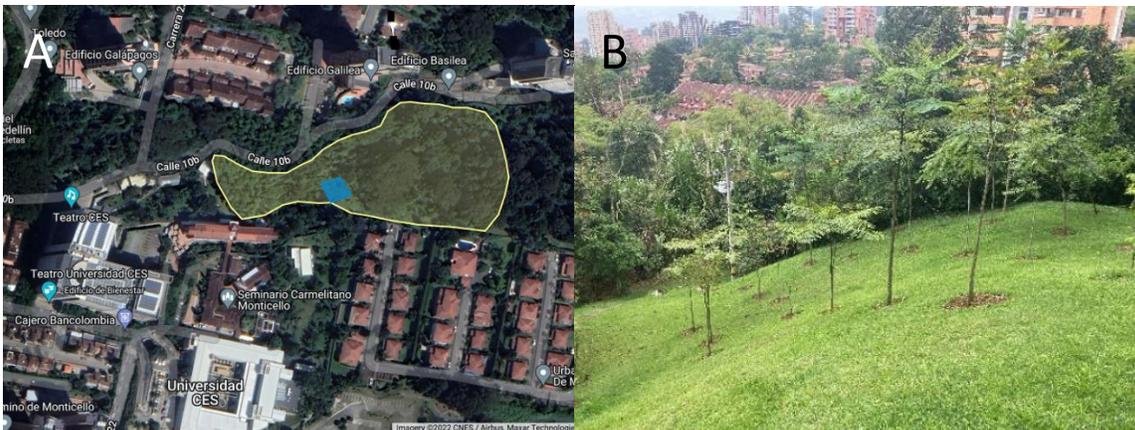


Figura 1. A. Mapa tomado de Google Earth, el polígono azul indica el área donde se propone instalar la huerta y el amarillo corresponde al área circundante con cobertura vegetal dentro del predio de la Universidad CES. B. Fotografía de acercamiento del polígono azul.

El diagnóstico abiótico se hizo donde se ubicará la huerta (polígono azul, Fig. 1), y consistió en recopilar información del suelo y microclima del área. La información sobre suelos se obtuvo de una muestra compuesta, consistió en tomar 5 muestras a 20 cm de profundidad, se mezclaron y se recolectó 1 kg para su análisis fisicoquímico, que incluyó variables como textura, pH, porosidad, materia orgánica,

capacidad de intercambio catiónico efectiva y elementos como P, Ca, Mg, K y Al. Este análisis se hizo a través del Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Por otro lado, se hizo una caracterización topográfica en la que se usó un clinómetro para medir el porcentaje de inclinación en cuatro puntos donde se proyectan las terrazas de cultivo, y después se promediaron. Adicionalmente, se instaló un sensor digital o datalogger (HOBO) por un año en el que tomó datos cada hora de temperatura y humedad relativa, y un pluviómetro casero que se revisó diariamente a las 9 am para medir la precipitación. Los datos de clima, topografía y suelos fueron útiles en el diseño de la huerta, para conocer las épocas climáticas, definir el número y ancho de las terrazas y la selección de plantas y la adecuación del suelo.

El diagnóstico biótico se hizo en el área circundante y donde se ubicará la huerta (polígono amarillo, Fig. 1). Es de resaltar que se realizó el levantamiento de información de forma no invasiva sin colectas, y en cambio se muestrearon con registros fotográficos. La caracterización incluyó los siguientes componentes:

Avifauna: se compilaron diferentes listados, la Guía de Aves de la Universidad CES (Londoño *et al.*, 2021), el trabajo de grado de Adriana Pérez (2022)

“Interacciones ave-planta en el Arboretum de la Universidad CES, sede El Poblado”, y un listado hecho por el Semillero de Ornitología de la Universidad. Se identificaron los gremios tróficos de acuerdo con la información consultada en Avibase, y se revisó literatura sobre control biológico por parte de aves insectívoras para promoverlas en el diseño de la huerta.

Mastofauna: entre enero y noviembre del 2023 se instalaron tres cámaras trampa Bushnell en 3 estaciones de muestreo con diferente tipo de cobertura: una en el polígono azul (Fig. 1) que tiene pasto y algunos árboles dispersos, y dos en zonas de regeneración natural, una con presencia de cipreses y otra con vegetación espontánea, maximizando la distancia entre cámaras. Se logró un esfuerzo de muestreo de 630 trampas-noche, suficiente para registrar las especies más comunes según el Manual de Fototrampeo por Díaz-Pulido y Payán (2012). Luego se identificó el gremio trófico de las especies registradas, lo cual sugiere las posibles interacciones que tendrán en el sistema.

Artropofauna: se establecieron 4 zonas de muestreo según los diferentes tipos de cobertura vegetal (guadual, pastizal, pinera y ripario, esta clasificación se realizó con base en el tipo de vegetación dominante en cada uno, el ripario es una zona de regeneración natural adyacente a una quebrada). Se establecieron tres horarios de muestreo, en la mañana (entre 7-9am), medio día (11-1pm) y en la tarde (4-6pm), en los que se tomaron fotografías de la artropofauna 25 minutos por cobertura, y cada horario se repitió en 6 días diferentes, entre marzo y julio del 2023 con un muestreo total de 18 días en el período indicado anteriormente. Las imágenes se usaron para llegar a la máxima resolución taxonómica posible y se agruparon en gremios tróficos (Andrew y Hughes, 2005). Con esta información se identificaron los taxones más abundantes y representativos en términos de potencial afectación por herbivoría (fitófagos) o control biológico (depredadores). Luego, se realizó una revisión bibliográfica para entender a profundidad en qué consisten algunas prácticas agroecológicas (cultivos de cobertura, acolchado, estratificación, conservar cobertura ruderal y uso de plantas nativas), y su relación

con la recuperación de procesos ecosistémicos (como reciclaje de nutrientes, disminución de erosión, promoción de control biológico). Se realizó una búsqueda en Google Scholar sobre cada una de las prácticas individualmente, usando las siguientes palabras clave: “cover crop”, “mulch”, “structural complexity”, “ruderal” y “native plants”, seguido de “urban agriculture”, para acotar la búsqueda en agroecosistemas urbanos.

Finalmente, se seleccionaron las especies que serán incluidas en la huerta. Se creó una base de datos de cultivos de cobertura, se buscó en Google Scholar, y se seleccionaron las plantas que más se repetían en la literatura y cuya función como abono verde estuviera sustentada. También se seleccionaron especies de plantas con crecimiento rizomatoso para proteger las terrazas. Luego se hizo la base de datos de plantas nativas comestibles, con atributos como: hábito de crecimiento, tiempo de cosecha y distancia agronómica. Estos guiaron el diseño del arreglo agroforestal, para maximizar la diversidad y abundancia vegetal, en tiempo y espacio. Finalmente, se diseñó el arreglo espacial de la huerta: el número y tamaño de las terrazas, y la disposición de las plantas seleccionadas.

Resultados y discusión

Diagnóstico abiótico

1. Pluviosidad

En el sitio donde se realizará la huerta, se registró una pluviosidad de 1.590 mm en un año del 25 de enero de 2023 al 25 de enero del 2024 (Fig. 2). En términos

de pluviosidad acumulada por mes, los meses más lluviosos fueron marzo y octubre con 248 mm y 289 mm respectivamente. En contraste, los meses más secos fueron febrero 2023 y enero 2024, con 53 mm y 5 mm respectivamente. El dato máximo se registró el 18 de noviembre, en el que llovió 56 mm sólo en un día. Esta información puede usarse para definir las épocas de trabajos en la huerta, como la preparación de las terrazas, que puede ser más fácil en temporada seca, y la siembra, que se ve beneficiada en la época de lluvias.

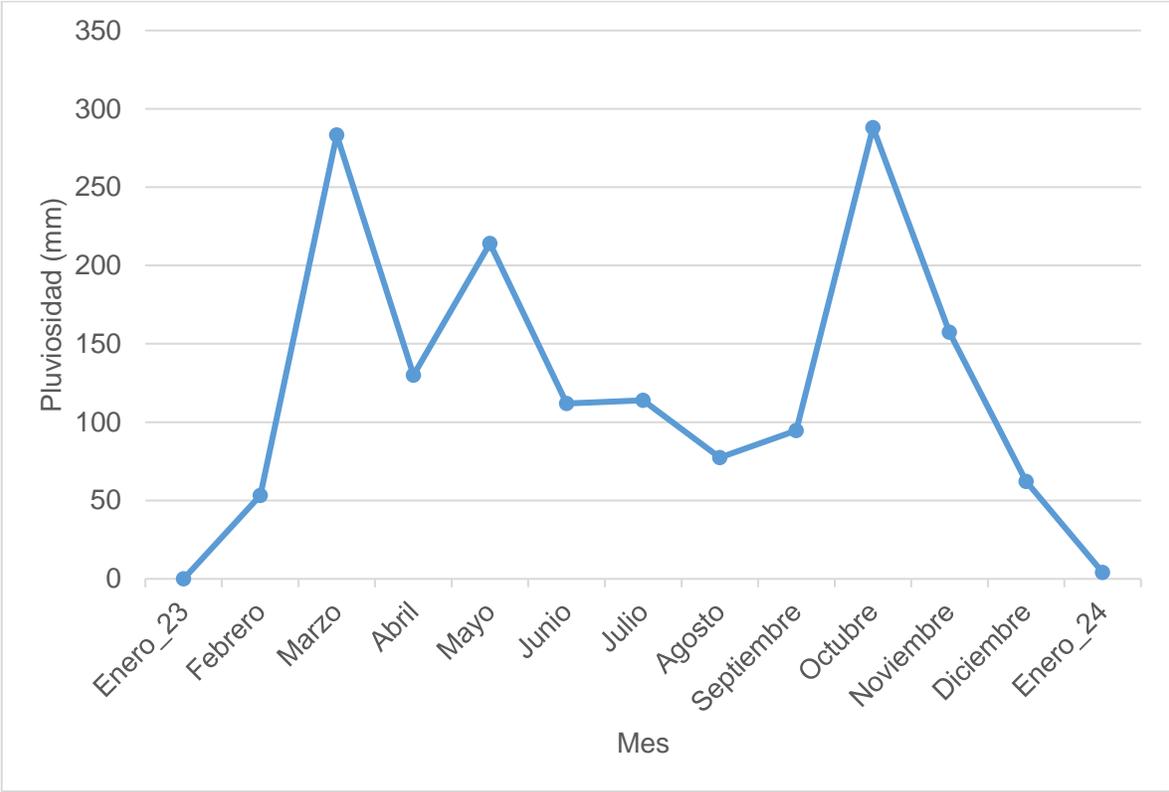


Figura 2. Pluviosidad acumulada total por mes en mm, del año 2023 registrada en el campus de la Universidad CES sede El Poblado.

2. Temperatura y humedad relativa

En promedio, el sitio propuesto para la huerta tiene una temperatura de 21 °C, con un máximo de 34 °C y mínimo de 12,4 °C. Los meses más calientes fueron enero con un promedio de 22,1 °C y diciembre con 20,3 °C, y los meses más fríos fueron marzo con un promedio de 18,8 °C y febrero de 19,3 °C (Fig. 3).

La temperatura es uno de los aspectos en los que se diferencia la agricultura urbana de la rural, pues las ciudades son más calientes que sus alrededores, por su alta proporción de cobertura impermeable y baja proporción de vegetación. Este fenómeno se conoce como efecto isla de calor y presenta retos adicionales al cultivo de alimentos, como mayor evapotranspiración y pérdida de humedad en el suelo, por lo que las plantas pueden presentar más estrés (Royer *et al.*, 2023; Taylor y Lovell, 2021). En este sentido, es indispensable el monitoreo de la pluviosidad y en caso de ser necesario, el riego. El Valle de Aburrá, donde está Medellín, no es excepción y se puede ser casi 5 °C más caliente que sus alrededores (Soto-Estrada, 2019).

