



*Análisis de la presencia de microorganismos en el suelo de huertas urbanas en la localidad
de Kennedy*

UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
PROGRAMA BACTERIOLOGÍA Y LABORATORIO CLÍNICO
TRABAJO DE GRADO
BOGOTÁ, ABRIL 2022



*Análisis de la presencia de microorganismos en el suelo de huertas urbanas en la localidad
de Kennedy*

Katherine Andrea Garzón Segura

Yeraldinee Martínez Dorado

Vivian Sofía Romero Martínez

ASESORA INTERNA

MÓNICA ALEJANDRA RODRÍGUEZ ARISTIZABAL MSC. CIENCIAS AMBIENTALES

UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
PROGRAMA BACTERIOLOGÍA Y LABORATORIO CLÍNICO
TRABAJO DE GRADO
BOGOTÁ, ABRIL 2022



Análisis de la presencia de microorganismos presentes en el suelo de huertas urbanas en la
localidad de Kennedy

LAUREADA _____

MERITORIA _____

APROBADA _____

UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
PROGRAMA DE BACTERIOLOGÍA Y LABORATORIO CLÍNICO
TRABAJO DE GRADO
BOGOTÁ, ABRIL 2022

DEDICATORIA

A Dios por las bendiciones brindadas y permitirnos lograr esta meta, a nuestras familias por el apoyo incondicional en cada momento de nuestras vidas, a la comunidad de cada una de las huertas y a todas las personas que de una u otra manera nos acompañaron en el camino.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el apoyo incondicional de nuestras familias en esta etapa tan importante, a la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca y al Centro de Bio-Sistemas, Universidad Jorge Tadeo Lozano por brindarnos los espacios para poder desarrollar este proyecto. Igualmente, el apoyo y orientación de la docente Mónica Rodríguez Aristizabal. De la misma forma, agradecemos a la comunidad y los líderes presentes en cada una de las huertas urbanas de la localidad de Kennedy por brindarnos su confianza al permitir realizar el estudio.

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE TABLAS	8
RESUMEN	9
INTRODUCCIÓN	10
1. ANTECEDENTES	12
2. MARCO REFERENCIAL	15
2.1 El suelo	15
2.1.1 Propiedades Físicas	17
2.1.3 Propiedades Microbiológicas del suelo	20
2.2 Servicios Ecosistémicos del suelo	25
2.3 Agricultura	26
3.1 Universo, población y muestra	29
3.1.1 Universo: Suelo de las huertas urbanas de Bogotá.	29
3.1.2 Población: Suelo de las huertas urbanas de la localidad de Kennedy en Bogotá.	29
3.1.3 Muestra: Muestra de suelo de las huertas urbanas de la localidad de Kennedy, Bogotá.	29
3.2 Hipótesis	29
3.4 Criterios Exclusión en la elección de las huertas	29
3.5.2 Aislamiento de microorganismos del suelo de las huertas urbanas.	31
3.5.3 Establecer la funcionalidad de los microorganismos aislados en suelo	32
3.5.4 Modelo de integración entre los conocimientos técnico científicos y locales asociados a las huertas urbanas.	34
4. RESULTADOS	34
5. DISCUSIÓN	50
6. CONCLUSIONES	56
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
8. ANEXOS	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Directorio de huertas en Bogotá, Grupo de Investigación HISHA,

Figura 2. Ubicación zona de muestreo.

Figura 3. Aislamiento inicial y determinación de propiedades fisicoquímicas del suelo

Figura 4. Aislamiento Microbiológico.

Figura 5. Hongos presentes en las huertas.

Figura 6. a) Huerta Eco Hídrico b) Muestreo H1.

Figura 7. Socialización de resultados encontrados, huerta Ecohídrico

Figura 8. a) Muestreo H2, b) Acercamiento cultural con H2 Obafinsuka

Figura 9. Socialización de resultados encontrados y conversatorio con la huerta Obafinsuka

Figura 10. Huerta Tabatinga.

Figura 11. Socialización Huerta Eco Hidrico.

Figura 12. Socialización huerta Obafinsuka.

Figura 13. Socialización huerta Tabatinga

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Procesos de degradación del suelo.

TABLA 2. Características fisicoquímicas de las muestras de suelo.

TABLA 3. Composición de la textura de los suelos de las tres huertas estudiadas.

TABLA 4. Características morfológicas de cepas fúngicas.

TABLA 5. Características morfológicas y bioquímicas de cepas bacterianas.

ANÁLISIS DE LA PRESENCIA DE MICROORGANISMOS EN EL SUELO DE HUERTAS URBANAS EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY

RESUMEN

La importante función y beneficio en el desarrollo de los cultivos que brindan los microorganismos en la calidad del suelo está descrito para los sistemas agrícolas rurales, sin embargo, este tipo de estudios aplicados al campo de la agricultura urbana es desconocido. En ese sentido el objetivo de esta investigación fue analizar la presencia de microorganismos en el suelo de huertas urbanas en la localidad de Kennedy. Se determinaron las características fisicoquímicas como pH, humedad relativa y textura, posteriormente se realizó el aislamiento microbiológico de muestras de suelo tomadas al azar en tres huertas, en medios de cultivo primario (PDA y Agar Nutritivo), a partir de los microorganismos que crecieron en estos medios se seleccionaron las colonias más representativas y se sembraron en medios de cultivo selectivos (CZAPEK y ASHBY). Los resultados evidencian que los suelos de las huertas son franco - arenosos, los pH se encuentran entre 5,7 - 7,3, y las humedades relativas están por debajo del 50%. Con relación a los microorganismos se recuperaron 16 cepas de hongos filamentosos y 22 cepas de bacterias y 2 levaduras con diferentes características macroscópicas y microscópicas. Los parámetros fisicoquímicos obtenidos a partir de las muestras de suelo tomadas en las huertas urbanas evidencian que: el uso de prácticas agrícolas sostenibles, como la adición de abonos orgánicos y la siembra de policultivos contribuyen con la biodiversidad y funcionalidad de los microorganismos encontrados en el suelo. Esto fue contrastado con la literatura y a partir de esta información es posible mencionar algunos géneros de microorganismos encontrados en este estudio como *Penicillium sp.*, *Fusarium sp.*, *Rhodotorula sp.*, *Pseudomonas sp.*, *Bacillus sp.* podrían estar asociados con la calidad del suelo y los servicios ecosistémicos que ofrecen las huertas urbanas.

Palabras clave: *Agricultura urbana, microorganismos, suelo, servicios ecosistémicos.*

INTRODUCCIÓN

La agricultura urbana en Bogotá es un acontecimiento que tiene sus orígenes en diversos fenómenos sociales ocurridos entre 1950 y 1960, en dónde hubo una fuerte migración de las personas del campo hacia la ciudad, trayendo consigo todo el conocimiento de la agronomía y que en conjunto con la necesidad de consumir alimentos empezaron a cimentar las bases de lo que actualmente es la agricultura urbana¹. Hoy en día este proceso no solamente responde a la necesidad básica de buscar alimento, también al interés de las personas que quieren producir alimentos para mantener un estilo de vida saludable.

La ciudad de Bogotá cuenta con alrededor de ocho millones de habitantes según el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas ² (DANE) y según el jardín botánico existen alrededor de 205 huertas urbanas ubicadas dentro de las diferentes localidades de la ciudad. Con respecto a la localidad de Kennedy, esta cuenta con 1.252.014 habitantes² y se encuentran registradas 21 huertas de las cuales el 80% cultivan verduras, hortalizas y aromáticas, el 20% cultiva frutales y leguminosas. Las huertas urbanas establecidas en esta localidad son cuidadas por familias, instituciones o grupos escolares con el fin de tener experiencias, adquirir conocimientos y realizar las labores propias del cultivo³. En ese sentido, según Salamanca⁴, las huertas urbanas aportan a la estructura de la conservación ecológica en la ciudad en donde se apoya la preservación de distintos tipos de flora como de fauna. Además, estos espacios permiten el intercambio de conocimientos entre la comunidad, influyendo de manera significativa en la educación ambiental y en el abastecimiento sostenible. Por tal razón, estos proyectos requieren de investigaciones con mayor profundidad que permitan tecnificar y mejorar los procesos para que tengan una base sólida en la ciudad.

De acuerdo con esto, es un hecho que la agricultura urbana en Bogotá a través de los años ha adquirido gran importancia, por tanto surge la necesidad de explorar e investigar el comportamiento de estos cultivos en la ciudad ya que cuentan con condiciones totalmente diferentes de suelo, en comparación con los cultivos convencionales en zonas rurales, los cuales han sido ampliamente estudiados desde el enfoque de la microbiología agroambiental; no obstante con relación a la agricultura urbana no se ha descrito con detalle la función que cumple la microbiota en el suelo, debido a esto, quienes se dedican a construir estos espacios

en la ciudad, disponen de poca información científica que pueden integrar a los conocimientos locales con el fin de mejorar los procesos entorno a la práctica de la agricultura urbana⁵.

Es importante resaltar que, hoy en día la agronomía está estrechamente relacionada con la microbiología, algunos estudios han demostrado su papel fundamental en el rendimiento y la sanidad de los cultivos, permitiendo que sean asociados con el desarrollo fenológico debido a sus funciones en el ecosistema como aumentar la capacidad de fijación de nutrientes y la estimulación del crecimiento de las plantas⁶, representando así una alternativa para el uso de agroquímicos agresivos debido a que contienen compuestos que contaminan el aire, el suelo y los cuerpos de agua generando así un impacto negativo tanto en la fauna como en la flora. Esto se ve reflejado en la desaparición o migración de especies, la disminución de las poblaciones microbianas del suelo y los daños irreparables que pueden causar estos productos en los humanos.⁷

Esto ha permitido que los microorganismos tengan un significado diferente, bastante alejado del tradicional, que en distintas ocasiones los cataloga como patógenos infecciosos causantes de enfermedades o responsables de grandes pérdidas económicas en el sector de la agricultura⁸. Sumado a lo anterior, es imprescindible comprender el rol que desempeña el suelo en el ecosistema, entendiendo que es un organismo vivo, que entre sus diversas funciones tiene la capacidad de retener gran parte de las emisiones de dióxido de carbono⁹. Además alberga mega, macro, meso y microorganismos cada uno con una función esencial en la cadena trófica. Un ejemplo de ello es la relación simbiótica que hay entre las plantas, los microorganismos y el suelo en donde este último necesita nutrirse de las plantas vivas y estas a su vez necesitan nutrirse del suelo¹⁰.

Lo expuesto anteriormente explica el creciente interés en la práctica de la agricultura urbana, que además responde a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)¹¹ propuestos por las Naciones Unidas, algunos incluso se relacionan de forma directa con estos procesos agrícolas, como: hambre cero, salud y bienestar, producción y consumo responsables así como ciudades y comunidades sostenibles, este último siendo uno de los más importantes ya que, según la FAO¹², el desarrollo y la expansión urbana aumentan las necesidades alimentarias de las familias, reducen el terreno fértil dedicado a cultivos en las zonas rurales e inciden en la fluctuación de los precios de los productos, ya que en diversas ocasiones el valor de los alimentos aumenta entre el proceso de cosecha y recepción en las ciudades, frente a esto la agricultura urbana podría ser una alternativa para disminuir los precios de los alimentos y hacerlos más asequibles para las familias que consumen directamente de las huertas. De

acuerdo con esto, la Agricultura urbana como alternativa sostenible promueve el uso de abonos orgánicos elaborados a partir de residuos generados por consumo de alimentos en los hogares, fomenta la implementación de productos reciclados y requiere de una inversión mínima¹³.

Correspondiendo a la problemática expuesta, este trabajo analizó los microorganismos presentes en el suelo de tres huertas urbanas de Bogotá en la localidad de Kennedy, para caracterizar microorganismos presentes en el suelo estudiado. La investigación realizada pretende socializar con la comunidad local el papel que desempeña la microbiota en el suelo de las huertas urbanas y sistemas agronómicos similares, promoviendo la construcción social de espacios de apropiación cultural y de conocimientos, así como la soberanía alimentaria. Los resultados obtenidos en este trabajo podrán contribuir con el conocimiento teórico-práctico sobre la microbiología agroambiental y podrán ser usados como línea base para futuras investigaciones sobre el tema.

OBJETIVOS

Objetivo general

Analizar la presencia de microorganismos en el suelo de huertas urbanas en la localidad de Kennedy.

Objetivos específicos

- Caracterizar microorganismos procedentes del suelo de huertas urbanas en la Localidad de Kennedy, Bogotá.
- Establecer la función de los microorganismos aislados en el suelo de huertas urbanas
- Sugerir estrategias para la integración de conocimientos técnico científicos y locales asociados a las huertas urbanas.

1. ANTECEDENTES

La influencia de los microorganismos en el suelo se ha venido estudiando desde hace varios años, debido a la importante función que cumplen en este sistema ecológico, por ello aumentar las poblaciones en cantidad y diversidad ha sido una de las estrategias que ha permitido mejorar la calidad del suelo, en ese sentido el uso de enmiendas orgánicas y compostaje ha contribuido con este propósito^{12,13}. De acuerdo con lo anterior, algunos trabajos han demostrado que contrario a lo que podría suponerse, los microorganismos que se encuentran en el compost no son patógenos contaminantes y no causan impactos sanitarios negativos en el suelo y/o las plantas^{14,15}.

Sin embargo, con relación a las huertas urbanas y periurbanas, donde se promueve el uso de estas enmiendas orgánicas, hace falta el trabajo en las buenas prácticas y el conocimiento de los riesgos (físicos, químicos, biológicos), producidos en estas huertas^{16,17}; además el uso de abono en la agricultura se ve limitado debido a su acción prolongada y al suministro reducido de nutrientes a los cultivos, por lo cuál se ha propuesto potenciar el contenido de nutrientes asimilables por las plantas con el compostaje, mediante la suplementación con nutrientes e inoculación de microorganismos transformadores de nitrógeno (amonificantes y nitrificantes) y solubilizadores de fosfato¹⁸.

Por otra parte es importante mencionar que los beneficios de la agricultura urbana y periurbana han sido asociados por diversos autores a la seguridad alimentaria, por ejemplo, se ha descrito que esta práctica podría contribuir a satisfacer las necesidades de consumo, teniendo en cuenta que el ritmo acelerado que se vive en la urbanidad ha afectado los suministros de alimentos, por lo que se han incrementado las huertas urbanas comunitarias, las cuales sirven como protocolos vivos para transmitir información sobre el clima local, los suelos y los regímenes de humedad, así como las poblaciones fluctuantes de organismos que tienden a conectar emocionalmente a las personas con los ecosistemas locales^{15,19}.

Otras ventajas que se han asociado a estas prácticas son la transformación y aprovechamiento de diversos recursos como espacio, aire, sustratos, residuos y agua, la reutilización de los desechos, el reciclaje de basura y la producción de compost¹⁷. Sin embargo, la alta demanda de alimentos en las ciudades hace que la agricultura urbana y periurbana tenga que ser cuidadosamente estudiada, ya que acondicionar el suelo para cubrir las necesidades podría

provocar la pérdida de carbono (C) orgánico que se encuentra allí, por ello es importante monitorizar los ciclos de los elementos para la gestión sostenible del suelo en la ciudad^{19,20}.

En ese sentido, Diazgranados²¹ plantea que el establecimiento de las ciudades del futuro necesita para su desarrollo tener en cuenta una perspectiva sustentable en donde exista biodiversidad de fauna, flora, espacios verdes y una alta capacidad de adaptación a los cambios ambientales. Es así como la agricultura urbana surge como una práctica que influye positivamente en el microclima de las ciudades como en la protección de los recursos urbanos, incluso contribuye como medida de mitigación del efecto invernadero en la ciudad, aunque no se aprovecha lo suficiente y su desarrollo es más informal o familiar provocando que su impacto no sea totalmente visible¹⁹.

Teniendo en cuenta los beneficios mencionados, es importante hacer énfasis y retomar la influencia de las prácticas agrícolas modernas en las propiedades biológicas del suelo, se ha encontrado que bacterias y Hongos Formadores de Micorrizas Arbusculares (HFMA) son una herramienta indispensable para recuperar los suelos impactados por las prácticas inadecuadas de cultivo, la deforestación y la industrialización que como consecuencia producen su degradación así como la disminución de sus reservas de C orgánico, nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K)^{22,23}.

Un suelo con estas características no tiene una estructura adecuada ni puede sostener su microbiota nativa porque carece de hongos y bacterias para formar tanto microagregados como macroagregados²², por lo tanto, no tendrá presencia de exudados producidos por estos microorganismos que son indispensables para que se lleve a cabo la descomposición de células animales y vegetales con el fin de proveer materia orgánica al suelo²⁴.

Otro aspecto a tener en cuenta es la importancia de reconocer que la presencia de estos microorganismos disminuye el pH del suelo al producir diferentes ácidos lo cual promueve la quelación de los cationes que están unidos al K, además interactúan con las raíces de las plantas para mejorar la captación de nutrientes debido a que poseen más de un mecanismo para favorecer el restablecimiento de los suelos degradados, teniendo en cuenta esto, el artículo propone cambiar las prácticas tradicionales de cultivo y hacer uso de enmiendas orgánicas en conjunto con co-inoculaciones de bacterias y hongos para restaurar la fertilidad de los suelos degradados^{25,26}.

Es aquí donde las Rizobacterias Promotoras del Crecimiento de las Plantas (PGPR, por su sigla en inglés), al producir exopolisacáridos, fitohormonas y compuestos volátiles causan que se altere la morfología de la raíz aumentando su capacidad de tolerar la sequía, especialmente en cultivos como la cebada, el maíz, el arroz y el trigo²⁷. Las PGPR son un elemento biótico de suma importancia en el establecimiento de cultivos sostenibles y amigables con el medio ambiente, pueden ser de tipo extracelular o intracelular, de acuerdo a esto, pueden desempeñar diversas funciones tales como fijación de nitrógeno a partir de nitratos o de N atmosférico, solubilización de K y fósforo, producción de fitohormonas como las giberelinas, citoquininas, ácido abscísico, etileno y auxinas así como producción de sideróforos en condiciones limitadas de hierro.

Todas estas funciones son indispensables para llevar a cabo actividades como la detoxificación de metales pesados, tolerancia a la salinidad y control biológico de patógenos y fitopatógenos, teniendo en cuenta que el uso de PGPR debe ser apoyado con el uso de herramientas, así como de técnicas novedosas que se han propuesto desde los campos de la nanotecnología y la biotecnología²⁷.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 El suelo

El suelo es el resultado de la transformación en el curso del tiempo de material geológico, que ocurre gracias a procesos fisicoquímicos y biológicos²⁸; la edafización está influenciada por factores como las rocas, el clima, los microorganismos, el relieve y el tiempo, es la responsable del origen de la capa sólida que cubre la superficie de la tierra y la matriz en la cual se forman diferentes formas de vida. La composición del suelo es muy extensa, en él se encuentran todos los elementos fundamentales para que se dé el crecimiento de la capa vegetal que lo recubre, su estructura permite regular procesos como la retención e infiltración de agua, los intercambios gaseosos, el aprovechamiento de la materia orgánica, la dinámica de los nutrientes, la penetración de las raíces de las plantas, entre otros²⁹.

Tiene extensión tanto en profundidad como en superficie lo cuál permite su división en varias capas llamadas horizontes, estos se diferencian entre sí en una o más de las siguientes propiedades: color, textura, estructura, consistencia y pH³⁰. La utilidad que cada uno de los horizontes presta a la vegetación es variable y cambia de un suelo a otro, pero en general, la capa superficial del suelo es la más rica en materia orgánica y por lo tanto es la que posee mayor actividad biológica, mientras que los horizontes profundos son importantes en la penetración, el almacenamiento del agua y desarrollo de las raíces³¹. Además, el suelo constituye el hábitat de una gran cantidad de organismos vivos impulsando consecuentemente su diversidad por la retroalimentación que ocurre debido a los ciclos biogeoquímicos.

El suelo es un recurso indispensable para los seres vivos gracias a que hace posible la producción de alimentos, la disponibilidad de agua, la reutilización de nutrientes y el sostenimiento de la huella que ha dejado la humanidad a través del tiempo por medio del almacenamiento de carbono orgánico, en ese sentido el suelo ofrece una utilidad ecosistémica y antropogénica importante. Asimismo, es importante tener en cuenta que al ser una estructura con un alto grado de complejidad sus periodos de formación pueden llegar a tardar miles de años hasta tomar su forma final, y por el contrario su degradación se puede dar en periodos sumamente cortos y algunas veces es irreversible^{31,32}.

Cuando se habla de la degradación edáfica se hace referencia a los procesos inducidos por las actividades humanas que provocan la disminución de la productividad y biodiversidad del suelo, repercutiendo en su capacidad para proveer a los seres vivos³². El deterioro del suelo tiene diferentes orígenes y puede deberse a la combinación de dos o más procesos como la erosión, la acidificación, la salinización y la compactación (TABLA 1) que ocurren como consecuencia de las actividades humanas, procesos como la contaminación, la pérdida de nutrientes, la sobreexplotación, entre otros aceleran la degradación de este recurso.

TABLA 1. Procesos de degradación del suelo.

Erosión	Eliminación acelerada de la capa superficial del suelo consecuencia del paso constante de agua y viento o de actividades como la labranza ³³ .
Acidificación	Disminución del pH del suelo debido a la acumulación de iones de H ⁺ y Al ³⁺ así como la pérdida de cationes básicos tales como Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , K ⁺ y Na ⁺ , como consecuencia de las precipitaciones, el drenaje de suelos potencialmente ácidos, la

	deposición ácida, la aplicación excesiva de fertilizantes a base de amonio, la deforestación y las prácticas de uso del suelo quitando los restos de cosecha ³⁴ .
Salinización	Proceso químico de origen natural o inducido por las actividades antrópicas y que ocasiona el aumento, ganancia o acumulación de sales solubles en el perfil del suelo, incidiendo de forma negativa sobre los servicios y las funciones ecosistémicas ³⁵ generando la pérdida de fertilidad, elevación osmótica de la solución del suelo, toxicidad iónica en las plantas, reducción de su potencial hídrico y desequilibrios nutricionales ³⁶ .
Compactación	Se da cuando el suelo se comprime con una carga aplicada durante un tiempo corto sin expulsión de agua, puede darse de manera natural por su propio peso, por la lluvia o por encogimiento debido al secado del suelo arcilloso, ocasionando la disminución de porosidad y el aumento de la densidad relacionados con la pérdida de rendimiento en la producción de cultivos mediante la restricción de crecimiento de raíces, la reducción de la circulación de aire y agua ³⁷ .

Elaboración propia, 2022

2.1.1 Propiedades Físicas

La estructura física del suelo determina la rigidez, la fuerza de sostenimiento, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad y la retención de nutrientes siendo un gran determinante para el crecimiento de plantas y diversidad microbiana. Algunas propiedades físicas que se relacionan con estos procesos son:

Textura: Representa el porcentaje en que se encuentran los elementos que constituyen el suelo; arena gruesa, arena media, arena fina (partículas más gruesas dentro de la fracción de las partículas finas, 20-2000 μm aproximadamente), limo (partículas de tamaño medio, 2-20 μm), arcilla (las partículas más finas, 0-2 μm)³⁸. Es una propiedad importante ya que influye como factor de fertilidad y en la habilidad de retener agua, aireación, drenaje, contenido de materia orgánica y otras características que hacen particular a cada suelo^{39,40}, de acuerdo con Rojas et al., la textura de los suelos condiciona las poblaciones microbianas (en suelos con mayor cantidad de arcilla se encuentran niveles más altos de biomasa microbiana).⁴¹

Color: Este depende de sus componentes y varía con el contenido de humedad, materia orgánica, grado de oxidación de minerales, clima, drenaje y aireación. Se puede evaluar como

una medida indirecta de ciertas propiedades del suelo usado para distinguir las secuencias en un perfil del suelo, determinar el estado de drenaje y la presencia tanto de sales como de carbonato³⁹. Se ve afectado directamente por la temperatura e indirectamente por el crecimiento de las plantas, la actividad microbiana y la estructura del suelo^{42,43}, por lo que su tonalidad puede ser un indicador de la presencia de materia orgánica humificada⁴¹.

Porosidad: Es la cantidad de espacio de los poros en el suelo (macro y microporos), estos determinan el crecimiento radicular, así como la dinámica del aire, del agua y la interacción de los microorganismos que cumplen una función importante al excretar glicoproteínas y polisacáridos que favorecen la adhesión entre las partículas de suelo y así favorecer la formación de agregados⁴⁴. Por otra parte, es importante identificar que si en un suelo predominan los macroporos se presenta un drenaje y una aireación excesiva que conlleva a una baja capacidad de almacenamiento de agua, por el contrario, si predomina la microporosidad se podrían presentar problemas de compactación como también la producción de compuestos tóxicos para las plantas por los efectos de las condiciones reductoras^{45, 46}.

Drenaje: Esta característica se basa en la capacidad que tiene el agua de fluir a través del suelo debido a varios tipos de fuerzas tales como gravedad, ascenso capilar y osmosis. Dependiendo de la textura, la aireación y otras propiedades, la capacidad de drenaje se va a presentar de manera diferente en los suelos³⁹. Así mismo, esta característica está estrechamente relacionada con la porosidad del suelo (la cual depende de los exudados microbianos) y con la presencia de macroorganismos⁴⁷.

2.1.2 Propiedades Químicas

El conocimiento de las propiedades químicas es de gran importancia, su determinación permite conocer el estado del suelo e identificar problemas relacionados con la fertilidad o la disponibilidad de los macro y micronutrientes, además ofrecen una idea de su composición y de los diferentes iones que se pueden encontrar, también permiten caracterizar el suelo. Algunas de las propiedades químicas son:

Potencial de Hidrógeno (pH): Determina el grado de disociación de iones de hidrógeno en las partículas del suelo e indica si un suelo es ácido o alcalino. Es el indicador principal en la disponibilidad de nutrientes para las plantas influyendo en la solubilidad y movilidad de otros

constituyentes o contaminantes inorgánicos presentes en el suelo. El valor del pH en el suelo oscila entre 3,5 a 9,5. Los suelos muy ácidos (<5,5) tienden a presentar cantidades elevadas y tóxicas tanto de aluminio como de manganeso. Los suelos muy alcalinos (>8,5) tienden a dispersarse, así mismo la actividad de los organismos es inhibida en condiciones ácidas⁴⁸. El pH es un precursor de componentes microbiológicos ya que sirve como un indicador del estado del suelo, dado que obteniendo una buena actividad microbiana se obtienen mejores condiciones físico-químicas⁴⁹.

Materia orgánica: Son todos los residuos de origen animal y vegetal descompuestos por los microorganismos del suelo. La cantidad de materia orgánica actúa en casi todas las propiedades referentes a la calidad y es destacada como un indicador significativo de fertilidad y productividad⁴⁵, esto se debe a que constituye un almacén tanto de energía como de alimento y es la fuente principal para la formación de coloides orgánicos (humus) que se acumulan en el suelo⁵⁰.

Macronutrientes: Son los elementos consumidos en mayor cantidad y, a menudo, limitan el crecimiento de las plantas. Los macronutrientes cumplen numerosas funciones y se clasifican en dos grupos principalmente, los primarios que son: Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K), y los secundarios que incluyen calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S)⁵¹, estos además son un indicador de fertilidad, por lo cual se encuentran en distribución variable⁵².

Nitrógeno (N): Este elemento interviene en procesos de absorción iónica, fotosíntesis, respiración, diferenciación celular y composición de proteínas así como de enzimas. Se encuentra en el suelo en forma de grandes moléculas orgánicas que imposibilitan su absorción por las raíces de las plantas, por lo que es necesario que los microorganismos, y en menor medida, las raíces de las plantas degraden estas moléculas mineralizándolas para poder ser absorbido⁵². Promueve el desarrollo de las hojas y el crecimiento de brotes, se presenta en el protoplasma celular y constituye las proteínas, clorofila, nucleótidos, alcaloides, enzimas, hormonas y vitaminas. Asimismo, el nitrógeno es alimento de los microorganismos, lo que favorece a la descomposición de la materia orgánica por un proceso de desnitrificación. El N puede ser asimilado por las plantas sólo en su forma aniónica de nitrato (NO_3^-) y catiónica de amonio (NH_4^+)⁵⁰.