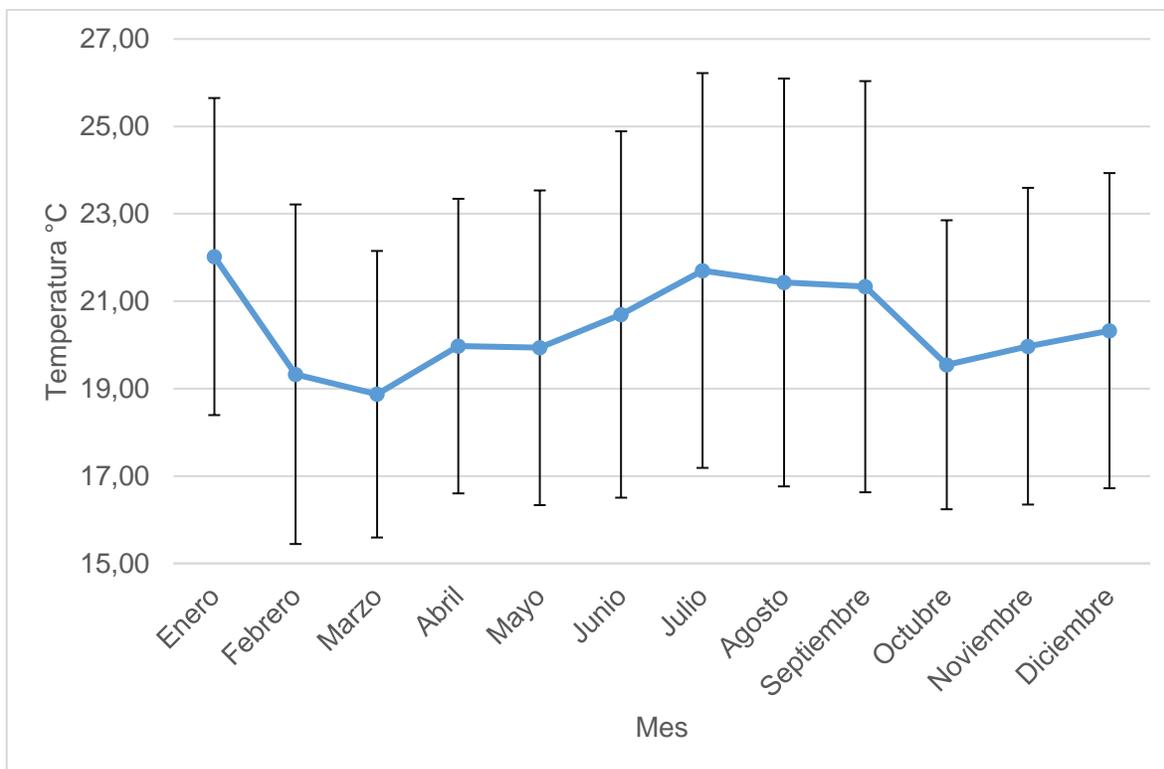


Figura 3. Temperatura en °C promedio por mes del 2023 en el campus de la Universidad CES. Las barras indican la desviación estándar.

El sitio tiene una humedad relativa en promedio de 78,4%, con un máximo de 97,9%, registrado el 31 de octubre a las 7:00 am, y un mínimo de 29,9%, registrado el 8 de agosto de 2023 a las 4:00 pm. Los meses más húmedos fueron octubre con un promedio de 85,1% y mayo con 84,5%. Los meses menos húmedos correspondieron a enero con un promedio de 67,6% y julio con 72,2% (Fig. 4). Las horas en las cuales se registró menor humedad relativa fueron entre las 12:00 y 4:00 pm, y los meses con menor humedad relativa durante esas mismas horas fueron julio, agosto y septiembre. Como la baja humedad del ambiente se traduce en un mayor déficit de presión de vapor, estos meses pueden ser los más críticos para las plantas en cuanto al estrés hídrico.

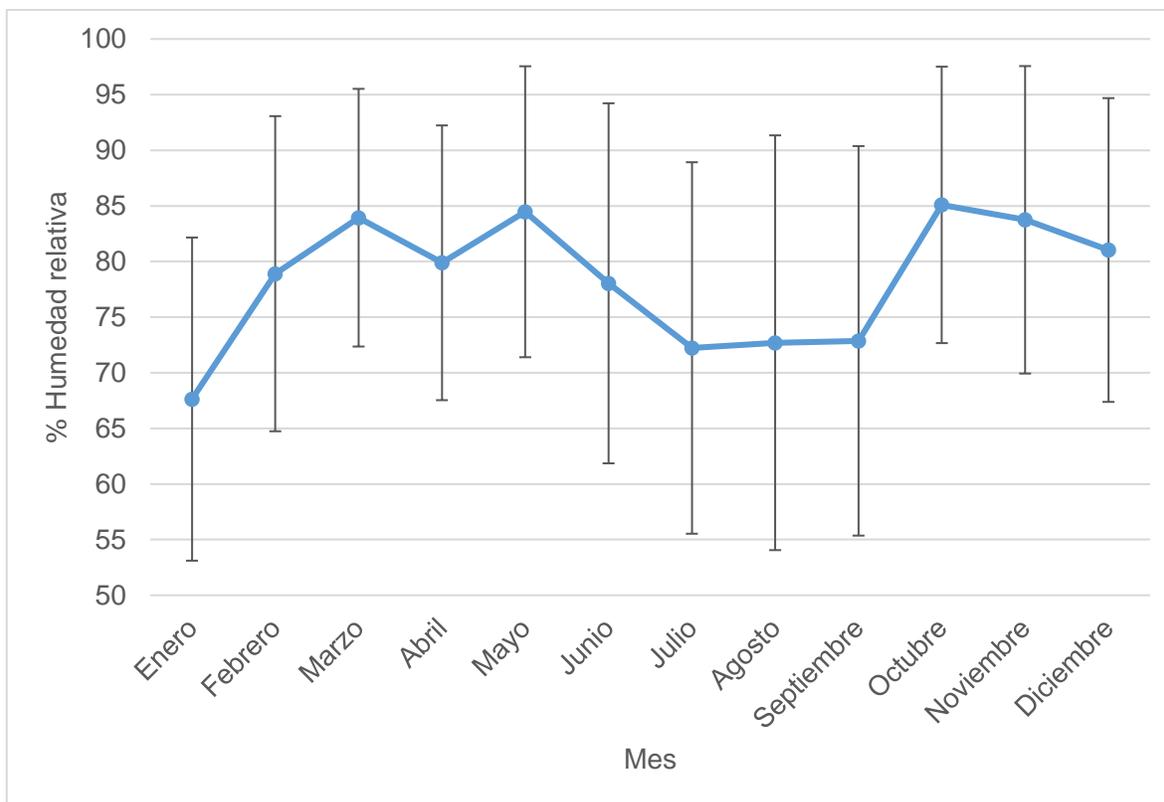


Figura 4. Humedad relativa promedio por mes del 2023 en el predio donde se ubicará la huerta en el campus de la Universidad CES. Las barras indican la desviación estándar.

3. Análisis fisicoquímico de suelo y topografía

El suelo tiene un pH de 5,8, es decir, moderadamente ácido. Tiene una clase textural franco arcilloso con 45% arena, 28% limo y 27% arcilla. Se registró un porcentaje alto de materia orgánica de 5,83 y carbono orgánico de 3,38. No se registró acidez intercambiable (Aluminio) y se registró una capacidad de intercambio catiónico efectiva moderada de 11,80 cmol (+) /kg. El suelo tiene bajos niveles de macronutrientes (nivel bajo para calcio y fósforo, y muy bajo para magnesio y potasio), pero tiene alta cantidad de micronutrientes, de zinc, manganeso, boro, hierro y cobre (niveles altos en todos) (Tabla 1). Los valores de

referencia para interpretar los resultados del análisis se tomaron de Abi-Saab (2012), Calderón-Medina *et al.* (2018) y Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación (s.f.).

Tabla 1. Valores de variables químicas del suelo del sitio donde se ubicará la huerta en el campus de la Universidad CES.

Cmol (+) /kg			Mg/kg									
Ca	Mg	K	P	S	N-NO3 -	N-NH4 +	Fe	Mn	Cu	Zn	B	
7,63	3,99	0,18	3,98	1,31	2,1	23,61	73,77	21,98	1,47	2,25	0,34	

Diagnóstico biótico

1. Avifauna

En la Universidad CES hay un total de 129 especies de aves distribuidas en 30 familias, siendo Thraupidae (23 especies), Tyrannidae (21 especies) y Parulidae (12 especies) las más representativas. La mayoría son insectívoras (52%) (Fig. 5), y dentro de estas, el 24,3% pertenecen a la familia Tyrannidae y el 16,2% a Parulidae.

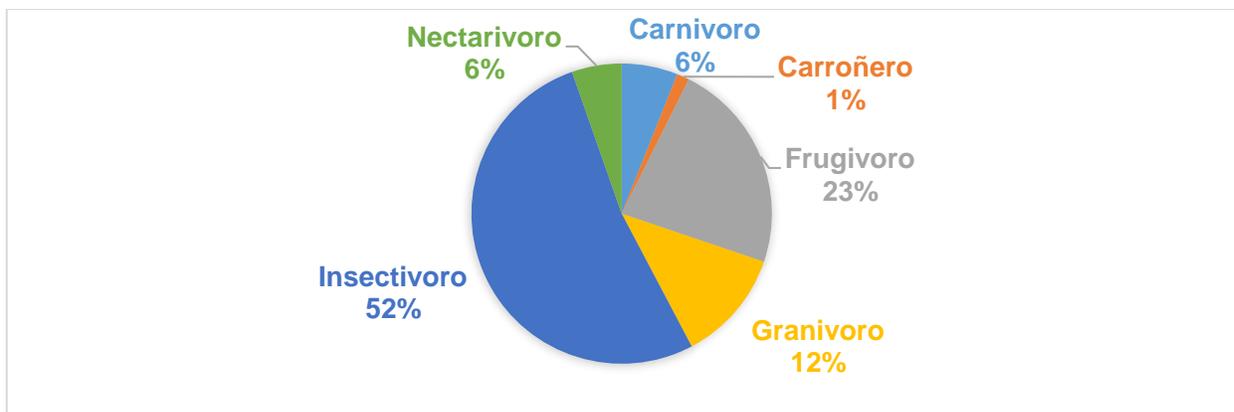


Figura 5. Distribución en gremios tróficos de las especies de aves registradas en el campus de la Universidad CES presentados en porcentaje.

Tener una riqueza de 128 especies de aves ubica a la Universidad en un lugar privilegiado con una alta diversidad de estos organismos. Se ha estimado que en el Valle de Aburrá hay una riqueza de aproximadamente 438 (Cuervo y Delgado-V, 2001) o 482 especies (iNaturalist, mayo 2024), esto estaría indicando que la Universidad alberga entre el 29 y el 27% de las especies presentes en toda el área metropolitana, en tan solo 6.2 hectáreas. Esta recopilación de listados se une a los esfuerzos hechos en otras universidades. En América Latina, se han registrado 26 especies en 70 hectáreas en la Universidad Central del Ecuador en Quito (Arteaga-Chávez, 2017), 58 en 25 hectáreas en una facultad de la UNAM en Ciudad de México (Ramírez-Albores, 2008), y Brasil reporta la mayor riqueza con la Universidad de Sao Paulo que alcanza las 192 especies de aves en un campus de 3,000 hectáreas (Vogel *et al.*, 2016). A nivel nacional, la Universidad del Valle en Cali ha reportado 93 especies en 100 hectáreas (Muñoz *et al.*, 2007) y la Universidad del Quindío 128 especies en 15 hectáreas (Marín-Gómez, 2005). Incluso la Universidad EAFIT, localizada en el mismo sector que la Universidad CES, reporta 74 especies de aves en 16 hectáreas (Universidad EAFIT, s.f.), lo que puede deberse a su ubicación en una zona más urbana y distante a remanentes de vegetación secundaria en comparación con la Universidad CES.

La alta diversidad de avifauna que puede traducirse en ensamblajes que prestan más servicios ecosistémicos, como control biológico. En este estudio se encontró que el 52% de las especies de aves son insectívoras, lo cual concuerda con lo encontrado en otras investigaciones en campus universitarios, donde el 30, 43 o

49% de las especies registradas son insectívoras (Arteaga-Chávez, 2017; Vogel *et al.*, 2016; Muñoz *et al.*, 2007). Pero para maximizar estas relaciones, se ha reportado que la presencia de cobertura ruderal y hojarasca en el suelo, y el aumento de la complejidad estructural tienen un efecto positivo en la riqueza y abundancia de aves (Montejo y Parrado, 2022). Por otro lado, se ha reportado que la presencia de plantas nativas favorece la diversidad de aves insectívoras en la ciudad (Montejo y Parrado, 2022; Arteaga-Chávez, 2017; Narango *et al.*, 2017).