Fósforo (P): Es un nutriente esencial (en su forma fosfatada PO_4^{3-} y HPO_4^{2-}) para las plantas, animales y microorganismos. Las formas orgánicas de este representan solo el 20-30% del total del horizonte superficial del suelo. El P hace parte de los compuestos fundamentales del metabolismo (NADP, NADPH y ATP) siendo un componente (elemento) de varios compuestos bioquímicos (ácidos nucleicos, fosfolípidos, fosfoproteínas y fosfatasas). El contenido de P en el suelo es de gran importancia para el desarrollo de las plantas porque interviene en funciones fundamentales como: favorecer el desarrollo de las raíces, la floración y fructificación, así como estimular el desarrollo vigoroso de las plantas. El P puede ser encontrado en el agua, el suelo, la corteza terrestre y los sedimentos⁵³.

Potasio: Es un elemento móvil que a su vez se encuentra afectado por las lixiviaciones y tiende a perderse con facilidad. Está presente en el suelo en forma mineral (90 a 98 por ciento del total), no intercambiable, intercambiable y en solución (iones K^+), las plantas solo pueden tomarlo directamente de la solución del suelo⁵⁰ para posteriormente utilizarlo en la activación de enzimas⁴⁹.

Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC): Es la propiedad química responsable en gran medida de la fertilidad de los suelos. Los elementos como K, Mg, Ca y el N encuentran allí un lugar donde almacenarse como también solubilizarse en el agua del suelo para formar así la llamada solución de suelo, así, de esta manera poder ser absorbidos por las plantas⁵⁴. Cuantifica el total de los cationes que pueden ser intercambiados entre la superficie de los coloides y la solución del suelo⁵⁵, es una medida de la cantidad de sitios de carga negativa en la superficie del suelo que puede retener iones de carga positiva (cationes), tales como el Ca^{2+} , Mg^{2+} y K^+ , por fuerzas electrostáticas⁵⁶. La capacidad de intercambio catiónico depende de la textura, el tipo de arcilla y el contenido de materia orgánica del suelo que están estrechamente relacionadas con el nivel de fertilidad de los suelos.

2.1.3 Propiedades Microbiológicas del suelo

El suelo es el medio esencial que permite a las plantas crecer y asegurar su subsistencia gracias a que pone a su disposición diversos nutrientes, también le ayuda a dar sostén a sus raíces y le ofrece protección, alberga una gran biodiversidad de mega, macro, meso y microorganismos indispensables para que se puedan llevar a cabo los ciclos biogeoquímicos. En ese sentido los microorganismos en los ecosistemas, particularmente en el suelo son de

vital importancia para el desarrollo de estos ciclos, Se encuentran de forma predominante los hongos y las bacterias, seguido de arqueas, virus, protistas y nemátodos (estos dos últimos se desempeñan como depredadores microbianos)⁵⁷.

Hoy en día solo se conoce el 1 % de todos estos microorganismos que habitan en el suelo y por esta razón, mantener su diversidad y abundancia se ha convertido en un reto debido a la poca información que hay sobre las interacciones que se presentan en este ecosistema, que en conjunto con la contaminación, la expansión urbana y el uso de agroquímicos han alterado las condiciones necesarias para su establecimiento. Como consecuencia de lo anterior, el suelo ha disminuido su biomasa afectando los ciclos biogeoquímicos que permiten la reincorporación de moléculas complejas a la naturaleza relacionadas con la disponibilidad de nutrientes asimilables para las plantas⁵⁷.

El rol de los microorganismos en el suelo

Entre las funciones más destacadas, la descomposición de la materia orgánica que reposa sobre la capa superficial es una de las más importantes, gracias a esta los microorganismos ayudan a las plantas a adaptarse a condiciones adversas disminuyendo el estrés por sequía, temperatura, salinidad y déficit de materia orgánica; también contribuyen con la disminución de la población de patógenos al competir por los nutrientes y producir tanto antibióticos como enzimas hidrolíticas. Es por esto que la presencia de bacterias y hongos, principalmente, juega un papel imprescindible para comprender el desarrollo de la agricultura con el fin de avanzar en el diseño de estrategias rentables y sostenibles⁵⁸.

Para entender las funciones mencionadas anteriormente hay que tener en cuenta la *rizósfera* espacio que hay entre la raíz de una planta y la zona del suelo donde se encuentran concentradas la mayoría de bacterias y hongos, lugar ideal para que se den interacciones entre los microorganismos o entre la planta y los microorganismos.

Estas interacciones se dan gracias a que las raíces liberan sustancias que incentivan la densidad poblacional así como la actividad microbiana, (pueden ser carbohidratos, ácidos orgánicos, vitaminas, nucleótidos, flavonoides, enzimas, hormonas o compuestos volátiles), estos sustratos son detectados y generan respuestas celulares como la inducción de las vías

metabólicas apropiadas para el establecimiento exitoso de los microorganismos en las raíces y alrededor de estas⁵⁹.

En este punto las condiciones fisicoquímicas del suelo juegan un papel importante en las dinámicas presentadas en la rizósfera. Por ejemplo, en esta zona la concentración de O₂ es baja debido a la alta demanda requerida para la respiración microbiana, mientras que la concentración de CO₂ es alta con el fin de crear un ambiente anaerobio que favorece las reacciones de reducción. De acuerdo con esto, el pH de la rizosfera suele ser más bajo que el del suelo en general gracias a mecanismos como la producción de CO₂ por procesos de respiración que forman H₂CO₃, la actividad de las bombas de H⁺ en la obtención de nutrientes por las plantas y los microorganismos, la liberación de ácidos orgánicos, la descomposición de la materia orgánica y la fijación de N₂.⁶⁰

Grupos microbianos

Bacterias: Son organismos unicelulares que pertenecen al grupo de los procariotas; hacen parte de los microorganismos más abundantes debido a su biomasa y actividad metabólica, por lo que sus efectos son amplios, van desde la fijación de nitrógeno, la descomposición de materia orgánica, la hidrólisis de agroquímicos y subproductos metabólicos hasta el mejoramiento de la biodisponibilidad de nitratos, sulfatos, fosfatos y metales esenciales.

Estos microorganismos se clasifican en dos grandes grupos, Gram positivos y Gram negativos, su diferencia principal radica en las propiedades de sus membranas para teñirse por lo que después de la tinción, las primeras se observan de color morado mientras que las otras se observan de color rosa o rojo. 61

Algunas de las bacterias Gram-negativas que se pueden encontrar son (*Acinetobacter*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Caulobacter*, *Cellulomonas*, *Flavobacterium*, *Pseudomonas*, *Xanthomonas*) predominan en número respecto a las Gram positivas (*Arthrobacter*, *Bacillus*, *Brevibacterium*, *Clostridium*, *Corynebacterium*, *Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Micrococcus*, *Mycobacterium*, *Staphylococcus*, *Streptococcus*). Además también se encuentran mixobacterias, siendo los géneros más representativos *Myxococcus*, *Chondrococcus*, *Archangium* y *Polyangium*. 62

Actinomicetos: Son bacterias grampositivas, aerobias, capaces de formar esporas y están ampliamente distribuidas en el suelo (en el limo de los cuerpos de agua, en el aire y en restos de plantas) forman filamentos similares a las hifas de los hongos por lo que son clasificados como un grupo particular de bacterias que producen un olor a tierra. Su rol en el ecosistema edáfico es crucial para la descomposición de la materia orgánica, la inhibición del crecimiento de potenciales patógenos, la fijación de nitrógeno y la degradación de compuestos de alto peso molecular. Además de esto, mejoran la disponibilidad tanto de nutrientes como de minerales, la producción de metabolitos y tienen un impacto positivo en la salud del suelo mediante la formación y estabilización de pilas tanto de compost como de humus que son fundamentales para los procesos de biorremediación natural.⁶³

Estos microorganismos pueden encontrarse en hábitats con condiciones extremas. Por ejemplo, los actinomicetos alcalófilos (*Streptomyces* y *Nocardiosis*) están presentes en suelos alcalinos (pH 10–12) gracias a que poseen una pared celular rígida compuesta de peptidoglicano, ácido teicoico, teicurónico y polisacáridos que mantiene la forma de la célula y evita que esta se rompa debido a la alta presión osmótica.

Los actinomicetos son capaces de generar enzimas como exo- β -1,4-Glucanasa, endo- β -1,4-Glucanasa y β -1,4- Glucosidasa que permiten romper químicamente residuos ricos en celulosa, lignina, quitina y proteínas. En el caso de la celulosa, su degradación es importante porque funciona como suministro de energía para el crecimiento de los mismos y como fuente de carbono.⁶⁴

Hongos endófitos: Viven dentro de los tejidos vegetales sin causar síntomas de enfermedad generando más bien una interacción de simbiosis. No tienen una etapa de vida biotrófica obligada y pueden vivir parte de su ciclo de vida lejos de la planta, a diferencia de los HFMA no forman estructuras típicas o reconocibles dentro de las raíces de las plantas. Algunos artículos recientes⁷³ sugieren que las interacciones endofíticas pueden tener un papel en la nutrición de las plantas por medio de la transferencia de nutrientes minerales, no obstante, los mecanismos de esta transferencia aún no se conocen.

Heteroconium chaetospora es un ejemplo de un endófito fúngico capaz de transferir N de la materia orgánica en descomposición a su planta huésped; *Colletotrichum tofieldiae* y *Serendipita indica* han demostrado la capacidad de transferir P a su huésped no micorrízico y *Arabidopsis thaliana*, promueve el crecimiento en condiciones de bajo contenido de P. Respecto a la nutrición, recientemente se ha descubierto que *Serendipita* mejora el contenido de K^+ en los brotes de plantas de maíz que crecen bajo estrés salino⁷³.

Hongos micorrízicos: Colonizan las raíces de las plantas, entre ellos, los HFMA son los más antiguos que establecen simbiosis mutualistas⁷⁴. En sus interacciones pueden proporcionar a las plantas asociadas hasta el 80% del N y el 100% del P asimilado del suelo generando mejor tamaño y mayor producción de semillas, a nivel del suelo son indispensables para la formación de agregados gracias a la producción de glomalina lo que permite generar una estructura estable que ayuda a la retención de agua en el suelo mejorando así los problemas de erosión y el mantenimiento de la diversidad vegetal⁷⁵.

De acuerdo con Garzón, entre los géneros descritos mayormente en el trópico, se encuentra *Glomus sp.*, seguido de *Acaulospora sp* que está asociado a suelos ácidos y *Gigaspora sp* en suelos de loma, *Scutellospora spinosissima* y *Archaeospora leptoticha* se han encontrado en suelos cercanos a Leticia⁷³.

Levaduras: Son hongos unicelulares de reproducción asexual por medio de brotes o de fisión binaria, a nivel del suelo se pueden encontrar en los primeros 30 cm de tierra. En términos taxonómicos son diversas y diferentes de las que se encuentran en la superficie porque poseen adaptaciones que les permiten sobrevivir en una amplia gama de condiciones ambientales.

Algunas levaduras aisladas del suelo son⁷⁴: *Apiotrichum dulciturum*, *Cyberlindnera saturnus*, *Lipomyces starkeyi*, *Schwanniomyces polymorphus* y *Vanrija humicola*. También se pueden encontrar especies pigmentadas como *Cystobasidium sp*, *Rhodotorula sp*, *Rhodospiridiobolus sp*, *Sporobolomyces sp* y *Vishniacozyma sp*, las cuales se han recuperado de la superficie de las plantas y de los suelos. Las especies de géneros como *Basidiomicetos cystofilobasidium* y *Apiotrichum sp*, así como los algunos no pigmentados entre los que están *Bannozyma sp*, *Colacogloea sp*, *Curvibasidium sp*, *Hamamotoa sp* y *Oberwinklerozyma sp* se ubican entre la capa superior del suelo. Las especies estrechamente relacionadas con el suelo se han alojado en los siguientes géneros: *Goffeauzyma sp*, *Heterocephalacria sp*, *Hannaella sp*,

Holtermanniella sp, *Naganishia sp*, *Papiliotrema sp*, *Piskurozyma*, *Saitozyma* y *Trichosporon sp* que es otro género de levadura reportado a nivel edáfico.

Arqueas: El dominio Archaea posee claras diferencias con las bacterias, entre estas se destaca la ausencia de peptidoglicano en la pared, la presencia de histonas y la adaptación a condiciones extremas clasificándose en metanogénicas, halófilas y termoacidófilas debido a la presencia de cadenas hidrocarbonadas ramificadas formadas por enlaces éter. Se encuentran en diferentes hábitats y son importantes en el reciclaje de nutrientes como N y P, de acuerdo con Odelade et al⁷⁶, participan en las reacciones de oxidación del amoníaco y en el ciclo del N se ha establecido que participan en la desnitrificación identificándose como productoras de nitrito el cual es oxidado a nitrato por otros microorganismos y luego es utilizado tanto por los consumidores microbianos como por las plantas.

También son importantes en la obtención del S el cual es otro nutriente requerido por las plantas en grandes cantidades, en el reciclaje de S las arqueas son intermediarias en el proceso ya que oxidan los compuestos y se liberan al medio ambiente para que los demás microorganismos puedan disponer de este nutriente⁷⁷.