2. Mastofauna

A través de los videos y fotos de las cámaras trampa, se registraron 5 especies de mamíferos. Dos son especies domésticas, perros y gatos (*Canis lupus* y *Felis catus*). Se observaron 195 registros en los 7 meses de muestreo. La especie que tuvo más registros fue la zarigüeya (*Didelphis marsupialis*) con 156 registros (80%), seguido de la ardilla *Syntheosciurus granatensis* con 19 (9.7%) (Fig. 6). Se agruparon según sus gremios tróficos, donde se encontró que la zarigüeya, el zorro (*Cerdocyon thous*) y el perro son omnívoros, la ardilla es frugívora y el gato es carnívoro (Fig. 7).

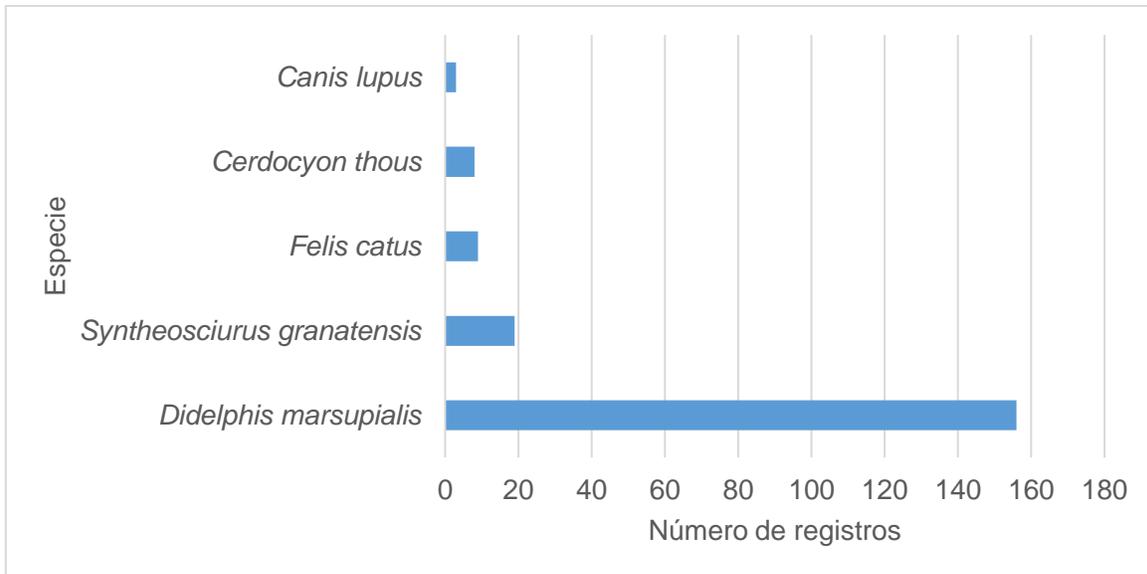


Figura 6. Número de registros de las cámaras de las especies de mamíferos que visitan la Universidad CES.

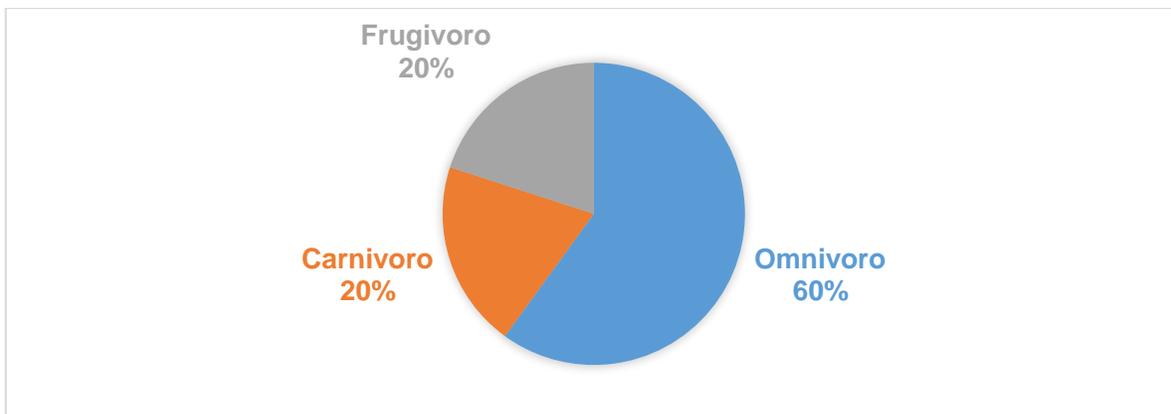


Figura 7. Distribución gremios tróficos de los mamíferos registrados en cámaras trampa en el campus de la Universidad CES, expresados en porcentaje.

La zarigüeya es el mamífero no volador más común que habita esta, resultados que tienen sentido teniendo en cuenta que su presencia está asociada a la cercanía a parches de bosque y cuerpos de agua en la ciudad (Lombardi, 2014), y que la cobertura arbórea facilita la conectividad de poblaciones de mamíferos (Grade *et al.*, 2022). Un registros interesantes de esta especie fue la evidencia del transporte de hojarasca con su cola, potencialmente como material de anidación.

Es interesante puesto que este comportamiento ya se ha registrado en las laderas del Valle de Aburrá en 2014 por Delgado-V y colaboradores, y resalta la importancia de considerar los campus universitarios y las ciudades como lugares idóneos para la investigación en biología y ecología.

En relación con sus posibles interacciones en la huerta, Benavides y colaboradores (2020), registraron mayor abundancia de zarigüeyas en agroforestas al compararlas con bosques secundarios, posiblemente por la oferta variada y permanente de frutos. También tiene potencial en términos de control biológico, pues han registrado dietas altas en chinches (Pentatomidae), cucarrones (Coleoptera) y grillos (Orthoptera) (Cáceres, 2004). Como esta especie puede ser controladora y plaga a la vez, las relaciones específicas que tendrá con las plantas y demás animales en el sistema, son inciertas. Por la cantidad de registros en la zona, se propone monitorear los individuos, idealmente con el continuo uso de cámaras trampa directamente en la huerta.

3. Artropofauna

Registramos un total de 1,065 registros fotográficos de artrópodos. A partir de las fotografías se logró identificar hasta el nivel taxonómico de clase del 95% de los registros, hasta el orden del 93%, familia del 58%, género del 20,1%, y del 0,7% se logró identificar hasta especie, estos últimos fueron 7 individuos de la mosca *Chrysomya albiceps*. Se pudo identificar el gremio trófico de 829 de ellos, entre los cuales más de la mitad son fitófagos (65%), seguidos de depredadores (23%) y

por último omnívoros (11%) y detritívoros (1%) (Fig. 8). Los órdenes más abundantes fueron Coleoptera, Hemiptera y Araneae, con 218, 184 y 156 registros respectivamente (Fig. 9), y juntos corresponden al 67,3% del total. Por otro lado, otros ordenes como Isopoda, Neuroptera, y Thysanoptera tuvieron pocos registros.

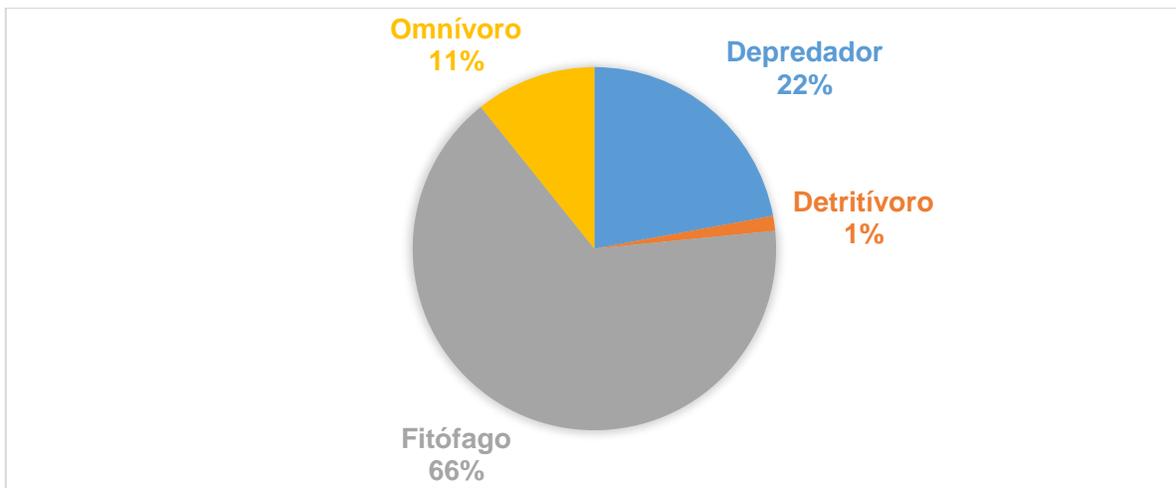


Figura 8. Distribución gremios tróficos de los artrópodos encontrados en los muestreos fotográficos en el campus de la Universidad CES, expresado en porcentaje

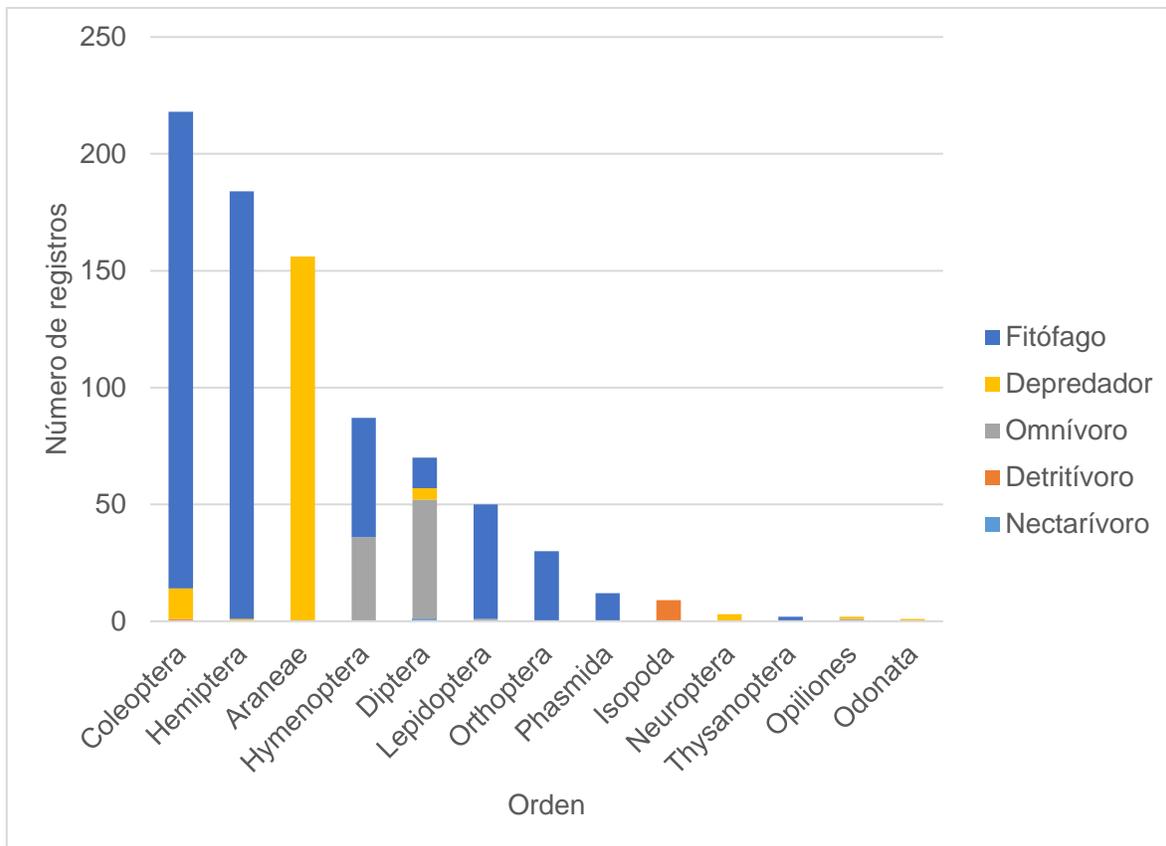


Figura 9. Número de registros clasificados por orden de artrópodos, y la distribución de estos en gremios tróficos a partir de fotografías tomadas en el campus de la Universidad CES.

El 85,2% de los depredadores pertenecen al orden Araneae y un 7,1% corresponde al orden Coleoptera y la familia Coccinellidae (Fig. 9). Por tanto, son los taxones más importantes en términos de control biológico. Se ha reportado que aumentar la diversidad de plantas, incrementa la riqueza y abundancia de arañas, ya que significa mayor disponibilidad de nichos para herbívoros, y las arañas necesitan poblaciones constantes de presas para persistir en el sistema (Burkman y Gardiner, 2014). Otros autores han encontrado que la presencia de plantas con flores y un mayor número de estratos vegetales provee espacio y refugios alternativos para las arañas que construyen telarañas (Hernandez-Guanche *et al.*, 2023; Lucatero *et al.*, 2024; Gardiner *et al.*, 2020; Blubaugh *et al.*, 2024; Philpott *et*

al., 2023). Por otro lado, se ha encontrado que el arado de suelo reduce su abundancia, y en contraste, el acolchado incrementa la actividad de las arañas de suelo como controladoras biológicas (Eger y Philpott, 2022, Gardiner *et al.*, 2020).