Grupos funcionales y microorganismos específicos

Como se ha mencionado anteriormente, la diversidad que se esconde bajo la tierra es inmensa y por lo tanto cuenta con una gran cantidad de microorganismos que cumplen diferentes funciones, entre estos podemos encontrar:

Rizobacterias: Conocidas como Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR por sus siglas en inglés), son bacterias ubicadas en la rizósfera, donde ocurre la máxima actividad microbiana dando como resultado una reserva de nutrientes en la que se extraen macro y micronutrientes esenciales. El principal grupo taxonómico en la rizósfera son los Firmicutes, que incluye los miembros del género *Bacillus*, estos son capaces de beneficiar directamente a la planta huésped a través de la producción de enzimas que solubilizan el fósforo orgánico, sin embargo también se pueden encontrar otros géneros como *Pseudomonas sp*, *Bacillus sp*, *Enterobacter sp*, *Klebsiella sp*, *Azobacter sp*, *Variovorax* *Azosprillum sp* y *Serratia sp*⁶⁵.

Según Vega, actualmente se ha propuesto dividir los PGPR en dos categorías para diferenciar los mecanismos empleados para promover el crecimiento de las plantas: Biocontrol-PGPR son estrictamente aquellas bacterias que generan respuestas de defensa hacia los patógenos de las plantas, mientras que PGPR son bacterias que desempeñan otras funciones diferentes como producción de fitohormonas, adaptación a condiciones de estrés, generación de resistencia sistémica inducida y producción de exopolisacáridos así como biopelículas.⁷⁸

Fijadores de N: Estos organismos son indispensables para que las plantas puedan nutrirse y crecer adecuadamente, esto se debe a que el N atmosférico es difícil de asimilar por las plantas y por lo tanto requieren de un mediador, que en este caso es la microbiota edáfica que se relaciona de forma directa con el desarrollo del ciclo del N el cual cuenta con las siguientes etapas⁶⁶:

- *Amonificación: Mineralización* de N orgánico en amonio, esto es realizado por la microflora del suelo. En este proceso los microorganismos participantes son: *Bacillus subtilis*, *B. cereus*, *B. mesentericus*, *B. megaterium* y *Pseudomonas sp.* y bacterias anaerobias como *Clostridium putrificum*, *C. tetani* y *C. sporogenes*; hongos como ⁶⁸ *Trichoderma sp.*, *Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.*, *Mucor sp.*, *Cladosporium sp.*, *Rhizopus sp.*; actinomicetos como: *Micromonospora sp.* y *Streptomyces sp.*
- *Nitrificación:* Oxidación de amonio a nitrito y luego a nitrato. En esta fase se encuentran bacterias autótrofas como: *Nitrosomonas*, *Nitrococcus*, *Nitrospira* y *Nitrosoglea*.
- *Desnitrificación:* se realiza cuando en el suelo hay carencia de oxígeno y se sucede un proceso de reducción de las formas de NO₃ a nitrógeno gaseoso molecular. En este proceso encontramos bacterias como: *Clostridium denitrificans*, *Thiobacillus denitrificans*, *pseudomonas sp.*, *Xanthomonas sp.*, *Achromobacter sp.*, y *Bacterium sp.*

Con respecto a los microorganismos que se encargan de fijar el N, se pueden clasificar en tres categorías: fijadores de N asociativos, asimbióticos y simbióticos. En estos dos últimos

grupos se pueden encontrar géneros de vida libre como⁶⁷: *Achromobacter sp*, *Azotobacter sp*, *Aerobacter sp*, *Clostridium sp*, *Desulfavibrio sp*, *Bacillus sp*, *Klebsiella sp*, con relación a la fijación simbiótica el representante más común es el *Rhizobium sp*.

Solubilizadores de P: En el suelo existen diferentes fuentes de P que pueden ser categorizadas como P inorgánico, así como orgánico, entre estos se pueden encontrar fosfatos de calcio, fosfatos de hierro y fosfatos de aluminio, sin embargo, para que estos puedan ser asimilados por las plantas es indispensable la presencia de microorganismos con la capacidad de quelar Ca_2 Mg_2 Fe_2 mediante la producción de ácidos, con el fin de estabilizar los minerales de fosfato en el suelo y así lograr hacerlos solubles⁶⁹.

En particular participan en una serie de reacciones bioquímicas como la solubilización, la mineralización y la inmovilización del P. La primera reacción comienza cuando al morir las plantas y los animales a través de sus exudados liberan P insoluble, este es transformado por acción de las bacterias en fosfatos inorgánicos disueltos por medio de la hidrólisis de enlaces éster del fosfato orgánico, las cuales se dividen en monoéster fosfato hidrolasa (fosfatasa ácida y alcalina), di-éster fosfato hidrolasa, tri-éster fosfato hidrolasa^{79,80}.

Algunos microorganismos implicados en este proceso son las bacterias como⁷⁰: *Acinetobacter sp*, *Flavobacterium sp*, *Ralstonia sp*, *Aerobacter sp*, *Gordonia sp*, *Rhodobacter sp*, *Rhodococcus sp*, *Arthrobacter sp*, *Mesorhizobium sp*, *Sinorhizobium sp*, *Bradyrhizobium sp*, *Micrococcus sp*, *Streptomyces sp*, *Burkholderia sp*, *Mycobacterium sp*, *Streptosporangium sp*, *Chryseobacterium sp*, *Pantoea sp*, *Thiobacillus Delftia*, *Phyllobacterium sp*, *Yarrowia sp* y *Enterobacter sp*. Con relación a los hongos se han descrito como solubilizadores de fosfato algunos géneros como: *Aspergillus sp*, *Fusarium sp*, *Mucor sp*, *Paecilomyces sp*, *Penicillium sp*, *Rhizopus sp*, *Sclerotium sp*, *Syrialidium sp*, *Talaromyces sp* y *Trichocladium sp*.

Solubilizadores de K: Es un elemento necesario en la nutrición vegetal, no obstante, su disponibilidad edáfica naturalmente es escasa por lo que es importante que los suelos destinados a la agricultura tengan tanto un buen nivel de K, así como una buena cantidad de microorganismos solubilizadores que pongan a disposición de las plantas el K asimilable para que éste desempeñe sus funciones como la producción proteica, formación y desplazamiento de almidones y azúcares, desarrollo de raíces y tubérculos, transporte de metabolitos fotosintéticos hacia semillas y participación en la formación de antocianina⁷¹.

El K puede estar inmovilizado en elementos como ortoclasa, illita, biotita, feldespato y mica. La mayoría de los microorganismos relacionados con este proceso corresponden a bacterias como *Bacillus* sp, *Arthobacter* sp., *Clostridium* sp., *Frateuria aurentia*, *Acidithiobacillus ferrooxidans*, *B. mucilaginosus*, *Bacillus edaphicus*, *Enterobacter homaechei*, *Paenibacillus mucilaginosus*, *P. frequentans*, *Cladosporium*, *Aminobacter*, *Sphingomonas*, *Burkholderia*, y *Paenibacillus glucanolyticus*⁷². En cuanto a las especies de hongos filamentosos se han descrito géneros como *Aspergillus fumigatus*, *A. niger*, *A. terreus*, *Penicillium*, *Mucor* y la levadura *Torulaspota globosa* y algunos hongos ectomicorrízicos⁷³.

2.2 Contribución de los microorganismos a los servicios ecosistémicos

Como se ha mencionado anteriormente el suelo juega un papel importante en el equilibrio de los ciclos biogeoquímicos con la microbiota edáfica y la supervivencia tanto de la fauna como de la flora, de igual manera sirve como soporte de actividades humanas, producción de alimentos y depósito del patrimonio geológico. Estas funciones generales son catalogadas como servicios ecosistémicos y son posibles gracias a los diferentes organismos que interactúan en este ecosistema, sin embargo para que el suelo pueda desempeñar estas funciones es necesario destacar que la versatilidad del metabolismo de los microorganismos los hace indispensables para llevar a cabo una gran cantidad de reacciones biológicas que contribuyen de manera directa e indirecta en las dinámicas del ambiente a través de las siguientes labores^{81,82}:

Mitigación de gases de efecto invernadero: La producción y el consumo de gases de efecto invernadero, el óxido nitroso y el metano, están controlados en gran medida por microorganismos que durante mucho tiempo han sido asignados a grupos funcionales definidos⁸³

Degradación de contaminantes: Los microorganismos nativos del suelo tienen la capacidad de realizar procesos de biodegradación pasiva de manera natural⁸⁴.

Protección contra patógenos y condiciones que generan estrés: Los miembros del microbioma de la rizosfera también pueden modular el sistema inmunológico de la planta. La respuesta de resistencia sistémica inducida en las plantas por rizobacterias beneficiosas está en muchos casos regulada por las fitohormonas ácido jasmónico y etileno. En este punto, el QS también es importante ya que por medio de este algunos microorganismos estimulan la activación de genes asociados con la defensa a patógenos en las plantas. Con respecto al estrés abiótico generado por las condiciones del medio, las plantas son capaces de adaptarse y crecer en estas circunstancias gracias a la presencia de microorganismos halotolerantes, acidófilos, termófilos o psicrófilos que son capaces de producir promotores de crecimiento que favorecen a la planta⁸⁵.

Fertilidad del suelo: La productividad agrícola no depende únicamente de la calidad física y química del suelo o de la ausencia de patógenos de las plantas. La comunidad microbiana del suelo juega un papel fundamental en la productividad agrícola a través de su ciclo de nutrientes, haciéndolos disponibles para el crecimiento de las plantas. De hecho, la diversidad microbiana del suelo es fundamental para el mantenimiento de la productividad del suelo⁸⁶.

Comunicación microbiana: Estos sistemas de interacción microbiana confiere a las bacterias la capacidad de comunicarse y alterar el comportamiento en respuesta a la presencia de otras bacterias. La detección de quórum permite a una población de individuos coordinar el comportamiento global y, por lo tanto, actuar como una unidad multicelular.

Esto lo hacen por medio de la liberación de metabolitos primarios y secundarios los cuales generan una respuesta que no solo modifica su nicho sino que afectan a los demás organismos de manera positiva o negativa, todo esto permite a las bacterias del suelo y asociadas a las plantas puedan distinguir entre sus competidores microbianos y ajustar sus estrategias de supervivencia⁸⁷.

2.3 Agricultura

Desde el punto de vista histórico, se entiende por agricultura como la actividad realizada por el hombre para la producción y obtención de alimentos vegetales, esta actividad empezó hace

unos 10 o 15 mil años en diferentes partes del mundo y desde entonces es considerada la proveedora de necesidades básicas para la vida en el planeta, ya que no solo genera alimentos, sino también fibras, combustibles de biomasa vegetal y otros servicios como, captura de C, intervención en los ciclos del agua y de nutrientes, regulación de la temperatura, control de la erosión, entre otros^{88,89}.

Además, como proceso sociocultural la agricultura influye y es influenciada por aspectos sociales y políticos, tiene la capacidad de ejercer múltiples funciones para el desarrollo, puesto que ayuda al crecimiento económico, la sostenibilidad ambiental, la reducción de la pobreza y el hambre, lo cuál se ve reflejado en la equidad y seguridad alimentaria.^{89,90}

Actualmente existen diferentes tipos de agricultura *a) Silvestre:* que consiste en hacer un agujero en la tierra y depositar una semilla o plántula; *b) Tradicional:* relacionada con las características particulares de cada región; *c) Mecanizada:* relacionada con el uso excesivo de energía y maquinaria (tractores, camiones, avionetas, combinadas) *d) Hidropónica:* no se hace uso de la tierra, las raíces de las plantas se mantienen en un material inerte (sustrato específico) y son alimentadas con nutrientes mediante el agua de riego; *e) Ecológica, biológica y sostenible:* caracterizada por implementar técnicas de cultivo donde se promueve el uso y aprovechamiento de los recursos naturales, pero al mismo tiempo buscan su conservación⁸⁹.

Por otra parte, la relación del ser humano con la naturaleza no siempre ha sido igual, en ese sentido la agricultura se ha transformado de acuerdo con los paradigmas, conocimientos e intereses de los seres humanos en un marco en el que intervienen muchos actores: agricultores, instituciones, universidades, centros de investigación, empresas y políticos, entre otros⁹¹. Por lo tanto, el modelo de agricultura que prevalece afecta enormemente la estructura y el funcionamiento de los propios agroecosistemas, así como el ambiente natural en que están inmersos a nivel local, regional y mundial. Tal es el caso del modelo de agricultura moderno, que sin duda ha aumentado la productividad por unidad de superficie (rendimiento) de los principales cultivos y es, aparentemente, rentable. Pero también resulta cada vez más evidente que estos procesos se asocian a problemas ambientales y sociales de gran magnitud. Por ello, se deduce que se requiere un nuevo modelo de agricultura, que sea sustentable y compatible con la producción de alimentos y la conservación de los recursos^{89,91}.

2.3.1 Agricultura Urbana

La Agricultura Urbana (AU) y Periurbana existen en el mundo desde hace tiempo, puesto que, desde sus inicios, la ciudad ha estado estrechamente relacionada con la agricultura, en sus orígenes, los primeros asentamientos humanos sedentarios en el neolítico aparecen ligados al desarrollo de la técnica agrícola, por lo cuál no deben estudiarse de manera independiente; esa fue la primera gran revolución urbana de la historia⁹².

Así mismo, durante la revolución industrial las ciudades crecieron para albergar a los trabajadores inmigrantes que llegaban de las áreas rurales para trabajar en las nuevas fábricas. Paradójicamente para que la vida en los suburbios obreros sea tolerable es necesaria la posibilidad de cultivar alimentos para autoconsumo, a partir de este momento los huertos fueron recurrentes para la subsistencia en momentos de crisis⁹². Actualmente, la inserción de la naturaleza en las ciudades en forma de huertos recupera terrenos vacíos, ayuda en el ciclo del metabolismo urbano (agua, energía y materia) y contribuye a recuperar variedades locales, lo que aumenta la biodiversidad; por tanto, la AU no es ajena a la evolución de la ciudad⁹³.