Con respecto a las mariquitas (Coccinellidae), Eger y colaboradores (2016) encontraron que pueden atraerse incrementando los árboles y arbustos, y con la presencia permanente de plantas con flor. En el contexto de esta huerta, es importante considerar estrategias que aumenten su población, teniendo en cuenta que representaron sólo el 7% de los registros de depredadores, y por los servicios que prestan en términos de control biológico, sobre todo de áfidos (Aphididae) (Egerer y Philpott, 2022; Egerer *et al.*, 2016).

Por otro lado, la mayoría de los fitófagos pertenecen a los órdenes Coleoptera (38%) y Hemiptera (34%) (Fig. 10), y dentro de estos, las familias Chrysomelidae y Membracidae representan el 33,8% y 28,3% del total de fitófagos. Estas serían entonces las dos familias que más riesgo representan en términos de herbivoría en la huerta.

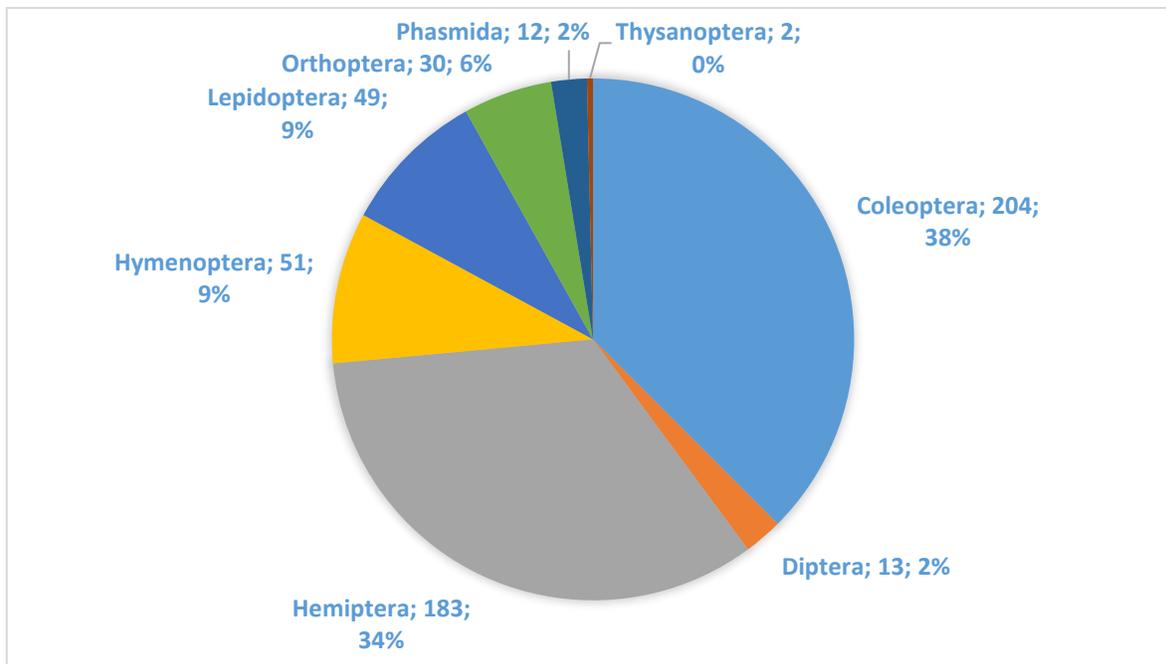
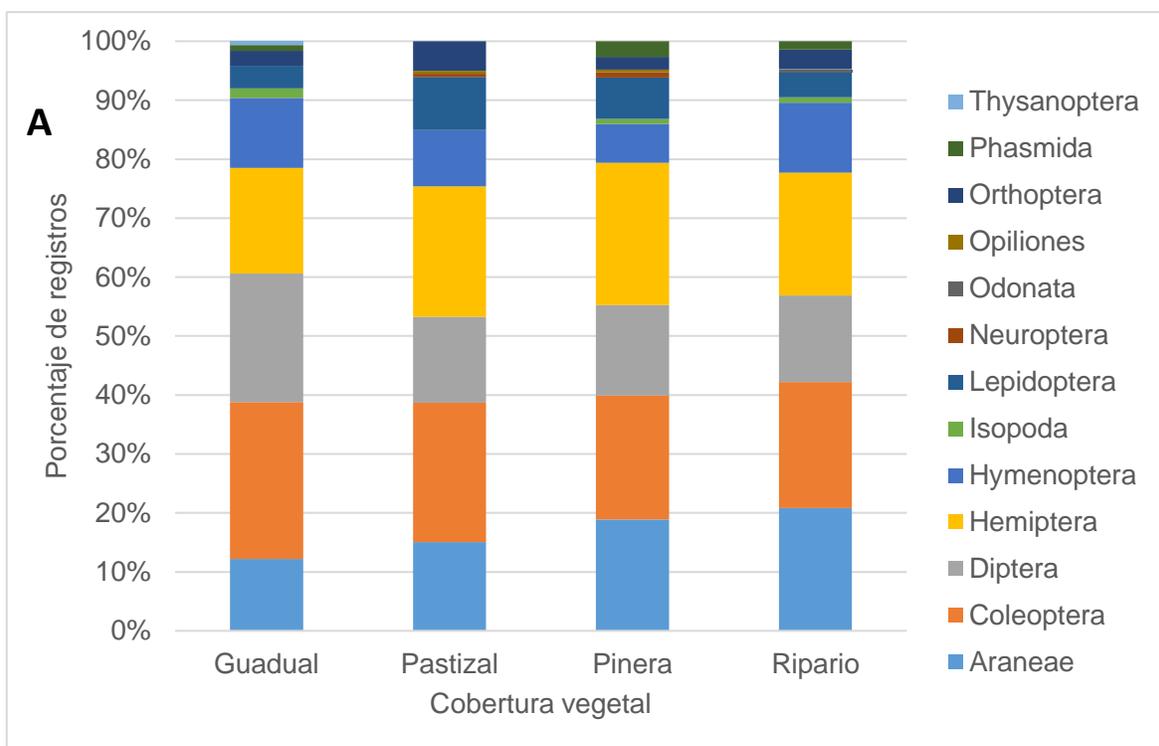


Figura 10. Distribución de los órdenes de fitófagos registrados en los muestreos fotográficos tomados en el campus de la Universidad CES. Se reportan el número de registros y el porcentaje al que corresponden

Al determinar si las coberturas vegetales tendrían algún efecto en la distribución de la artropofauna, no se observan grandes diferencias en términos de su diversidad taxonómica de órdenes, ni en gremios tróficos (Fig. 11). La cobertura que más registros tuvo fue gradual (248 registros), seguido de pinera (205 registros) y ripario (176 registros) y por último pastizal (165 registros).

La cobertura de pastizal es el hábitat con menor complejidad estructural, lo que puede explicar la ausencia de algunos ordenes que sí se registraron en las otras coberturas tales como Isopoda (se registraron 5 en gradual, y 2 en pinera y ripario), Odonata (sólo un individuo en ripario), Phasmida (6 en pinera y 3 en gradual y ripario) ni Thysanoptera (2 en gradual) (Fig. 11A). Sin embargo, fue la cobertura con mayor porcentaje de los órdenes Orthoptera (5% en comparación con 2,5% de gradual, 2,2% de pinera y 3,3% de ripario) y Lepidoptera (9% en

comparación con 3,8% de gradual, 7% de pinera y 4,3% de ripario) (Fig. 11A). Además, registró mayor porcentaje de fitófagos (72,7% en comparación con 70,5% de gradual, 61,4% de pinera y 59% de ripario) (Fig. 11B). Esta composición y estructura de órdenes y gremios diferente en el pastizal, donde se implementará la huerta, puede permitirnos anticipar algunas posibles amenazas a las primeras plantas sembradas, por la presencia de herbívoros como ortópteros y larvas de lepidópteros.



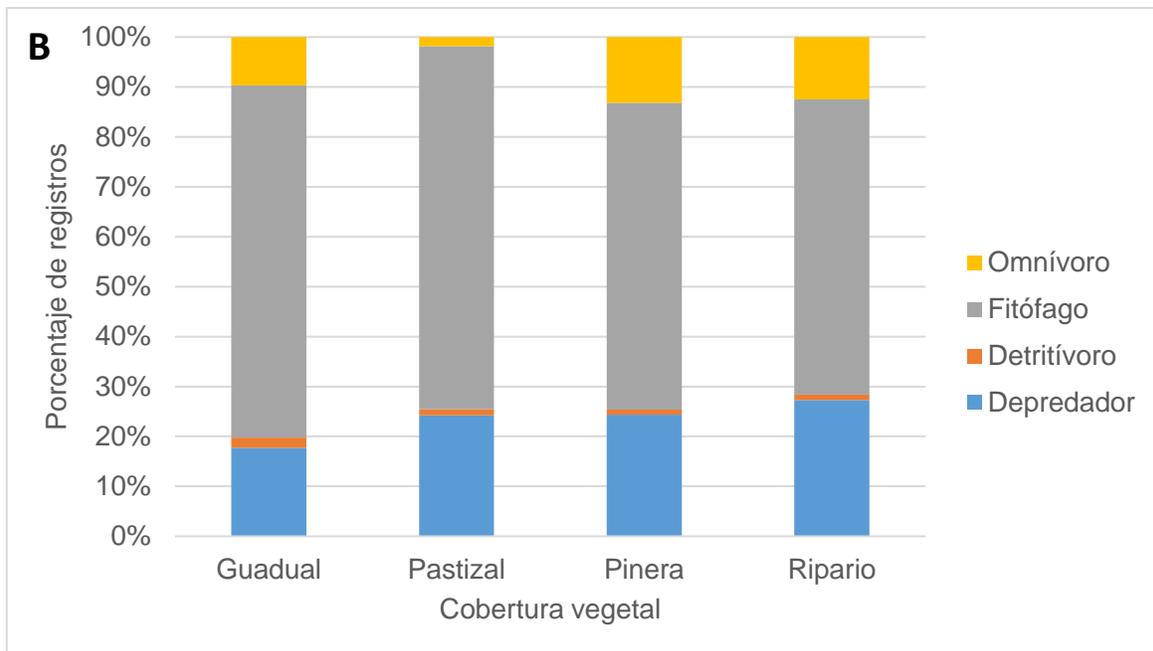


Figura 11. Porcentaje de artrópodos en los diferentes tipos de cobertura vegetal registrados en el campus de la Universidad CES. En **A** puede verse la distribución por órdenes de artrópodos dentro de cada cobertura, y en **B** puede verse la distribución en gremios tróficos.

Se considera que la información capturada a través de registro fotográfico, si bien no alcanza una alta resolución taxonómica por la ausencia de caracteres diagnósticos, se considera suficiente para ganar información funcional y ecológica de los grupos observados. Por ejemplo, el registro de interacciones ecológicas (Fig. 12), como depredación por parte de arañas, cuidado de huevos, y relaciones entre membrácidos y hormigas, demostrando la relevancia de estudiar los campus universitarios.