Por otro lado, Según la ONU, en 2030 cerca del 61% de la población mundial vivirá en ciudades, por tanto, asegurar el suministro de alimentos apropiados a las zonas urbanas, y de esa manera proporcionar la información adecuada y capacitación a todos los interesados, constituye hoy en día un desafío de primer orden^{88,94}, esta evolución refleja la preocupación por un modo productivo más sostenible. La agricultura ecológica biológica y sostenible producida localmente o en circuitos cortos es una alternativa y, al mismo tiempo, una posibilidad de desarrollar nuevos hábitos de alimentación, sin que ello signifique pagar los altos precios de los productos orgánicos que se distribuyen en los mercados ciudadanos especializados, siendo una alternativa para la soberanía y la seguridad alimentaria.⁸⁸

Con relación a la dimensión humana y social, las huertas urbanas dan carácter e identidad a los espacios públicos que se transforman en recintos de participación, apropiación ciudadana, y educación ambiental, también impulsan procesos de capacitación hacia estrategias agrícolas de escala familiar^{88,93}, por esto es necesario crear modelos educativos que puedan lograr avances significativos en la comprensión de los agroecosistemas, donde se brinde capacitación en temas multidisciplinarios y se fomente la colaboración, para desarrollar una base de conocimiento común, vocabulario científico e investigación compartida^{94,95}.

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 Universo, población y muestra

3.1.1 *Universo:* Suelo de las huertas urbanas de Bogotá.

3.1.2 *Población:* Suelo de las huertas urbanas de la localidad de Kennedy en Bogotá.

3.1.3 *Muestra:* Se realizó 1 toma de muestra de suelo en 3 huertas urbanas ubicadas en la localidad de Kennedy, Bogotá; Huerta Fundación Monterrey Eco Hídrico (H1), Huerta Obafinsuka (H2) y la Huerta Tabatinga (H3) .

3.2 Hipótesis

Las prácticas agrícolas asociadas a las huertas urbanas en la localidad de Kennedy en Bogotá, inciden en la presencia de microorganismos en el suelo.

3.3 Criterios Inclusión en la elección de las huertas

Dentro de los criterios de inclusión se tuvieron en consideración la ubicación (huertas de la localidad de Kennedy), las variedades cultivadas, (tubérculos, hortalizas, leguminosas) y la disposición de la huerta en zona blanda, es decir en donde se puede realizar la siembra directa de plantas en el suelo por ejemplo patios, antejardines, entre otros; esta información se obtuvo a partir de una encuesta previa contestada por algunas personas relacionadas con la práctica de la agricultura urbana y las huertas en la Localidad de Kennedy, Bogotá. (ver anexo 1).

3.4 Criterios Exclusión en la elección de las huertas

No se tuvieron en cuenta aquellas huertas ubicadas dentro de casas, las que manejan un solo tipo de cultivo, que estuvieran por fuera de la localidad de Kennedy, y se descartaron aquellas que estuvieran establecidas en zona dura, es decir, en recipientes como botellas, macetas, tubos de pvc... etc.

3.5.1 Ubicación de la zona de muestreo

Descripción del área de estudio: La ciudad de Bogotá D.C cuenta con 20 localidades, Kennedy es la octava y está ubicada al suroccidente; cuenta con una superficie total de 3.859

hectáreas (ha). Cabe destacar que por la localidad fluyen los ríos Bogotá, Fucha y Tunjuelo, también se encuentran los humedales de Techo, El Burro y La Vaca⁹⁶. Con relación a las huertas urbanas, el Jardín Botánico de Bogotá (JBB) en 2021 tenía 205 registradas, de las cuales 22 se encuentran en Kennedy³. Se debe tener en cuenta que conforme pasa el tiempo aumenta el número de huertas en la ciudad, como se aprecia en la figura 1.

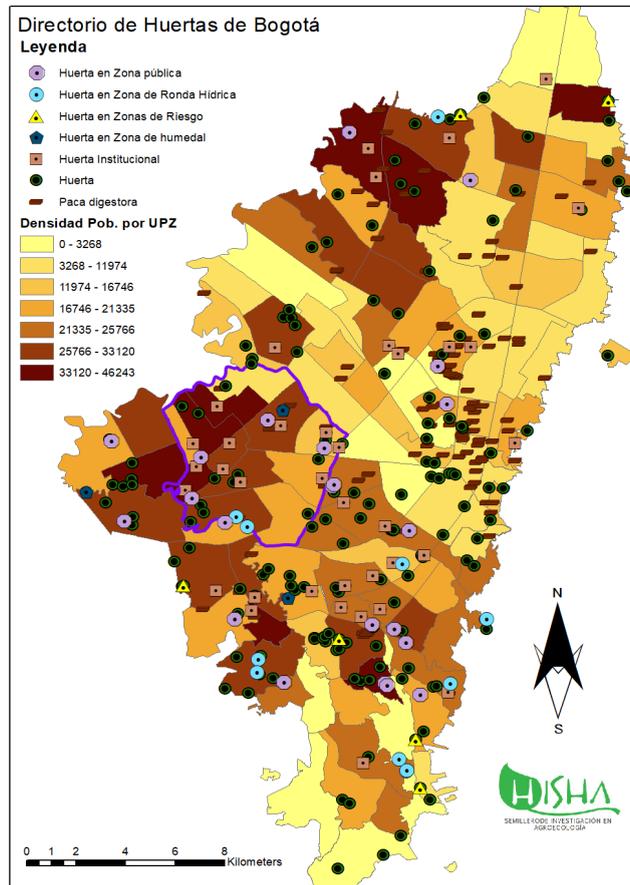


Figura 1. Directorio de huertas en Bogotá, Grupo de Investigación HISHA, Universidad Distrital, programa de Ingeniería Ambiental, consultado 2021.

Para el estudio se seleccionaron tres huertas teniendo en cuenta los criterios de inclusión y exclusión, anteriormente mencionados. Las huertas están ubicadas geográficamente cerca, la primera huerta Fundación Monterrey Eco Hídrico (H1) se encuentra ubicada en la UPZ Castilla, en una zona cerrada, cerca al humedal del burro, la segunda huerta Obafinsuka (H2) está cerca al río Bogotá en un espacio abierto con siembras de Eucaliptos cercana y donde refieren que era un botadero anteriormente y la tercera huerta Tabatinga (H3) se ubican en la UPZ calandaima en un espacio cerrado cerca al canal el tintal II. La ubicación de cada una de las huertas se observa en la figura 2.



Figura 2. Ubicación zona de muestreo, Tomado de google maps, 2021 modificado por las autoras.

3.5.2 Aislamiento de microorganismos del suelo de las huertas urbanas.

- **Toma de muestras de suelo:** se realizó una toma de muestra compuesta con una pala jardinera a una profundidad de 15 a 30 cm aproximadamente, seleccionando aleatoriamente en la extensión de la huerta, con el fin de completar aproximadamente 500 gramos de suelo, cabe resaltar que se realizó la toma en temporada seca. Las muestras se depositaron en bolsas ziploc y se identificaron con la ubicación, el nombre de la huerta, el área de recolección y la fecha de recolección, para luego ser transportadas al laboratorio de la Universidad Colegio Mayor De Cundinamarca a temperatura ambiente (fig 3a) para su respectivo análisis, el protocolo que se siguió para realizar este muestreo fue la guía de evaluación y monitoreo de suelos de la consultoría ICESI⁹⁹.
- **Pruebas fisicoquímicas:** se realizaron pruebas fisicoquímicas en las muestras de suelo como, la medición del pH (fig 3b) , la humedad relativa del suelo (fig 3c)¹⁰⁰, y se determinó la textura para cada una de las muestras por el método de bouyoucos (fig 3d)¹⁰¹.

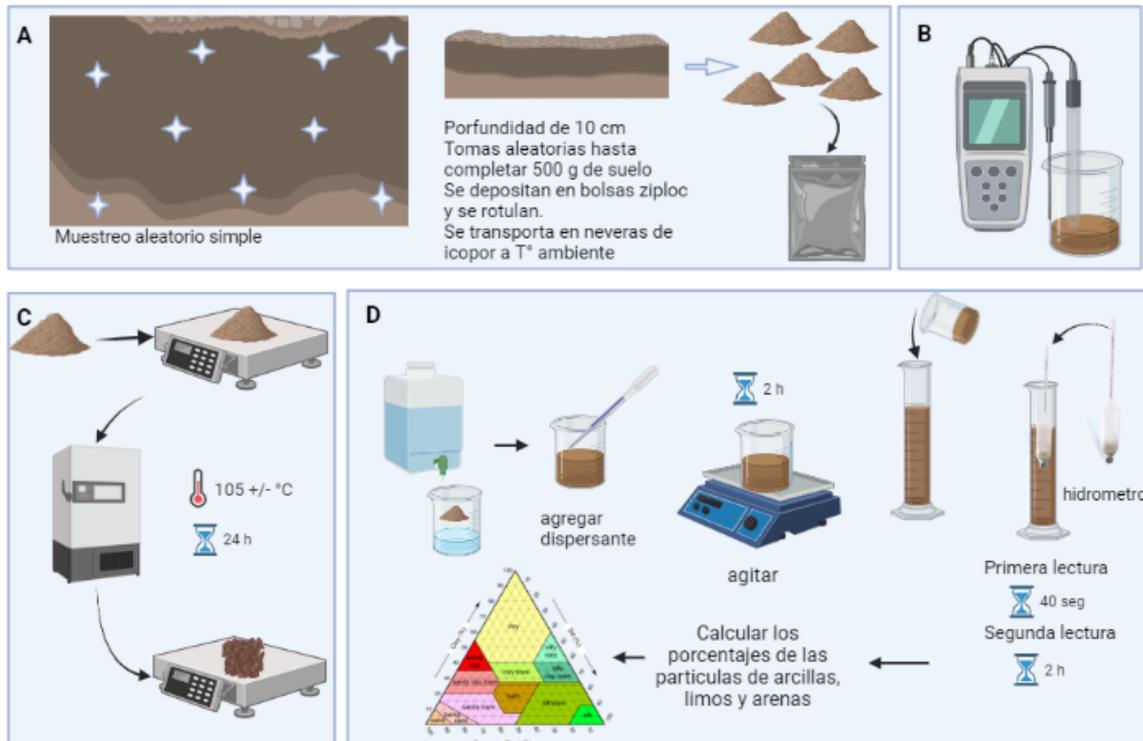


Figura 3. Aislamiento inicial y determinación de propiedades físico-químicas del suelo: A: Recolección de las muestras B: medición del pH de las muestras C: medición de la humedad relativa D: determinación de la textura del suelo por el método de Bouyoucos, esquema realizado por los autores con biorender, 2022

- ***Aislamiento y recuperación de microorganismos:*** se realizó a partir de una solución madre con 5 gramos de suelo y 45 ml de agua destilada, de esta solución se realizaron 7 diluciones en base 10, se homogeneizaron y se sembraron por triplicado, en medios de aislamiento primario como Agar PDA con antibiótico y Agar nutritivo las diluciones 5, 6 y 7 para obtener bacterias y hongos (fig 4a).

3.5.3 Establecer la funcionalidad de los microorganismos aislados en suelo

- ***Aislamiento selectivo y siembra en medios de cultivo específicos:*** se realizó la siembra de microorganismos obtenidos en el primer aislamiento en medios de cultivo selectivo para grupos funcionales como Agar Ashby y CZAPECK, para obtener bacterias no simbióticas fijadoras de nitrógeno, y bacterias y hongos capaces de usar el nitrato de sodio como única fuente de nitrógeno (fig 4c).
- ***Identificación morfología macroscópica y microscópica de los microorganismos aislados:*** para la identificación de hongos se observaron las características macroscópicas de las colonias y se realizaron tinciones de azul de lactofenol para

observar las características microscópicas, estos resultados se contrastaron con las claves de identificación taxonómica disponibles en el libro *Pictorial atlas of soil and seed fungi: morphologies of cultured fungi and key to species*¹⁰² para determinar los géneros encontrados. Por otra para la caracterización bacteriana se realizó la observación macroscópica de las colonias y tinción de gram para identificar microscópicamente la afinidad de la bacteria por el colorante, de acuerdo a la composición de la pared; la observación microscópica también permitió determinar la agrupación y morfología de las bacterias.(fig 4d)

Adicionalmente se realizaron pruebas de catalasa y oxidasa con el fin de tener una aproximación a las características metabólicas de los microorganismos, la prueba bioquímica oxidasa se realizó para determinar la presencia de enzimas oxidasas, esta se relaciona con el sistema citocromo oxidasa que activa la oxidación del citocromo el cual es reducido por el oxígeno molecular produciéndose agua o peróxido de hidrógeno. La catalasa se realizó para determinar la presencia de esta enzima que está presente en la mayoría de los organismos aerobios.

De acuerdo con González, este sistema citocromo oxidasa se encuentra en las bacterias aerobias y algunas anaerobias facultativas. La oxidasa positiva sugiere la presencia de bacterias nitrificantes, pues es la enzima encargada de realizar transformaciones en la nitrificación dentro del ciclo del nitrógeno¹⁰³.

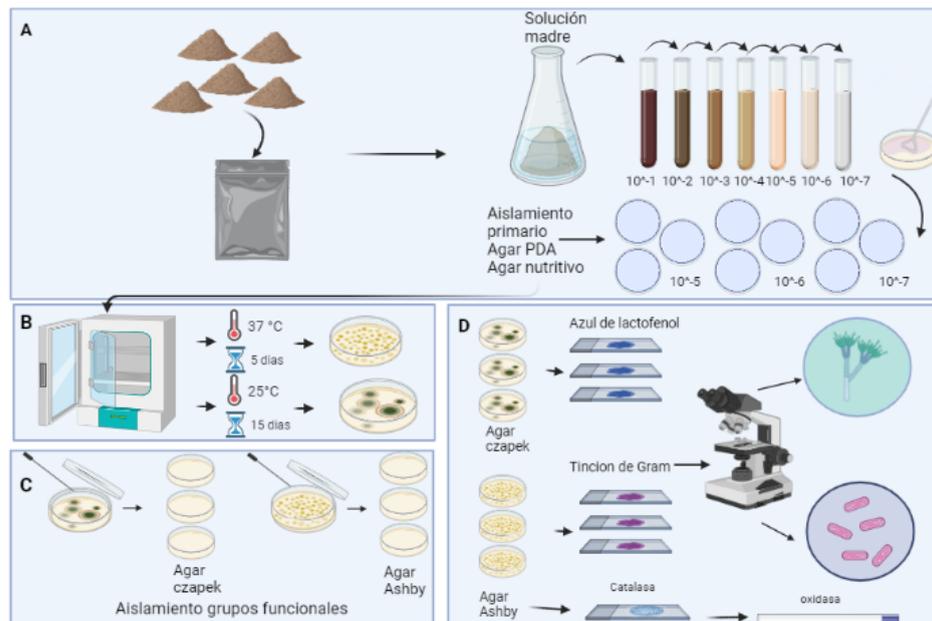


Figura 4. Aislamiento Microbiológico: **a)** Diluciones seriadas en base 10 y aislamiento primario en agares PDA y nutritivo; **b)** incubación de los aislamientos primarios; **c)** Aislamiento selectivo en agares czapek y ashby; **d)** Tinción de gram y azul de lactofenol para reconocer estructuras morfológicas, y prueba de catalasa y oxidasa para las bacterias aisladas. Imagen realizada por los autores con biorender, 2022

3.5.4 Estrategias para la integración entre los conocimientos técnico científicos y locales asociados a las huertas urbanas.

Se usaron metodologías participativas que incluyeron actores sociales clave vinculados de forma directa con las actividades realizadas en cada una de las huertas, este fue el punto de partida para generar una integración del conocimiento técnico científico con el conocimiento local entorno a la agricultura urbana en la localidad de Kennedy, además se tuvieron en cuenta los resultados de la encuesta aplicada para la selección de las huertas y sus características socio ecológicas (concepto integrador del “ser humano en la naturaleza”, y cómo se relaciona e interactúa con la misma), para finalmente explicarles de manera precisa en qué consistía la investigación y lo que se necesitaba para llevarla a cabo.

Para recolectar la información se realizaron visitas de campo a las huertas con el fin de hacer un reconocimiento del espacio, vinculando a las comunidades locales relacionadas con cada huerta en la investigación a través de la observación directa de las actividades entorno a la práctica de la agricultura urbana y el diálogo semiestructurado con actores sociales claves; como parte de la finalización del proyecto también se realizaron encuentros para la

socialización de resultados, uno para cada huerta debido a las condiciones particulares con las que cada una cuenta

4. RESULTADOS

4.1 Características de las huertas seleccionadas: a partir de las observaciones iniciales se diferenciaron las características socioecológicas de las huertas. **H1** cuenta con 46 m², se evidenció una tierra de color oscuro y húmeda, el uso de abonos orgánicos provenientes del compostaje y la siembra de cultivos variados entre los cuales se encuentra acelga, espinaca, lechuga, perejil, frijol, arveja, menta tomate de árbol, entre otros. **H2** cuenta con 55m², el suelo era seco, agrietado y heterogéneo, tenían cultivo de tabaco, maíz, quinua, papa, caléndula y pepino, el espacio se encontraba rodeado de árboles de eucalipto que dificultan la prosperidad de algunas plantas. Usan abono orgánico proveniente de pacas digestoras construidas en el lugar (de ocho meses de maduración); finalmente **H3** cuenta con 15m², se evidenció un suelo homogéneo de color oscuro y seco, el uso de abonos orgánicos provenientes de compostaje casero (en ocasiones desechos orgánicos licuados) el cual no se realizaba con tanta frecuencia como las anteriores huertas, con respecto a los cultivos, contiene siembra de pimentón, fresas, arvejas, tomillo, lavanda, entre otras aromáticas.

4.2 Características fisicoquímicas del suelo: en la TABLA 2 y 3 se encuentran los parámetros fisicoquímicos analizados (pH, humedad relativa y textura) para las huertas estudiadas. Con relación a la determinación de la textura, es importante mencionar que este procedimiento se realizó en el Centro de Biosistemas de la Universidad Jorge Tadeo Lozano. A continuación, se muestran con detalle los resultados obtenidos por huerta con la técnica de Bouyoucos.

TABLA 2. características fisicoquímicas de las muestras de suelo

Huertas	pH		Humedad relativa
H1	5.7	Ácido	16.27 %
H2	5.8	Ácido	47.05 %
H3	7.3	Alcalino	40.84 %

Elaboración propia, 2022

TABLA 3. Composición de la textura de los suelos de las tres huertas estudiadas.

Huertas	Arena	Limo	Arcilla	Clasificación
H1	49%	39,6 %	10,6 %	Franco
H2	44,4%	28,5 %	27,1 %	Franco
H3	56,6 %	26,6 %	16,8 %	Franco arenoso

Elaboración propia, 2022

4.3 Características microbiológicas del suelo: de acuerdo con los resultados obtenidos en los aislamientos, se encontró una gran diversidad de microorganismos en la H1 en comparación con las H2 y H3, esto está relacionado probablemente con la calidad y la textura del suelo, los diferentes abonos utilizados y el manejo individual que se le da a cada huerta por parte de la comunidad.

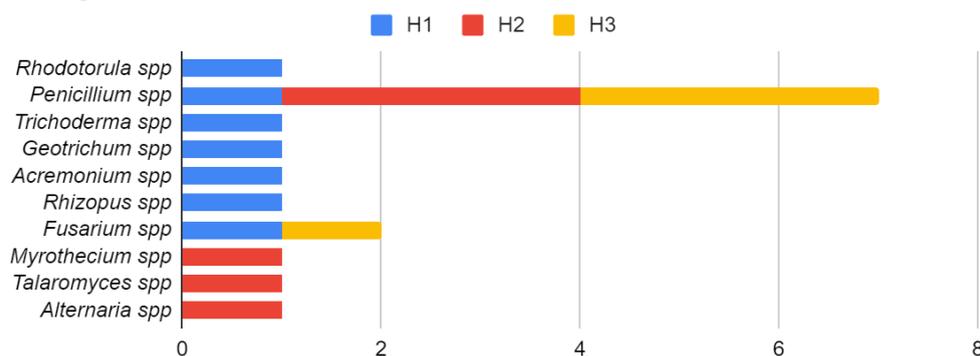
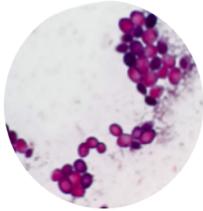
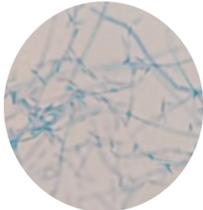
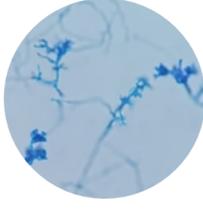
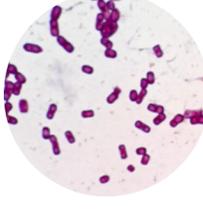
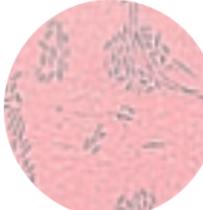


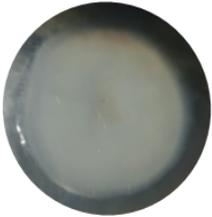
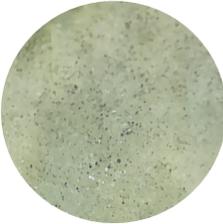
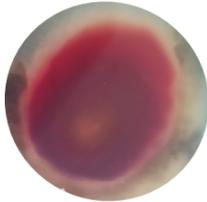
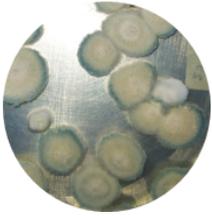
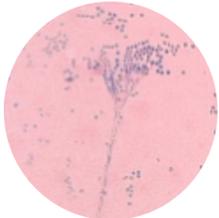
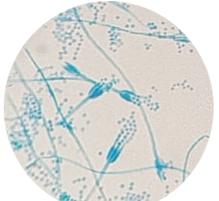
Figura 5. Gráfica Hongos presentes en las huertas. En esta gráfica se contrastan los resultados de los géneros de hongos presentes para H1, H2 y H3. *Elaboración propia 2022*

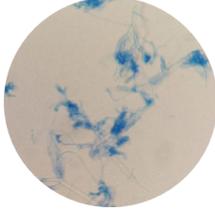
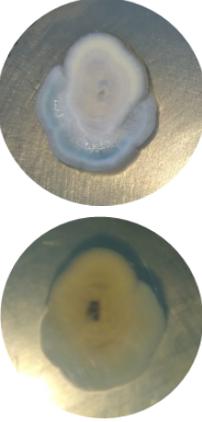
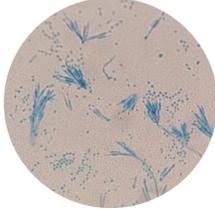
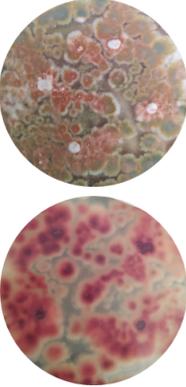
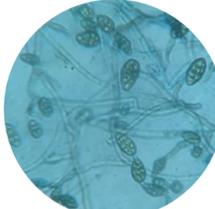
Con respecto a los aislamientos realizados, se obtuvieron 16 cepas de hongos filamentosos, y 2 levaduras, en la TABLA 3 se presentan las características macroscópicas y microscópicas de las cepas aisladas de las 3 huertas estudiadas, estas se encontrarán identificadas con H1, H2, H3.

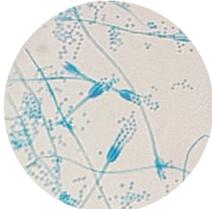
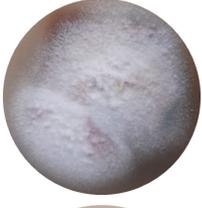
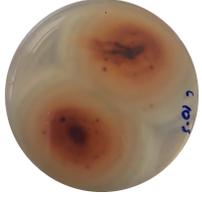
TABLA 4. Características morfológicas de cepas de hongos y algunas levaduras. *Elaboración propia 2022*

Características		Morfología colonia		Resultado
Macro	Micro	Textura	Pigmento	Microorganismos

				mo
Huerta 1				
		Mucoide, lisa	Rosa coral	<i>Coincide con características para Rhodotorula spp</i>
 		Aterciopelada	Anverso: blanco Reverso: crema	<i>Penicillium spp</i>
 		Polvosa con exudado, sectorizada	Anverso: halo verde oscuro y blanco. Reverso: crema	<i>Trichoderma spp</i>
		Cremosa, rugosa	Blanca	<i>Geotrichum spp</i>
		Aterciopelada	Anverso: blanca Reverso: crema	<i>Acremonium spp</i>

				
		Algodonosa	Anverso: blanca, hacia el extremo de las puntas es de color grisáceo. Reverso: blanco	<i>Rhizopus spp</i>
 		Lanosa	Anverso: blanco con centro rojo y amarillo Reverso: rojo	<i>Fusarium spp</i>
Huerta 2				
 		Sectorizada, granulosa	Anverso: blanco con borde azul Reverso: color crema	<i>Penicillium spp</i>
		Aterciopelada, polvosa, sectorizada	Anverso: blanc a y amarilla Reverso: Amarillo con borde blanco	<i>Penicillium spp</i>

				
		<p>Polvosa</p>	<p>Anverso: blanco Reverso: café anaranjado</p>	<p><i>Myrothecium spp</i></p>
		<p>Polvosa, con exudado hialino sectorizada</p>	<p>Anverso: blanco con halo verde Reverso de color crema y en el centro color negro.</p>	<p><i>Penicillium spp</i></p>
		<p>Polvosa</p>	<p>Anverso: verde azulada Reverso rojo, con halo amarillento</p>	<p><i>Talaromyces spp</i></p>
		<p>Suave, lanosa</p>	<p>Anverso: negro verdoso Reverso: negro con borde blanco</p>	<p><i>Alternaria spp</i></p>

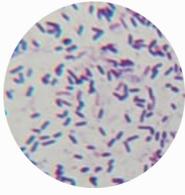
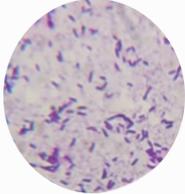
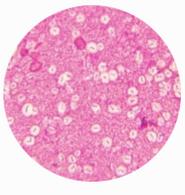
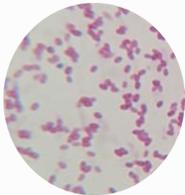
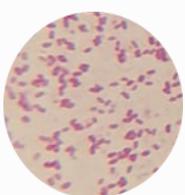
				
Huerta 3				
 		Polvosa	Anverso: blanquecino reverso: amarillo	<i>Penicillium spp</i>
 		Algodonosa, sectorizada	Anverso: salmón, con halo verde Reverso: amarillo crema	<i>Penicillium spp</i>
 		Algodonosa, sectorizada	Anverso: salmón, con lado verde azulado reverso: café, con centro oscuro	<i>Penicillium spp</i>

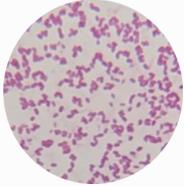
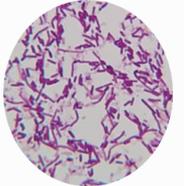
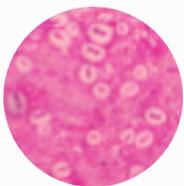
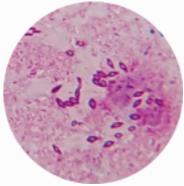
		Algodonosa	Anverso y reverso: blanco	<i>Fusarium sp</i>
---	---	------------	---------------------------	--------------------

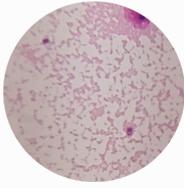
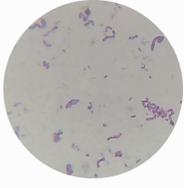
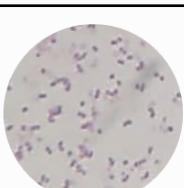
Se identificaron 22 cepas de bacterias con diferentes características macroscópicas y microscópicas como se observa en la TABLA 4, los medios de cultivo utilizados están abreviados como ASH (Ashby) y CZA (Czapek).