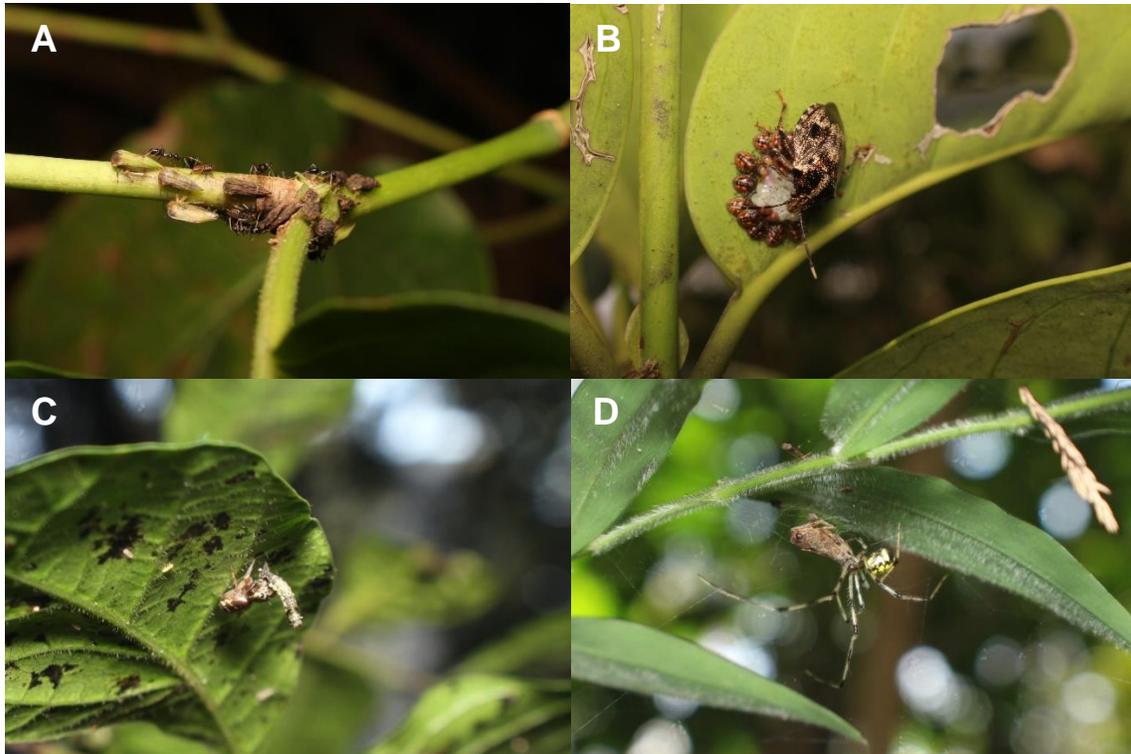


Figura 12. Fotografías de algunas interacciones entre artrópodos registradas en el campus de la Universidad CES. **A.** Membrácidos y hormigas. **B.** Cuidado parental de chinche. **C.** Depredación de una larva de lepidóptera por una araña. **D.** Depredación de un ortóptero por una araña.

Revisión de bibliografía

A partir de los resultados de la búsqueda en Google Scholar, se seleccionaron artículos que relacionaran una o varias de las prácticas agroecológicas con la provisión de algún servicio ecosistémico. Se revisaron 46 artículos publicados entre 1997 y 2024. De los cuales, 33 son artículos de investigación experimentales, 12 son revisiones bibliográficas y 1 es un libro. De estos, 19 trataban sobre sistemas agrícolas en general, 17 especificaban agricultura urbana y 10 hablaban de vegetación urbana en general. La revisión permitió entender las

prácticas agroecológicas más comunes, saber cuáles servicios ecosistémicos promueven en los cultivos y de qué forma lo hacen (Fig. 13). Según los artículos revisados, encontramos que se investigan más los efectos de las prácticas en la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos asociados (como control biológico) que en la calidad y propiedades fisicoquímicas del suelo (como nutrientes y erosión). De todos los artículos, sólo 7 mencionan el reciclaje de nutrientes y 8 el control de erosión, en comparación con 40 que mencionan la promoción general de la biodiversidad y 46 el control biológico. En los siguientes párrafos se describen las prácticas y los servicios que promueven (resaltados en cursiva y negrita).

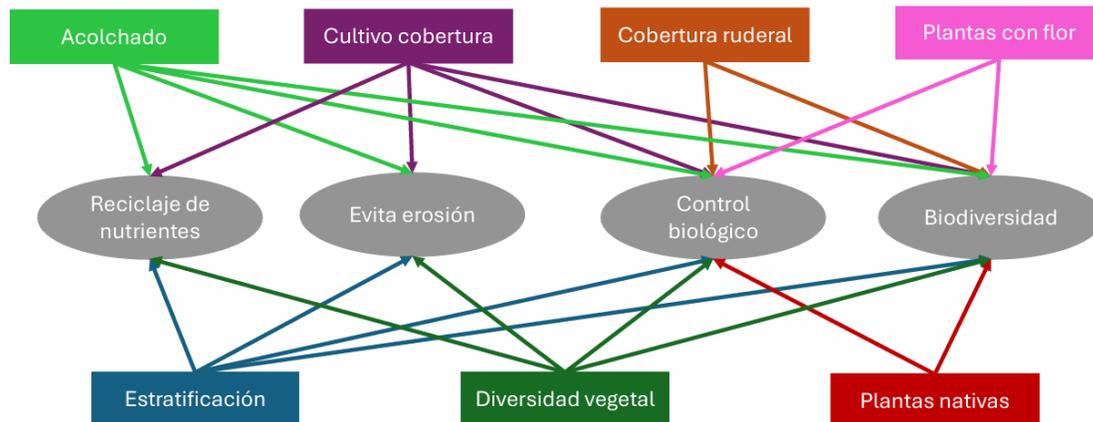


Figura 13. Esquema que relaciona las prácticas agroecológicas (recuadros de colores) y su influencia positiva en la recuperación de servicios ecosistémicos (círculos grises).

La agroecología está fundamentalmente basada en los policultivos, y numerosos autores coinciden en los beneficios de esta práctica en muchos ámbitos de un agroecosistema (ver Fig. 13 “Diversidad vegetal”). Incluso se ha descrito como un importante lineamiento de diseño para promover la fauna nativa (Berthon *et al.*,

2021), mayor diversidad de artrópodos, aumento de depredadores (Burkman y Gardiner, 2014; Gardiner *et al.*, 2020; Lucatero *et al.*, 2024) y la reducción de herbívoros al disminuyen la concentración de recursos (Lin *et al.*, 2015; Pérez *et al.*, 2023) y el; Bashyal *et al.*, 2022). Por ejemplo, los crisomélidos que buscan alimento en policultivos se detienen menos tiempo en cada planta, ocasionando menor daño (Parker *et al.*, 2016).

Dentro de las prácticas agroecológicas está la estratificación. En términos ecológicos, se refiere a la complejidad estructural y en términos agrícolas se refiere a diversificar el sistema. Esta práctica procura asemejar lo que ocurre en un bosque, donde al hacer un corte vertical pueden apreciarse diferentes niveles o estratos de vegetación según el lugar que ocupan: árboles en el estrato más alto, arbustos en el medio, y plantas herbáceas en el más bajo. Su aplicación ha permitido sembrar más plantas en menos espacio, unas crecen debajo de otras según la disponibilidad de luz y su adaptación a esta. Normalmente los estratos se asocian a formas de crecimiento, pero también pueden delimitarse por altura, p.e. el estrato de 0 a 2 m es el estrato herbáceo, de 2 a 4 de arbustos, y sucesivamente (Jacke y Toensmeier, 2005). Uno de los inconvenientes de la presencia de un estrato muy alto puede ser la generación de sombra que puede disminuir la productividad de los estratos inferiores y por lo tanto requiere un mantenimiento a largo plazo como podas regulares (Taylor y Lovell, 2021).

Todos los artículos revisados que estudian la estratificación indican que incluir árboles promueve la **biodiversidad** (Berthon *et al.*, 2021; Taylor y Lovell, 2021), en especial de insectos (Egerer *et al.*, 2016; Philpott *et al.*, 2023), mamíferos

(Benavides *et al.*, 2020; Grade *et al.*, 2022; Lin *et al.*, 2015), y aves (Blinkova *et al.*, 2023; Jacke y Toensmeier, 2005; Lin *et al.*, 2015; Royer *et al.*, 2023). También tiene efectos positivos en la promoción del **control biológico** (Egerer *et al.*, 2020, Gardiner *et al.*, 2013), por ejemplo, en aves insectívoras al servir de perchas (Blinkova *et al.*, 2023; Montejo y Parrado-Rosselli, 2022; Lin *et al.*, 2015) (Fig.16). También en arañas al aumentar la conectividad y facilitar su dispersión (Lucatero *et al.*, 2024), acoger poblaciones estables de diferentes presas sin sobrepasar al nivel de “plaga”, lo que favorece la estabilidad de los controladores (Hernandez-Guanche *et al.*, 2023) y ofrecer un mejor microclima (Rodrigues *et al.*, 2016). También **reducen la erosión** del suelo, ya que los estratos disminuyen la fuerza con la que cae la lluvia al suelo, y aportan al **reciclaje de nutrientes** (Fig.13) pues las raíces de los árboles pueden minar nutrientes en capas más profundas del suelo (Taylor y Lovell, 2021).

El acolchado o “mulch” en inglés, es una práctica agroecológica que consiste en cubrir el suelo con restos vegetales: hojarasca, troncos, y/o corteza en pedazos pequeños. Sus principales aportes son el **reciclaje de nutrientes** (Fig. 13), control del crecimiento de plantas no deseadas (D’Sanges, 1997;) y la estabilización del suelo, que se traduce en disminución de escorrentía y el aumento de la infiltración, **evitando su erosión** (Bashyal *et al.*, 2022). Por otro lado, promueve la **biodiversidad** al proveer materia orgánica que es recurso para la fauna edáfica (D’Sanges, 1997). Permite mayor oferta de alimento y un mejor desplazamiento para las arañas de suelo (Brito *et al.*, 2015; Lucatero *et al.*, 2024), y se ha visto que promueve el **control biológico** de aves insectívoras (Montejo y Parrado-

Rosselli, 2022) y mariquitas (Liere y Cowal, 2024) (Fig. 13). Sin embargo, es importante anotar que en un estudio se observó cómo la herbivoría por parte de crisomélidos aumentó con la presencia de acolchado (Vorsah *et al.*, 2020).

En los agroecosistemas pueden distinguirse dos tipos de biodiversidad: una es manejada, que se escoge y siembra según sus características, y la otra es alojada, aquella que se desarrolla espontáneamente en el sistema (Royer *et al.*, 2023). Dentro de esta última, están las llamadas “malezas” o plantas ruderales, espontáneas, que crecen sin la siembra directa por parte de los humanos. Esta cobertura ruderal aporta a la riqueza de plantas y complejidad estructural (Royer *et al.*, 2023), provee recursos adicionales a la fauna, como alimento y refugio, y por ello, también promueve el **control biológico** (Fig.13) (Egerer y Philpott, 2022; Montagnana y de Oliveira, 2020).

Dentro de la biodiversidad manejada en los sistemas agrícolas, aquella que se siembra intencionalmente con alguna función, algunos autores la han separado en productiva y auxiliar (Brito *et al.*, 2015). En la biodiversidad auxiliar están los cultivos de cobertura, que cumplen funciones específicas diferentes a la producción de alimento como abonos verdes, plantas trampa o plantas repelentes. Los abonos verdes son plantas que fijan nutrientes en sus tejidos, y una vez podados y devueltos al suelo como acolchado, lo fertilizan al descomponerse promoviendo el **reciclaje de nutrientes**. Las plantas trampa y repelente, se incorporan en términos de **control biológico** plagas, las primeras funcionan como atractivos, concentrando las plagas y que no se desplacen a los cultivos, y las segundas funcionan, al contrario, ahuyentando las plagas al emitir fuertes olores o

al producir compuestos naturalmente insecticidas como la nicotina (Fig. 13). Por ejemplo, Parker y colaboradores en 2016 estudiaron el impacto de las plantas trampa en las cosechas de brócoli, encontraron que a medida que se aumentaba la diversidad de las plantas trampa, las cosechas aumentaban. No se vieron cambios en la abundancia de la plaga, que era un cucarrón de la familia Chrysomelidae, si no cambios en su comportamiento, lo que indica el éxito de la estrategia y la posibilidad de controlar las plagas, pero seguir promoviendo la **biodiversidad**, pues estas no se eliminan. Además, al concentrar los herbívoros, funcionan como atractores de aves, por ejemplo (Holden *et al.*, 2012). Por otro lado, **reducen la erosión** y compactación del suelo (Taylor y Lovell, 2021). En realidad, permiten un manejo muy versátil, pues pueden cultivarse para usar sus podas como acolchado, reteniendo la humedad del suelo reduciendo la evaporación en casos de sequía, o en casos de exceso de humedad, pueden no podarse, y así absorben agua y la evapotranspiran (Gregory *et al.*, 2016).