TABLA 5. Características morfológicas y bioquímicas de cepas bacterianas. Elaboración propia 2022

Descripción macroscópica					Descripción microscópica			Pruebas bioquímicas	
Medio	Tamaño y elevación	Forma	Textura	Pigmento	Imagen	Forma	Gram	O	C
Huerta 1									
ASH	Puntiforme, plana	Irregular	vítrea	blanco		Bacilos	-	-	-
ASH	Mediana, plana	Irregular	butirosa	incolora		Bacilos largos	+	-	-

ASH	Mediana, elevada	Irregular	vítrea	blanca		Bacilos cortos	+	-	-
ASH	Pequeña, plana	Filamentosa	vítrea	blanca		Bacilos cortos	+	+	-
CZA	Grande, plana	Irregular	cremosa	Blanca		Bacilos con cápsula	-	+	-
CZA	Grande, elevada	Irregular	mucosa	Amarillo		Bacilos	+	+	-
Huerta 2									
ASH	Pequeña, plana	Irregular	vítrea	Incolora		Coco bacilos	-	-	-
ASH	Puntiforme , convexa	circular	Vítrea	Incolora		Coco bacilos	-	-	-
ASH	Grande, plana	Filamentosa	cremosa	Blanco		Coco bacilos	-	+	-

ASH	Puntiforme, plana	Irregular	Vítrea	Amarillento		Cocobacilos	+	+	-
ASH	Mediana, plana	Filamentosa	cremosa	Beige		Bacilos largos	+	-	-
CZA	Grande, plana	Irregular	cremosa	Blanco		Bacilos	-	+	-
CZA	Mediana, acuminada	Irregular	Mucosa	Incolora		Bacilos encapsulados	-	+	-
CZA	Grande, elevada	Irregular	cremosa	Blanco		Bacilos cortos	+	-	-
CZA	Grande, plana	Irregular	cremosa	Blanco		Bacilos esporulados	+	+	-
Huerta 3									
ASH	plana, mediana	irregular	cremosa	beige		Bacilos	-	+	+

ASH	plana, mediana	irregular	cremosa	beige		Cocos	-	+	+	
ASH	plana, mediana	irregular	vítrea	beige		Bacilos esporul ados	+	-	-	
ASH	plana, mediana	irregular	cremosa	beige		Bacilos esporul ados	+	+	-	
CZA	Puntiforme , plana	circular	butirosa	beige		Cocos	-	-	-	
CZA	pequeña, convexa	circular	cremosa	Amarillo		Coco bacilos	+	+	-	
CZA	Grande, plana	rizoide	cremosa	Beige		Bacilos	+	-	+	
ASH: agar ashby CZA: agar czapek							O: oxidasa	C: catalasa		

4.4 Lineamientos para la Integración entre los conocimientos técnico científicos y culturales asociados a las huertas urbanas: Para construir un modelo que permita hacer transferencia de conocimientos es necesario tener en cuenta la descripción de las huertas (*ver descripción área de estudio*).

4.4.1 Observaciones directas y diálogos semiestructurados actores sociales clave: se realizaron varias visitas a cada una de las huertas para observar los procesos que se desarrollan en torno a la práctica de la agricultura urbana y analizar las diferencias. Un punto en común que tenían las tres huertas fue el interés por implementar prácticas agrícolas sostenibles, evitando el uso de agroquímicos para el manejo de los cultivos, esto llamó la atención en las primeras visitas porque si bien no conocían sobre la importancia de los microorganismos en el suelo, si desarrollan prácticas que estimulan su abundancia y diversidad.

Es importante mencionar que el desarrollo de este trabajo se dio en el marco de la pandemia, en donde el ejercicio de las huertas urbanas tuvo un impulso significativo y los espacios públicos con zonas verdes comenzaron a ser invadidos como acto de resiliencia ante la difícil situación que atravesaba el país. En el 2020 se gestionó el primer contacto con algunas de las huertas, pero como consecuencia de las constantes restricciones las visitas y los muestreos se complicaron generando que el proyecto se pausara durante varios meses, al momento en que las restricciones disminuyeron se retomó la parte experimental del proyecto.

En cada huerta se realizaron varias visitas, para la H1 se realizaron tres visitas en total, en la primera se indagó sobre el estado de la huerta y se identificaron los principales actores sociales clave, en este caso, dos adultos mayores son los encargados del mantenimiento de la huerta y de manejar la Fundación Monterrey Eco-hídrico, en donde además de procesos de agricultura urbana se dan talleres de educación ambiental y reciclaje, con el objetivo de integrar a la comunidad alrededor de la huerta para que así se apropien de este espacio. Es importante resaltar que esta huerta recientemente ha empezado a crear productos a partir de la huerta y así mismo a participar en mercados sostenibles, sumado a esto ha tenido apoyo de instituciones como el JBB, la secretaría de ambiente y colectivos dedicados al manejo de residuos.

En la segunda y tercera visita se realizaron los muestreos necesarios para la investigación, se observaron actividades diarias de la huerta como la limpieza de los alrededores, la siembra de algunas semillas, la cosecha de sus variedades cultivadas, el riego de los cultivos, entre otros, lo cual demostró que los encargados y la comunidad están realmente comprometidos con el proyecto, y la prosperidad de los cultivos. En la figura 6, se observan algunas fotografías de estas visitas.



Figura 6 a) *Huerta Eco Hídrico* b) *Muestreo H1. Fotografía tomada por las autoras, 2021*



Figura 7 *Huerta Eco Hídrico. Socialización de los resultados encontrados. Fotografía tomada por las autoras, 2022*

Para la H2 se realizaron 4 visitas, en la primera se identificó que los actores sociales clave son aproximadamente cinco jóvenes universitarios que se encargan de difundir y liderar las actividades que se realizan en este espacio (creación de pacas digestoras, aprendizaje y enseñanza sobre los procesos relacionados con agricultura, y desarrollo de actividades culturales como canto, malabares, danza, entre otros). A comparación de H1 esta huerta no tiene como objetivo principal ser productiva sino que busca crear un espacio educativo y resignificar el espacio en el que está ubicada la huerta, sin embargo no cuentan con un apoyo directo de las instituciones debido a que el predio en el que se encuentran será utilizado para construir una avenida.

En la segunda visita hubo una integración y fue posible la participar en varias actividades programadas (creación de pacas, siembra de árboles y semillas, avistamiento de la fauna, entre otros, figura 8a) en la tercera y cuarta visitas se tomaron las muestras (figura 8b). En cada visita se observó que a pesar de la ubicación en la que se encuentra la huerta (alejada de las residencias), la comunidad está dispuesta a continuar con sus cuidados como el riego, siembra de cultivos, mantenimiento de las pacas digestoras y el intercambio de conocimiento entre los diferentes actores involucrados.



Figura 8 a) Muestreo H2, b)Acercamiento cultural con H2 Obafinsuka. Fotografía tomada por las autoras, 2021



Figura 9 Socialización de los resultados y conversatorio con la huerta Obafinsuka, Fotografía tomada por las autoras, 2022

Para la H3, se realizaron dos visitas, la primera para conocer el estado de la huerta, su ubicación directa, interactuar con la comunidad del lugar y conocer un poco más sobre los actores sociales involucrados directamente, en este caso es una huerta de consumo propio manejada por una señora ama de casa que se había capacitado por medio de los diferentes

cursos ofrecidos por el JBB el cual le hace visitas seguidas para dar recomendaciones sobre el manejo de los cultivos y le provee semillas. En la segunda visita se dio lugar a la toma de muestras, en donde se participó en las actividades de mantenimiento (siembra, riego y limpieza de la huerta) y se observó el manejo que le daban al espacio, identificando quienes eran los principales beneficiarios de los productos cultivados en la huerta; cabe resaltar que es una huerta mucho más pequeña, manejada por pocas personas, por lo que las tareas del mantenimiento de la huerta se llevaba a cabo por una persona exclusivamente, no involucra tanto a la comunidad a su alrededor como en las dos huertas anteriores (Figura 10).

Es importante mencionar que todos los líderes de cada una de las huertas coinciden en que la creación de estos espacios se dio con el fin de dar un uso diferente al lugar y evitando actividades como el aumento de robos en la zona, la acumulación de basuras, el consumo de estupefacientes entre otros factores que afectaban a la comunidad, posterior a su creación se dieron cuenta de los beneficios que trae consigo este trabajo, como el aprovechamiento que se da a los residuos orgánicos y las buenas cosechas de sus cultivos.



Figura 10. Huerta Tabatinga. Fotografía tomada por las autoras, 2021.

4.4.2 Socialización de los resultados obtenidos: la socialización del trabajo realizado y los resultados obtenidos se dio de forma específica para cada una de las huertas como se indicó en la metodología, los resultados obtenidos fueron:

H1: se organizó una reunión en el salón comunal de Castilla en donde estaban las personas que lideran el proyecto y la comunidad que ha participado en este proceso junto con algunas personas del JBB, se eligió este espacio para poder dar información a la mayor cantidad de personas que también están liderando otros proyectos de huertas comunitarias. La explicación de los resultados se hizo por medio de una charla con apoyo de diapositivas para poder mostrarles las imágenes de los diferentes microorganismos encontrados.

Para los actores sociales de esta huerta la información recibida fue de interés para la comunidad, que si bien conocían la importancia de los microorganismos, ampliaron su conocimiento acerca de los diferentes tipos de vida que habitan el suelo, comprendiendo cómo estos ayudan a mejorar la fertilidad y por tanto la calidad de sus alimentos. En el transcurso de la socialización surgieron diversos interrogantes por parte de la comunidad que estuvo participando activamente, se fueron respondiendo en el transcurso de la exposición dando espacio para que también compartieran sus conocimientos debido a que había personas de otras huertas con las que no se había tenido contacto previo (Figura 11).



Figura 11. Socialización Huerta Eco Hídrico. Fotografía tomada por las autoras, 2021.

En la **H2** la socialización se hizo por medio de herramientas pedagógicas (Talleres, juegos, ilustraciones) para que la información fuera entendida, ya que había una amplia diversidad de personas involucradas en esta huerta, entre ellos niños, adultos mayores, estudiantes y . personas que van a diario a este espacio, además un factor importante que llevó a escoger otras estrategias para compartir el conocimiento, fue la ubicación, ya que se encuentra localizada en una zona retirada junto al canal del Tintal en donde no se tenía acceso a herramientas tecnológicas (Figura 12).



Figura 12. Socialización huerta Obafinsuka. Fotografía tomada por las autoras, 2022.

Finalmente, en la **H3** la socialización se realizó únicamente con cuatro personas que son las encargadas de gestionar las huertas del conjunto Tabatinga en Tierra Buena. El desarrollo de este ejercicio se hizo en una de las casas que se encontraba frente a la huerta, donde se presentaron los resultados por medio de diapositivas con imágenes de los resultados obtenidos, se conversó con las personas acerca de las dudas que tenían acerca de los resultados y las funciones que cumplían los microorganismos presentes.



Figura 13. Socialización huerta Tabatinga. Fotografía tomada por las autoras, 2022.

Para las huertas **H2** y **H3** la comunidad mencionó que la información brindada fue novedosa porque no conocían la función de los microorganismos en el suelo así como su impacto benéfico en la calidad del mismo y el desarrollo de las huertas, como consecuencia le dieron un sentido diferente a las prácticas de agricultura sostenible. Estos procesos de socialización ayudaron a que cada comunidad obtuviera una visión más amplia sobre el impacto positivo que genera la creación de estos espacios en las ciudades que han reducido sus áreas verdes, además eliminar el estigma de que los “todos” los microorganismos causan daño, cuando muchos de ellos como lograron observar son claves y benéficos para mantener un suelo sano.

4.4.3 Sugerencias de la integración de conocimientos técnico científicos y locales asociados a las huertas urbanas.

- Identificar las comunidades que están desarrollando procesos de agricultura urbana.
- Escuchar de forma activa, para aprender sobre sus necesidades y saberes.
- Mantener una participación activa y realizar acercamientos culturales (participar en actividades que realiza la comunidad).
- Manejar diversas herramientas para dar a conocer la información (charlas, actividades, juegos, etc)
- Tener en cuenta variables como el tiempo, financiación y actividades de participación.
- Enseñar de forma dinámica teniendo en cuenta el rango de edades, con la finalidad de que todos comprendan.
- Disfrutar del proyecto

5. DISCUSIÓN

A partir de los hallazgos encontrados en el transcurso de este trabajo se encontró una correspondencia entre las condiciones ambientales y las características propias de cada huerta tanto en los parámetros fisicoquímicos como en la caracterización microbiológica. En concordancia con la revisión bibliográfica se consideró que el proyecto realizado tiene características que pueden aportar a la continuidad de los estudios de las huertas urbanas, por lo tanto, la explicación del progreso de este trabajo y su relación con las investigaciones revisadas tomadas en cuenta se dará abordando las características fisicoquímicas como el pH, la textura, la humedad relativa, el tipo de cobertura vegetal y el manejo de cada huerta que son clave para entender los resultados obtenidos a nivel microbiológico.

Con relación a las características fisicoquímicas y los resultados de pH para la H1 y H2 indicaron que eran suelos ligeramente ácidos que según la literatura se podrían asociar con la presencia de Bacterias Ácido Lácticas (BAL), microorganismos que pueden crecer en pH dentro de rangos 4,5 a 6,4¹⁰⁴, presentando características morfológicas diversas como cocos y/o bacilos Gram positivos, no esporulados, oxidasa y catalasa negativos¹²³. Su presencia resulta beneficiosa, puesto que pueden tener efecto antagonico frente a diferentes agentes fitopatógenos debido a la disminución del pH y la producción de péptidos con actividad antimicrobiana como bacteriocinas clase I y nisina contra bacterias patógenas Gram positivas¹²⁴.

Mientras que la H3 está más cerca de valores neutros de pH en donde se pueden desarrollar gran variedad de microorganismos, los valores obtenidos no están alejados de los parámetros ideales para desarrollar cultivos agrícolas, que normalmente se encuentran en un rango de 6.0-6.5¹⁰⁵, además pueden relacionarse con una buena actividad microbiana debido a que los microorganismos no están inhibidos como sucedería en suelos muy ácidos (2.0-3.0) en donde solo se pueden aislar comunidades acidófilas, adaptadas a condiciones adversas⁴⁶. Es clave aclarar que el pH del suelo se puede ver afectado por múltiples factores como las prácticas de cultivo, el contenido hídrico, y el horizonte muestreado, así como también puede variar con los procesos metabólicos de los microorganismos para cada huerta.