Las prácticas de acolchado, cultivos de cobertura o conservar la cobertura ruderal, no pueden hacerse simultáneamente, pues se enmarcan en los espacios entre las plantas productivas. Por un lado, debe decidirse cuál usar con base su aporte de materia orgánica de forma más rápida para ser degradada por la actividad del suelo. Por otro, las prácticas que cubren con plantas estos espacios están aportando a la riqueza, cobertura y densidad vegetal del sistema, que puede traer múltiples beneficios (Fig.13). La decisión de dejar la cobertura ruderal o decidir sembrar plantas específicas con algún otro propósito que producir alimento dependerá del contexto y las preferencias de los agricultores. Por ejemplo, en

contextos donde quiera tenerse un mínimo manejo, por presupuesto o disponibilidad de mano de obra, podría pensarse en dejar la cobertura ruderal, podarla y monitorearla para el control de plantas invasoras, entre otros objetivos. Sin embargo, si se cuenta con los recursos mencionados, y además se quiere adoptar una estética más ordenada, el uso de cultivos de cobertura con acolchado sería lo más adecuado.

Se ha visto que las plantas nativas en espacios verdes urbanos promueven más la **biodiversidad** nativa, incluso en niveles tróficos más altos, que las plantas exóticas (Taylor y Lovell, 2021; Royer *et al.*, 2023). Berthon y colaboradores en 2021 concluyeron que la fauna nativa se favorece del aumento de la riqueza, la cobertura y la densidad de la flora nativa, y reportan que este resultado es consistente en diferentes taxones, medidas de biodiversidad y en el tiempo. En especial, las aves prefieren anidar y encuentran más alimento en las plantas nativas, lo que puede promover el **control biológico** en la zona (Fig.13) (Arteaga-Chávez, 2017; Montejó y Parrado-Rosselli, 2022). Las mariposas también han mostrado respuestas positivas a este tipo de vegetación (Lin *et al.*, 2015). Además, las plantas nativas son objeto de conservación en sí mismas y usarlas permite resistir a la homogenización global de la flora urbana (Berthon *et al.*, 2021; McKinney, 2006). Colombia, al ser tan biodiverso en términos de plantas, tiene un gran potencial para diversificar sus cultivos (García, 2011; Negro *et al.*, 2022), e incluir estas especies aporta a la sostenibilidad alimentaria porque incrementar la diversidad de plantas, incrementa también la diversidad de respuestas a cambios ambientales (Mustafa *et al.*, 2019).

Por otro lado, encontramos que la abundancia de flores en las huertas se asocia con algunos servicios ecosistémicos (Fig. 13). Incluso la han definido como un importante lineamiento de diseño si se quiere atraer **biodiversidad** nativa (Berthon *et al.*, 2021). También se especificó su influencia en el **control biológico** (Pérez *et al.*, 2023), por parte de arañas (Philpott *et al.*, 2023), mariquitas (Blubaugh *et al.*, 2024; Egerer *et al.*, 2016; Liere y Cowal, 2024) y hasta parasitoides (Lin *et al.*, 2015).

Diseño de la huerta de la Universidad CES

Una huerta agroecología en la sede el poblado de la Universidad CES tiene entre varios objetivos la producción de productos alimenticios dentro de un contexto ecológico claro, la investigación de los procesos ecológicos que ocurren en las huertas y sin duda la educación sobre estos procesos. Una huerta agroecológica, sin duda crea hábitat para la fauna que la habita la Universidad CES, puede ser un espacio donde se pueda cultivar alimento sin desplazarla o afectarla negativamente (como lo haría el uso de plaguicidas). Adicionalmente, promover espacios donde habite la fauna local tiene beneficios psicológicos y sociales adicionales, como el incremento del sentido de pertenencia de la comunidad universitaria (Taylor y Lovell, 2021).

Los objetivos anteriormente planteados guían la selección de plantas. Por esto, se intentó maximizar la diversidad de plantas, las plantas nativas, la estratificación y el uso de cultivos de cobertura para cumplir con esos objetivos propuestos. Los

beneficios de este tipo de sistemas van más allá de la producción agrícola (Taylor y Lovell, 2021), y por ello se extiende la invitación a comparar su éxito con cultivos convencionales no sólo a partir de términos productivos, si no incluir variables sociales y ecológicas que también hacen parte fundamental de los sistemas.

En este sentido, con base en el diagnóstico abiótico y biótico, y la revisión de literatura, se propone el siguiente diseño que consta de dos fases:

Primera fase: consiste en realizar las terrazas y una primera siembra donde se incluyen cultivos de cobertura (Tabla 3). Teniendo en cuenta el tamaño del terreno, se proponen 5 terrazas de 6 m largo x 90 cm ancho, con un camino de 30 cm entre cada una, son relativamente delgadas por la alta pendiente del lugar, porque de otro modo, tendrían taludes muy altos haciéndolas más frágiles a la erosión y por ello difíciles de mantener. Las terrazas se diseñan bajo la técnica Keyline (Giambastiani *et al.*, 2023), donde se construyen lo más planas posible y el camino o surco entre ellas es unos centímetros más profundo. Este diseño hidrológico es una estrategia de mitigación tanto en temporadas de alta pluviosidad como en sequía. En el primer escenario evita la erosión que sería facilitada por la gravedad en caso de que se cultivaran con algún grado de inclinación en favor a la pendiente. Además, el camino ligeramente más hondo evita que los cultivos se encharquen y, al ralentizar la velocidad con la que el agua se desplaza por el terreno, promueven su infiltración ayudando a conservar la humedad del suelo por más tiempo en temporadas secas.

Se seleccionaron una serie de abonos verdes para fertilizar el suelo que ha mostrado algunas deficiencias en nutrientes tales como el P y el Ca (Tabla 1), y además, se seleccionaron dos especies de Zingiberales y una Poaceae en base a su crecimiento rizomatoso, para que, al sembrarse en los taludes de las terrazas, las protejan de la erosión, atributo importante a tener en consideración por la pendiente del sitio. Se propone esta primera siembra como una manera de adecuar el terreno en términos de posibilitar cambios en la estructura del suelo, cambios en la actividad microbológica del suelo, cambios en la diversidad de plantas que cubren en sitio y con ellas la llegada de animales controladores de plagas. En esta primera etapa siembra se propone sembrar con la mayor densidad de plantas posible según el presupuesto, para maximizar los servicios ecosistémicos aportados.

Tabla 3. Cultivos de cobertura seleccionados para la primera siembra de adecuación del suelo para la propuesta y la función que cumplirían en la huerta

Nombre común	Familia	Nombre científico	Nativa o introducida	Hábito crecimiento	Función ecológica	Fuentes
Frijol canavalia	Fabaceae	<i>Canavalia ensiformis</i>	Nativa	Arbusto	Aporte N, P y Ca	Castro-Rincón <i>et al.</i> , 2018; García <i>et al.</i> , 2000; Aguiar <i>et al.</i> , 2002
Lupino	Fabaceae	<i>Lupinus</i> spp.	Nativa	Hierba	Aporte N, Ca y K	Tighe <i>et al.</i> , 2015
Vitabosa	Fabaceae	<i>Mucuna</i> spp.	Nativa	Trepador	Aumento porosidad y materia orgánica	Chacón <i>et al.</i> , 2014

Haba	Fabaceae	<i>Vicia</i> spp.	Nativa	Hierba	Aporte N	Fontana, 2014; Delgado y Paillán, 2009
Maní forrajero	Fabaceae	<i>Arachis pintoi</i>	Introducida	Hierba	Aporte N y evita erosión	Alvarado-García <i>et al.</i> , 2011
Matarratón	Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i>	Nativa	Arbusto	Aporte N, K, Ca y Mg	Araya S y Kass, 1987
Botón de oro	Asteraceae	<i>Tithonia diversifolia</i>	Introducida	Arbusto	Aporte P, K, Mg y carbono orgánico, disminución densidad aparente	Castro-Rincón <i>et al.</i> , 2018; Contreras y Ruge, 2021; Cong y Merckx, 2005
Cúrcuma	Zingiberaceae	<i>Curcuma longa</i>	Introducida	Hierba	Evita erosión taludes	Contreras y Paredes, 2023
Bijao	Marantaceae	<i>Calathea lutea</i>	Nativa	Hierba	Evita erosión taludes	Contreras y Paredes, 2023
Vetiver	Poaceae	<i>Chrysopogon zizanioides</i>	Introducida	Hierba	Evita erosión taludes	Alvarado-García <i>et al.</i> , 2011
Limoncillo	Poaceae	<i>Cymbopogon citratius</i>	Introducida	Hierba	Evita erosión taludes	Alvarado-García <i>et al.</i> , 2011

Segunda fase: consiste en un segundo momento de siembra de las plantas

productivas (Fig. 14). El diseño consta de 19 plantas nativas que se crecen a 1700 msnm (Tabla 4), y 49 individuos de diferentes hábitos de crecimiento, 7 árboles, 28 arbustos, 10 hierbas y 4 rastreras. Se tuvo en cuenta escoger especies cuyas cosechas puedan consumirse con mínimo procesamiento por el contexto de la universidad y el uso que se les dará (p.e. el café, el cacao o la caña deben pasar

por diferentes procesos para poder consumirse). Se asociaron plantas con diferentes ciclos de vida, algunas empiezan su cosecha a los 3 meses, otras al año y otras como los árboles pueden permanecer durante más de 10 años en el sistema, lo que permite tener cosecha constante. También es importante que siempre haya plantas de ciclo corto para abrir espacio para la siembra de abonos verdes o plantas repelentes, permitiendo un manejo adaptativo según las necesidades que se vayan evidenciando en el sistema.

Se diversifica el sistema tanto en especies como en estructura. En este caso se incluyeron cuatro estratos según las formas de crecimiento de las plantas: árbol, arbusto, hierba y rastrera. Se buscó en la literatura fichas técnicas agronómicas de las especies para usar la distancia de siembra como guía para la disposición de los individuos de la misma especie, y no para diferentes especies pues pueden compartir espacio al crecer a diferentes ritmos o tener diferentes requerimientos de luz. Según la tipología propuesta por Taylor y Lovell en 2021 de agroecosistemas urbanos, el sistema diseñado para la Universidad CES cabe dentro de los términos “policultivo leñoso multifuncional” o “bosque comestible”, ya que tiene 3 o más estratos y está dominado por plantas perennes leñosas, plantas herbáceas perennes y herbáceas anuales. Es interesante anotar que los autores definen como “huerta de frutales suplantada”, a los sistemas con solo dos estratos, y definen como “agricultura forestal” y “bosque natural que apoya la búsqueda de alimento”, a los que tienen 4 o más estratos, que no incluyen plantas anuales, pero sí a los hongos en sus cosechas. Estos últimos los suelen incluir inoculando troncos de madera con especies cuyo cuerpo fructífero es comestible, esta

práctica puede ser una oportunidad futura muy interesante para implementar en la huerta de la Universidad, sobre todo por el apoyo que el Laboratorio de Microbiología Aplicada podría ofrecer.

Tabla 4. Plantas comestibles nativas de Colombia que crecen a 1700 msnm. Se incluye también algunas características, sugerencias de su siembra, información de productividad y valor ecológico.

Nombre común	Familia	Nombre científico	Hábito crecimiento	Distancia agronómica	Inicio de producción	Valor ecológico adicional
Guamo	Fabaceae	<i>Inga edulis</i>	Árbol	6m	3 años	Aporte N
Guayaba	Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i>	Árbol	5m	2 años	Aporte hojarasca y minar nutrientes
Chirimoya	Annonaceae	<i>Annona cherimola</i>	Árbol	5m	3 años	Aporte hojarasca y minar nutrientes
Papayuela	Caricaceae	<i>Vasconcellea pubescens</i>	Árbol	2m	1-5 años	Estratificación generando poca sombra
Papaya	Caricaceae	<i>Carica papaya</i>	Árbol	2m	10 meses	Estratificación generando poca sombra
Uva camarona	Ericaceae	<i>Macleania rupestris</i>	Arbusto	1.5m	3 años	
Frijol arbustivo	Fabaceae	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Arbusto	0.5m	3 meses	Aporte N
Tomate de árbol	Solanaceae	<i>Solanum betaceum</i>	Arbusto	2m	1 año	

Arazá	Myrtaceae	<i>Eugenia stipitata</i>	Arbusto	4m	1.5 años	Aporte hojarasca y minar nutrientes
Mora silvestre	Rosaceae	<i>Rubus</i> spp.	Arbusto	2m	2 años	Repeler mamíferos
Yuca	Euphorbiaceae	<i>Manihot esculenta</i>	Arbusto	1m	10 meses	Minar nutrientes
Arracacha	Apiaceae	<i>Arracacia xanthorrhiza</i>	Hierba	0.5m	8 meses	Minar nutrientes
Yacón	Asteraceae	<i>Smallanthus sonchifolius</i>	Hierba	0.7m	5 meses	Minar nutrientes
Auyama	Cucurbitaceae	<i>Cucurbita maxima</i>	Rastrera	3m	2 meses	Evita erosión
Piña	Bromeliaceae	<i>Ananas comosus</i>	Hierba	0.5m	1.5 años	Repeler mamíferos
Lulo	Solanaceae	<i>Solanum quitoense</i>	Arbusto	3m	8 meses	
Uchuva	Solanaceae	<i>Physalis peruviana</i>	Arbusto	3m	5 meses	
Cilantro cimarrón	Apiaceae	<i>Eryngium foetidum</i>	Hierba	0.2m	2 meses	Repelente insectos
Mortiño	Melastomataceae	<i>Miconia sericea</i>	Arbusto	0.5m	6 meses	

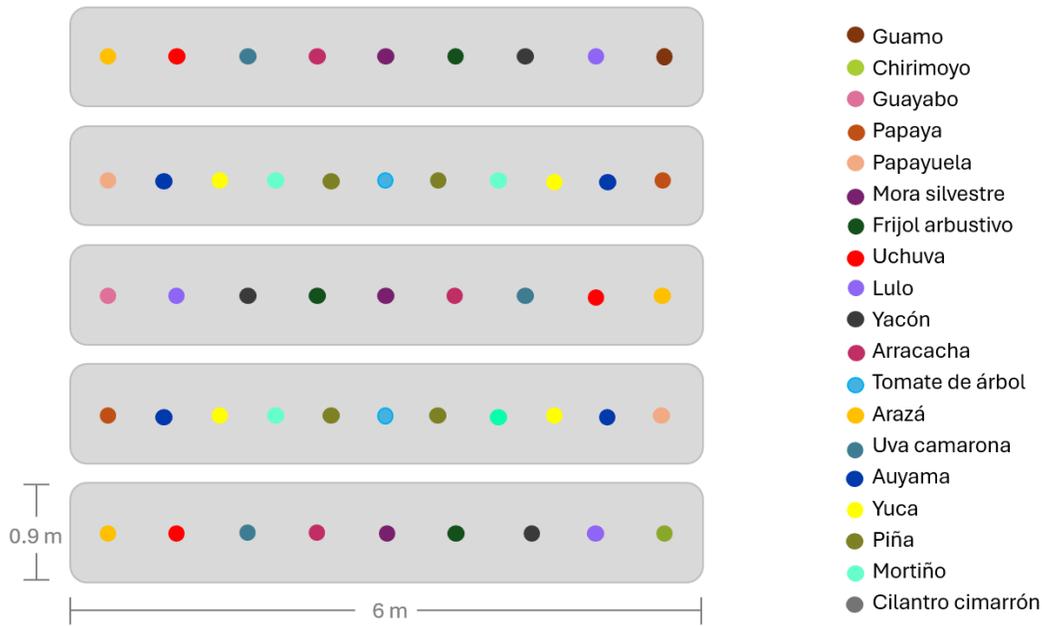


Figura 14. Diseño de huerta agroforestal propuesto para la Universidad CES que incluye las plantas a usar con su nombre común y su posible ubicación en las terrazas.

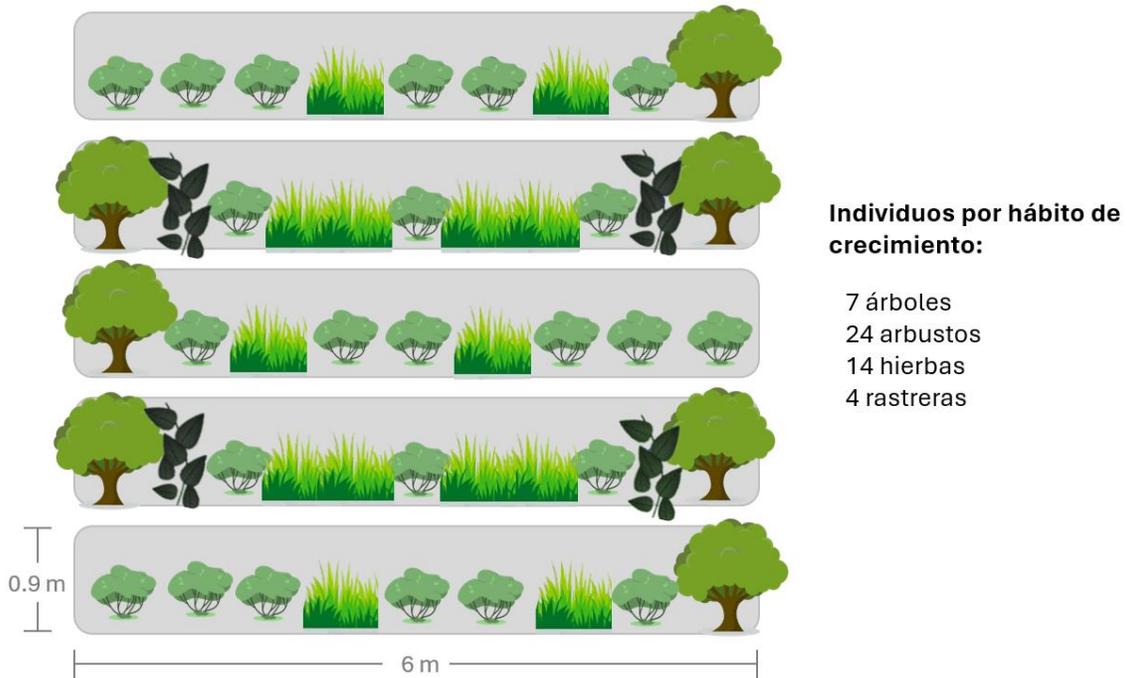


Figura 15. Diseño de la huerta agroforestal para la Universidad CES según los hábitos de crecimiento de las plantas.

Conclusiones

La diversidad registrada en la Universidad CES es alta, lo cual garantiza que una huerta, como parte de sus ecosistemas internos, contaría con un mayor beneficio de servicios ecosistémicos de su entorno como el control biológico.

Adicionalmente, la huerta generaría nuevos hábitats que contribuirían a la diversidad beta de la Universidad y a la conservación de la flora y fauna urbana de Medellín, generando asimismo espacios para el estudio de las interacciones ecológicas y la agricultura urbana.

Diseñar una huerta agroecológica urbana con base en un diagnóstico ambiental puede generar un diseño inteligente y contextualizado que permita seleccionar las especies más adecuadas y adaptadas que reduzcan la inseguridad alimentaria, y permitan planear manejos adaptativos ante la incertidumbre climática. Por ello, es posible apoyarse en la teoría ecológica para el diseño de huertas sostenibles, usando prácticas agroecológicas como la estratificación, el uso de plantas nativas y evitando el suelo desnudo. Huertas que ofrecen recursos a la fauna local en donde se promueven relaciones ecológicas benéficas. Se pueden cultivar muchas plantas nativas con diferentes formas de crecimiento en un área relativamente pequeña en la ciudad.

Bibliografía

Abi-Saab Arrieche, R. (2012). Evaluación de la calidad del suelo, en el sistema productivo orgánico La Estancia, Madrid, Cundinamarca. Utilizando indicadores de calidad de suelos. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, Carrera de Ecología, Bogotá]

Acevedo-Osorio, A., Angarita Leiton, A., León Durán, M. V., & Franco Quiroga, K. L. (2017). Luna Azul, 44, 6-26.

Aguiar, A., das Chagas Ferreira, K., Mustonen D.J., Salvador, P., & Gómez, E. (2002). Enriquecimiento de la fertilidad del suelo en condiciones de invernadero con especies usadas como abono verde. *Agroforestería en las Américas*, 9(35-36), 16-21.

Altieri, R., & Nicholls, C. I. (2000). Teoría y práctica para una agricultura sustentable (1ra edición). México. Editado por Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente en la Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe.

Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. (2009). Cambio climático y agricultura campesina: impactos y respuestas adaptativas. *LEISA*, 24(4), 5-8.

Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. (2018). Urban Agroecology: designing biodiverse, productive and resilient city farms. *Agro Sur*, 46(2), 49-60.

Altieri, M. A., & Toledo, V. M. (2011). The agroecological revolution in Latin America: rescuing nature, ensuring food sovereignty, and empowering peasants. *The Journal of Peasant Studies*, 38(3), 587-612.

Alvarado García, V., Bermúdez Rojas, T., Romero Vargas, M., & Piedra Castro, L. (2011). Selección de plantas para el control de la erosión hídrica en Costa Rica mediante la metodología de criterio de expertos. *Recursos Naturales y Ambiente*, (63), 41-46. ISSN: 1659-1216.

BashyAndrew, N. R., & Hughes, L. (2005). Arthropod community structure along a latitudinal gradient: Implications for future impacts of climate change. *Austral Ecology*, 30, 281-297.

Araya S., J. F. (1987). Efecto del madero negro (*Gliricidia sepium* (Jacq) Steud) como abono verde en un sistema de maíz (*Zea mays* L.) - frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en relevo en Acosta, Puriscal, San José, Costa Rica [Tesis de maestría, Universidad de Costa Rica, San José (Costa Rica)]. Departamento de Producción Vegetal.

Arteaga-Chávez, William Andrés. (2017). Diversidad de aves del campus universitario de la Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. *Siembra*, 4(1), 172-182.

Bashyala, S., Poudela, D., & Gautam, B. (2022). A review on cultural practice as an effective pest management approach under integrated pest management. *Tropical Agroecosystems (TAEC)*, 3(1), 34-40.

BBenavides, C., Arce, A., & Pacheco, L. F. (2020). Common opossum population density in an agroforestry system in Bolivia. *Acta Amazonica*, 50(3), 246–251.

Berthon, K., Thomas, F., & Bekessy, S. (2021). The role of 'nativeness' in urban greening to support animal biodiversity. *Landscape and Urban Planning*, 205, 103959.

Blinkova, O., Shupova, T., & Raichuk, L. (2023). α -Diversity of plant communities, forest birds and wood-decaying fungi in urban parks of a metropolis. *Baltic Forestry*, 29(1), id690.

Blubaugh, C. K., Chesnut, R., & Hagan, K. L. (2024). Organic compost belowground and floral diversity aboveground interactively shape beneficial insects in urban gardens. *Journal of Applied Ecology*, 00, 1–12.

Burkman, C. E., & Gardiner, M. M. (2014). Urban greenspace composition and landscape context influence natural enemy community composition and function. *Biological Control*, 75, 58-67.

Cáceres, N. C. (2004). Diet of three didelphid marsupials (Mammalia, Didelphimorphia) in southern Brazil. *Mammalian Biology*, 69(6), 430-433.

Calderón-Medina, Claudia L, Bautista-Mantilla, Gina P, & Rojas-González, Salvador. (2018). Propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, indicadores del estado de diferentes ecosistemas en una terraza alta del departamento del Meta. *ORINOQUIA*, 22(2), 141-157

Castro-Rincón, E., Mojica-Rodríguez, J. E., Carulla-Fornaguera, J. E., & Lascano-Aguilar, C. E. (2018). Evaluación de leguminosas como abono verde en cultivos forrajeros para ganaderías en el Caribe seco colombiano. *Agronomía Mesoamericana*, 29(3), 597-617.

Cong, P. T., & Merckx, R. (2005). Improving phosphorus availability in two upland soils of Vietnam using *Tithonia diversifolia* H. *Plant and Soil*, 269, 11–23.

Contreras Mejía, M. L., & Ruge Rojas, M. F. (2021). Evaluación de la especie *Tithonia diversifolia* como abono verde y promisorio en la recuperación de indicadores del suelo, susceptibles a la compactación en la Finca Ganadera "Santa Isabel", Departamento de Sucre. Bogotá: Universidad El Bosque, Facultad de Ingeniería, Programa Ingeniería Ambiental.

CORANTIOQUIA – Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. (2017, agosto). Aunar esfuerzos para la actualización de la Huella Ecológica en la Región Central de Antioquia como aporte a la gestión de planificación y el ordenamiento ambiental. Municipio de Medellín. Recuperado de https://www.corantioquia.gov.co/ciadoc/PAT/PAT_CV_1611_203_2016.pdf

Crippa, M., Solazzo, E., Guizzardi, D., Tubiello, F. N., & Leip, A. (2022). Climate goals require food systems emission inventories. *Nature Food*, 3 (1): (2022).

Cuervo, A. M., & Delgado-V., C. A. (2001). Adiciones a la avifauna del Valle de Aburrá y comentarios sobre la investigación ornitológica local. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/260592740_Adiciones_a_la_avifauna_de_l_Valle_de_Aburra_y_comentarios_sobre_la_investigacion_ornitologica_local

Delgado López, G. A., & Paillán Legue, H. (2009). Evaluación técnica de diferentes mezclas de abono verde como fuente de materia orgánica y de nutrientes para la producción orgánica [Tesis de pregrado, Universidad de Talca, Escuela de Agronomía].

Delgado-V., C. A., Arias-Alzate, A., Aristizábal-Arango, S., & Sánchez-Londoño, J. D. (2014). Uso de la cola y el marsupio en *Didelphis marsupialis* y *Metachirus nudicaudatus* (Didelphimorphia: Didelphidae) para transportar material de anidación. *Mastozoología Neotropical, 21(1), 129-134. Mendoza.

Deutsch, L., Dyball, R., & Steffen, W. (2013). Feeding Cities: Food Security and Ecosystem Support in an Urbanizing World. En T. Elmqvist, M. Fragkias, J. Goodnes, B. Güneralp, P. J. Marcotullio, R. I. McDonald, et al., *Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities* (p. 505-538). London: Springer.

Díaz Pulido, A., & Payán Garrido, E. (2012). Manual de fototrampeo: una herramienta de investigación para la conservación de la biodiversidad en Colombia (1st ed.). Coordinación editorial de Carlos A. Lasso. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt; Panthera Colombia.

D'Sanges, R. C. (1997). The impact of permaculture on the above-ground mesofaunal communities in the Perth Metropolitan Area (Tesis de Licenciatura en Ciencias con honores en Estudios en Tecnología). Edith Cowan University, Joondalup, Australia.

Egerer, M., & Philpott, S. M. (2022). 'Tidy' and 'messy' management alters natural enemy communities and pest control in urban agroecosystems. *PLoS ONE*, 17(9), e0274122.

Egerer, M., Bichier, P., & Philpott, S. M. (2016). Landscape and Local Habitat Correlates of Lady Beetle Abundance and Species Richness in Urban Agriculture. *Annals of the Entomological Society of America*, 2016(1), 1-7. DOI: 10.1093/aesa/saw063.

Egerer, M., Liere, H., Bichier, P., & Philpott, S. M. (2018). Cityscape quality and resource manipulation affect natural enemy biodiversity in and fidelity to urban agroecosystems. *Landscape Ecology*, 33, 985–998.

Egerer, M., Liere, H., Lucatero, A., & Philpott, S. (2020). Plant damage in urban agroecosystems varies with local and landscape factors. *Ecosphere*, 11(3), e03074.

García Castro, N. J. (2011). Plantas nativas empleadas en alimentación en Colombia (Informe técnico No. 11-11-020-240PS). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

García, M., Treto, E., & Álvarez, M. (2000). Los abonos verdes: Una alternativa para la economía del nitrógeno en el cultivo de la papa. II. Efecto de la interacción abono verde-dosis de nitrógeno. *Cultivos Tropicales*, 21(1), 13-19.

Gardiner, M. M., Delgado de la Flor, Y. A., Parker, D. M., & Harwood, J. D. (2020). Rich and abundant spider communities result from enhanced web capture breadth and reduced overlap in urban greenspaces. *Ecological Applications*, 31(3), e02282.

Gardiner, M. M., Prajzner, S. P., Burkman, C. E., Albro, S., & Grewal, P. S. (2014). Vacant land conversion to community gardens: influences on generalist arthropod predators and biocontrol services in urban greenspaces. *Urban Ecosystems*, 17(1), 101–122.

Gaston, K. J. (2010). Urbanisation. En K. J. Gaston, *Urban Ecology* (p. 10-34). Cambridge: Cambridge University Press.

Giambastiani, Y., Biancofiore, G., Mancini, M., Di Giorgio, A., Giusti, R., Cecchi, S., Gardin, L., & Errico, A. (2023). Modelling the Effect of Keyline Practice on Soil Erosion Control. *Land*, 12:(1), 100.

Gliessman, S. R., Rosado-May, F. J., Guadarrama-Zugasti, C., Jedlicka, J., Cohn, A., Mendez, V. E., et al. (2007). Agroecología: promoviendo una transición hacia la sostenibilidad. *Ecosistemas*, 16(1), 13-23.

Grade, A. M., Warren, P. S., & Lerman, S. B. (2022). Managing yards for mammals: Mammal species richness peaks in the suburbs. *Landscape and Urban Planning*, 220, 104337.

Gregory, M. M., Leslie, T. W., & Drinkwater, L. E. (2016). Agroecological and social characteristics of New York City community gardens: Contributions to urban food security, ecosystem services, and environmental education. *Urban Ecosystems*, 19(2), 763–794.

Hernández-Guanche, L., Santana-Baños, Y., Dago-Dueñas, Y., Hernández-Carballo, R., & del Busto-Concepción, A. (2023). Beneficial entomofauna in the tree diversity of urban agriculture in Pinar del Río, Cuba. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 14(5), 120-125.

Holden, M. H., Ellner, S. P., Lee, D.-H., Nyrop, J. P., & Sanderson, J. P. (2012). Designing an effective trap cropping strategy: The effects of attraction, retention and plant spatial distribution. *Journal of Applied Ecology*, 49(3), 715-722.

Hosonuma, N., Herold, M., De Sy, V., De Fries, R. S., Brockhaus, M., Verchot, L., et al. (2012). An assessment of deforestation and forest degradation drivers in developing countries. *Environ. Res. Lett.*, 7(044009).

Jacke, D., & Toensmeier, E. (2005). *Edible forest gardens* (Volumen 1). Chelsea Green Publishing Company, With River Junction, Vermont.

Liere, H., & Cowal, S. (2024). Local and landscape factors differentially influence predatory arthropods in urban agroecosystems. *Ecosphere*, 15(3).

- Lin, B. B., Philpott, S. M., & Jha, S. (2015). The future of urban agriculture and biodiversity-ecosystem services: Challenges and next steps. *Basic and Applied Ecology*, 16(3), 189-201.
- Lombardi, J. V. (2014). *Ecology of mesopredators within an urban area in East Texas* (Tesis de maestría en Ciencias). Stephen F. Austin State University, Texas. Publicado por ProQuest LLC.
- Londoño Oikawa, H., Pulgarín Restrepo, P. C., & Saravia Ruiz, P. M. (2021). *Guía de aves de la Universidad CES*. Medellín, Colombia: Editorial CES.
- Lucatero, A., Jha, S., & Philpott, S. M. (2024). Local Habitat Complexity and Its Effects on Herbivores and Predators in Urban Agroecosystems. *Insects*, 15(1), 41.
- Marín Gómez, O. H. (2005). Avifauna del campus de la Universidad del Quindío. *Boletín SAO*, 15(2), 43-60.
- McKinney, M. L. (2006). Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biological Conservation*, 127, 247-260.
- Metin, A. E., & Türker, H. B. (2023). Exploring the Synergy between Urban Agriculture and Ecotherapy. En Türker, H. B., & Bolat, F. (Eds.), *Architectural Sciences and Ecological Approaches* (pp. 78-88). Iksad Publications.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. (s.f.). Valores de referencia para el diagnóstico de análisis de suelos. Recuperado de <https://magyp.gob.ar/brechaproductiva/pdf/valores-de-referencia-para-diagnostico-de-suelos.pdf>
- Montagnana, P. C., & Campos, M. J. de O. (2020). Ruderal Plants Providing Bees Diversity on Rural Properties. *Sociobiology*, 67(3), 388–400.
- Montejo Casas, D. A. (2022). *Respuesta de la diversidad y estructura gremial de aves depredadoras a cambios en variables urbanas de una megaciudad neotropical [Tesis de maestría en Manejo, Uso y Conservación del Bosque]* Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Muñoz, M. C., Fierro-Calderón, K., & Rivera-Gutiérrez, H. F. (2007). Las aves del campus de la Universidad del Valle, una isla verde urbana en Cali, Colombia. *Ornitología Colombiana*, 5, 5-20.
- Mustafa, M. A., Mayes, S., & Massawe, F. (2019). Crop diversification through a wider use of underutilised crops: A strategy to ensure food and nutrition security in the face of climate change. En A. Sarkar, S. R. Sensarma y G. W. vanLoon (Eds.), *Sustainable Solutions for Food Security*.
- Narango, D. L., Tallamy, D. W., & Marra, P. P. (2017). Native plants improve breeding and foraging habitat for an insectivorous bird. *Biological Conservation*, 213(A), 42-50.

Negrão, R., Monro, A. K., Castellanos-Castro, C., & Diazgranados, M. (Eds.). (2022). *Catalogue of Useful Plants of Colombia*. Richmond, Surrey, UK: Royal Botanic Gardens, Kew. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Páez Barahona, A. F. (2020). Agroecología urbana frente al cambio climático. Aporte al ordenamiento territorial agroecológico en las ciudades. *Revista Ciudades, Estados y Política*, 7(3), 23-50.

Parker, J. E., Crowder, D. W., Eigenbrode, S. D., & Snyder, W. E. (2016). Trap crop diversity enhances crop yield. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 232, 254-262.

Pérez Hoyos, A. M., Tuberquia Muñoz, D. J., & Delgado Vélez, C. A. (2022). *Interacciones ave-planta en el Arboretum de la Universidad CES, sede Poblado* (Tesis de pregrado). Universidad CES, Medellín.

Pérez Roig, C., González, E., & Videla, M. (2023). Agroecological transition increases arthropod diversity and decreases herbivore abundance on field margins. *Agricultural and Forest Entomology*, 25(3), 404-415.

Philpott, S. M., Lucatero, A., Andrade, S., Hernandez, C., & Bichier, P. (2023). Promoting Beneficial Arthropods in Urban Agroecosystems: Focus on Flowers, Maybe Not Native Plants. *Insects*, 14(7), 576.

Ramírez-Albores, J. E. (2008). Comunidad de aves de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza campus II, UNAM, Ciudad de México. *Huitzil: Revista Mexicana de Ornitología*, 9(2), 12-19.

Restrepo, P., Sandoval, C., Gallego, L. A., Correa, M. I., Manosalva, K., & Vergara, S. S. *Prácticas comunicativas en la agricultura urbana de Medellín* [Internet]. Red de Huerteros Medellín. Recuperado de <https://www.redhuerterosmedellin.org/investigacion-agricultura-urbana-medellin/>

Royer, H., Yengue, J. L., & Bech, N. (2023). Urban agriculture and its biodiversity: What is it and what lives in it? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 346, 108342.

Scalenghe, R., & Ajmone Marsan, F. (2009). The anthropogenic sealing of soils in urban areas. *Landsc Urban Plan*, 90, 1-10.

Soto-Estrada, E. (2019). Estimación de la isla de calor urbana en Medellín, Colombia. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 35(2), 421-434.

Taylor, J. R., & Taylor Lovell, S. (2021). Designing multifunctional urban agroforestry with people in mind. *Urban Agriculture & Regional Food Systems*, 6, e20016.

Tighe, R., Leonelli, G., Aliaga, M., & Rodríguez, M. (2015). Evaluación de espinillo como abono verde en la producción de biomasa y proteína de acelga. *Idesia*, 33(2), 137-142.

Universidad de Medellín. (2019). Informe de sostenibilidad 2017 [Internet]. Medellín. Recuperado de <https://campusvivo.udemedellin.edu.co/wp-content/uploads/2021/04/Informe-de-Sostenibilidad-2017.pdf>

Universidad EAFIT. (s.f.). Inventario de fauna. Recuperado de <https://www.eafit.edu.co/institucional/campus-eafit/universidad-parque/Paginas/inventario-de-fauna.aspx>

Vogel, H. F., Fantin, D. M. J., Bazilio, S., Metri, R., & Zocche, J. J. (2017). Structure of urban bird assemblages in the Brazilian Atlantic rain forest. *Revista Publicatio UEPG Ciências Biológicas e da Saúde*, 22(2), 1-12

Vorsah, R. V., Dingha, B. N., Gyawaly, S., Fremah, S. A., Sharma, H., Bhowmik, A., Worku, M., & Jackai, L. E. (2020). Organic Mulch Increases Insect Herbivory by the Flea Beetle Species, *Disonycha glabrata*, on *Amaranthus* spp. *Insects*, 11(3), 162.

Yahir Contreras Pérez, F., & Villamizar Paredes, E. M. (2023). Propuesta-modelo de recuperación de zona verde con el empleo de un sistema agroforestal multiestrato, en los alrededores de la instalación deportiva denominada “El Pabellón” ubicada en el casco urbano del municipio de Cucutilla, departamento de Norte de Santander. (Tesis de pregrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y de Medio Ambiente ECAPMA).