Por otra parte, el análisis, respecto al tipo de textura indicó que para H1 y H2 el suelo se clasifica como franco mientras que para H3 es franco arenoso, esto evidencia que son suelos con buena penetración y retienen bien el agua y los nutrientes, además esta textura se relaciona con suelos que se trabajan con facilidad a pesar de la alta porosidad y rápida percolación¹⁰⁶.

Gebauer et al. y Berg exponen en sus investigaciones la influencia del tipo de textura y sus características fisicoquímicas propias con el comportamiento de la microbiota edáfica. Teniendo en cuenta esto, parámetros como el pH, la disponibilidad de nutrientes, la porosidad, el oxígeno, la humedad y el tamaño de las partículas del suelo afectan la abundancia y la distribución de los microorganismos, un ejemplo de esto es la formación de agregados que en el caso de suelos con mayor porcentaje de arcilla se da con facilidad la formación de microporos gracias a la excreción de compuestos que liberan los microorganismos para

favorecer la adhesión entre las partículas, mientras que en los suelos arenosos predomina la formación de macroporos¹⁰⁷.

La textura también se ve reflejada en las interacciones planta-microorganismo esto se debe a que la textura del suelo afecta la fisiología de las raíces y su estructura, en suelos que tienen tendencia a compactarse (aquellos que tienen una composición de partículas de diferentes tamaños) las raíces tienden a disminuir su elongación y a aumentar su grosor, limitando así la exploración radicular en el suelo y la interacción microbiana generada en la rizósfera debido a una disminución en el contacto de los microorganismos con los exudados liberados por las plantas^{108,109}.

Teniendo en cuenta lo anterior, es importante resaltar que hay diferencias entre H1 y H2, a pesar de que cuentan con el mismo tipo de textura los porcentajes de partículas limosas, arcillosas y arenosas varían, en el caso de la H2 hay mayor cantidad de partículas arcillosas así como de presencia de elementos gruesos, estos últimos, Flores et al.¹⁰⁶, los define como fragmentos de roca o mineral superiores a los 2 mm que caracterizan suelos con macroporos, es decir, que tienen mayor aireación y drenaje, sin embargo este suelo también puede tener microporos debido a que tiene mayor porcentaje de partículas arcillosas que favorecen la formación de microporos. Para la H1 hay mayor proporción de partículas arenosas, indicando que permite la circulación tanto de agua como de aire y que hay presencia de macroporos que contienen raíces vivas, en descomposición, conductos hechos por nemátodos, insectos y grietas de desecación, permitiendo así el desarrollo de la microbiota. Esto se evidencia en la comparación de la diversidad de microorganismos obtenidos en las tres muestras ya que H1 tuvo mayor cantidad de microorganismos aislados^{106,110}.

Estos resultados están estrechamente relacionados con el porcentaje de humedad relativa del suelo, que para este estudio reveló la capacidad de campo de los suelos de las huertas, encontrándose dentro del rango óptimo que va desde al 5-50% (ver TABLA 2). El suelo es capaz de almacenar una cantidad limitada de agua que puede transportar sustancias a través de los perfiles, no obstante, sólo una parte de esta agua es utilizada por las plantas, por ello es esencial conocer la relación entre el agua presente en una muestra. Además, el régimen de humedad condiciona las plantas que pueden crecer y la distribución en las raíces¹¹⁰. En ese sentido, los porcentajes de humedad relativa obtenidos para las huertas demuestran que la humedad del suelo en los tres casos posibilita el crecimiento de las variedades cultivadas por

la comunidad local. Esto es consistente con la investigación de Ramos et al.¹¹¹, donde se establece que a porcentajes de humedad bajos, la actividad microbiana es menor, por tanto es posible concluir que está influenciada por el potencial hídrico.

Un factor determinante en la composición de la comunidad de los microorganismos en el suelo es la vegetación, ya que diferentes especies de plantas proveen diferentes compuestos de carbono lo que genera diversidad en las comunidades microbianas, así también las plantas pueden modificar características físicas y químicas del suelo favoreciendo el desarrollo de determinadas especies de microorganismos¹¹².

Con relación a las bacterias aisladas, se encontraron menos Gram negativas en comparación con las Gram positivas, esto podría estar relacionado con la calidad y el manejo del suelo de las huertas urbanas en las que predomina una perspectiva sostenible de los cultivos por lo que se hace uso de enmiendas, plaguicidas orgánicos o caseros y que en este caso se ve reflejado en la H1 y H3, mientras que en la H2 hubo mayor presencia de bacterias Gram negativas, en este punto es importante tener en cuenta que esta huerta se encuentra en un terreno donde las condiciones ambientales son difíciles de controlar y el suelo está en proceso de recuperación ya que anteriormente era una escombrera.

Esto coincide con algunos estudios que mencionan que las bacterias Gram negativas suelen ser predominantes en suelos contaminados por su mayor capacidad de adaptación así como de resistencia, esto gracias a que poseen una membrana citoplasmática externa que les confiere mayor permeabilidad pero que a su vez las obliga a usar proteínas de transporte para que los nutrientes lleguen a la membrana celular, por lo cual prefieren fuentes de C simples mientras que las bacterias Gram positivas tienen preferencia por los sustratos de C complejos, como por ejemplo la hemicelulosa que es un polisacárido propio de los tejidos vegetales y que se encuentra con facilidad en suelos dedicados al cultivo^{113,114,115}.

Las bacterias Gram positivas que predominan en el suelo suelen ser actinomicetos, que se caracterizan por ser bacilos con presencia de esporas y colonias miceliales ramificadas que pueden resultar similares a hongos, es de resaltar que estos bacilos existen en varios hábitats en la naturaleza, están ampliamente distribuidos en el suelo y los abonos orgánicos como el compost, son sensibles a bajos pH y a las condiciones de humedad, están asociados con plantas no leguminosas y su función es fijar N, que posteriormente puede estar disponible

para el huésped y las plantas cercanas. Las interacciones que estos microorganismos tienen en el ecosistema los clasifican como bacterias promotoras de crecimiento vegetal PGPR, en este grupo se pueden destacar algunos actinomicetos como: *Arthrobacter sp*, *Nocardia sp*, *Streptomyces sp*. y bacterias como: *Azotobacter sp*, *Azospirillum pp*, *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas putida*^{116,117}.

En relación a los resultados obtenidos en los aislamientos de bacterias, el crecimiento en agar Ashby indica que la cepa es capaz de suplir su necesidad metabólica de Nitrógeno haciendo uso del Nitrógeno Atmosférico presente en la micro-atmósfera que encierra la caja de petri debido a que es un medio de cultivo libre de Nitrógeno el cual se emplea para el aislamiento de microorganismos con capacidad para Fijar el Nitrógeno Atmosférico, por el contrario, cepas con un crecimiento nulo indican que metabólicamente son incapaces de usar este Nitrógeno y por consiguiente son descartadas como posibles fijadoras de Nitrógeno¹¹⁸.

Por otra parte, el crecimiento obtenido en Czapek Dox Agar indica que es posible encontrar cepas bacterianas capaces de asimilar el nitrógeno inorgánico, el cual se encuentra disponible para las bacterias en la etapa de nitrificación del ciclo del nitrógeno en donde el amonio es oxidado a nitrito y luego a nitrato inorgánico para ser asimilado por los microorganismos. Esta asimilación en el medio se da debido a su composición, el cual usa nitrato de sodio como única fuente de nitrógeno y la sacarosa como única fuente de carbono, considerándose así un medio selectivo, para posibles microorganismos relacionados al ciclo del nitrógeno¹¹⁹.

Por otra parte, es importante resaltar que la presencia de estos microorganismos en el suelo está puede estar relacionada con prácticas agrícolas como el uso de enmiendas orgánicas como el compostaje, el vermicompostaje y el funcionamiento de pacas digestoras, prácticas que se han implementado en las huertas seleccionadas para este estudio. Teniendo presente lo anterior, es probable que el tipo de abono usado en las huertas tenga una influencia en las características biológicas y fisicoquímicas del suelo¹²⁰.

En ese sentido, el compostaje y las pacas digestoras suelen ser los métodos de abono más utilizados, estos incluyen procesos biológicos de descomposición anaerobia o aerobia que tiene como propósito transformar la materia orgánica para obtener un subproducto estable y maduro. Ambos mecanismos de digestión son claves en una estrategia de reciclaje de nutrientes ya que permiten la conservación de los macro y micronutrientes en el ecosistema,

cambiando solo su estado de oxidación para que estén disponibles a mediano y largo plazo (ciclos biogeoquímicos). Además, aumentan el contenido de materia orgánica que migra hacia los horizontes más profundos del suelo generando así una mejor estructura del suelo favoreciendo la formación de agregados, la retención de nutrientes, la reducción de la lixiviación o pérdida de éstos por la lluvia e incrementa la absorción de minerales reduciendo la contaminación del agua^{121,122}.

En relación a los resultados obtenidos en los aislamientos de hongos el género encontrado con mayor frecuencia en los medios de cultivo fue *Penicillium sp*, es de resaltar que en H1 se evidenció una mayor variedad de géneros comparada con las otras huertas (Ver figura 5) y es posible que esta diferencia se deba a las características socioecológicas de cada huerta, puesto que en H1, hay mayor diversidad de cultivos respecto a las otras huertas, lo cual se asocia de forma directa con la biodiversidad del suelo¹²⁵.

Penicillium sp fue aislado del suelo en las tres huertas, su presencia es importante ya que una de sus funciones es degradar lignina y celulosa y secretar enzimas extracelulares, se adapta a ambientes ácidos así como al estrés hídrico¹²⁶ y cumple funciones de solubilización de K, P y fijación de N^{67, 70, 125}. Otro género aislado en H1 y H3 fue *Fusarium sp*, de este género se sabe que puede ser patógeno para las plantas, causando enfermedades que se manifiestan como marchitamientos o podredumbre de la raíz, no obstante las plantas presentes en las huertas no evidenciaban estas afectaciones, los cultivos en general se encontraron en buenas condiciones, sin problemas fitosanitarios significativos¹²⁷. *Trichoderma sp* también fue aislado, a partir de la muestra de la H1, aunque no se obtuvo de manera significativa, es importante mencionarlo ya que cumple varias funciones en el suelo y está relacionado con múltiples aplicaciones biotecnológicas, de las cuales se destacan la capacidad de inhibir el crecimiento, la esporulación, la germinación de hongos patógenos, la promoción de crecimiento vegetal, la mejora en la toma y disponibilidad de nutrientes así como la disponibilidad e inducción de resistencia¹²⁸. Incluso, con respecto a la supresión de patógenos se ha evidenciado que posee un efecto antagónico contra algunas especies de *Fusarium sp* gracias a la actividad antifúngica de la enzima hidrolítica β -1,3-glucanasa, que actúa reduciendo totalmente la colonia del patógeno^{129,130}, esto podría estudiarse con más detalle en otras investigaciones.

Adicionalmente, se identificaron algunos hongos que ayudan a asimilar minerales complejos como el P, dentro de estos encuentran géneros como *Rhizopus sp* presente en H1 y

Talaromyces sp presente en las tres huertas como solubilizadores de fosfato^{70,72}. Este último, juega un papel importante como promotor de crecimiento y controlador biológico frente a enfermedades y ofrece a la planta mecanismos de protección al comportarse como un hongo endofítico colonizando brotes y raíces¹³¹. Sin embargo, también se aislaron algunos géneros que son patógenos para los cultivos como *Geotrichum sp*, asociado a problemas fitosanitarios como la "pudrición ácida"¹³². Este puede ser controlado por especies de hongos saprófitos como *Penicillium sp*, *Cladosporium sp* y *Rhizopus sp*, lo cuál coincide con los resultados de H1, ya que no se presentaron signos y/o síntomas de enfermedad en las plantas o frutos probablemente por la presencia de estos hongos en el suelo¹³².

En función de lo planteado, durante la realización de este trabajo se analizaron las condiciones físicas, químicas y microbiológicas de tres huertas, encontrando una correspondencia entre los resultados obtenidos, respecto a esto es importante resaltar que la microbiota edáfica es tan abundante y diversa que lo expuesto en este trabajo es solo una parte de aquellos microorganismos cultivables (principalmente bacterias), porque gran parte de estos solo pueden ser identificados por métodos moleculares para hacer una caracterización microbiológica completa, aunque esto implica desconocer los procesos fisiológicos que realizan *in vivo* y sus posibles aplicaciones. Sin embargo, estos resultados fueron útiles para comprender que el suelo es un ecosistema con una red de innumerables interacciones que dependen de las condiciones adecuadas para cumplir sus diversas funciones.

Estas condiciones fisicoquímicas descritas que guardan relación con los suelos se ven afectadas por procesos socioecológicos, situación que se ha vuelto evidente en ciudades como Bogotá, donde la calidad del suelo se ha ido deteriorando debido a diferentes procesos antrópicos, por esta razón, el conocimiento generado entorno a la temática de la agricultura urbana resulta gran importancia para comprender las dinámicas socioecológicas de los suelos y su relación con el bienestar humano, en ese sentido socializar el conocimiento técnico-científico con las personas directamente encargadas de gestionar espacios como las huertas urbanas es el primer paso para contribuir con el cuidado del suelo, además permite ampliar su visión promoviendo la comprensión de la importancia los cultivos urbanos para mitigar los daños colaterales que tiene el avance desmedido y no sostenible sobre el medio ambiente.

De acuerdo con esto, algunos autores señalan que *"Los sistemas tradicionales y locales de conocimiento, como expresiones dinámicas de la percepción y la comprensión del mundo, pueden aportar, y lo han hecho en el curso de la historia, una valiosa contribución a la ciencia y la tecnología, siendo necesario preservar, proteger, investigar y promover ese patrimonio cultural y ese saber"*¹³⁵ Esto enmarca la importancia de la interacción con los líderes y las personas que participan en el cuidado de las huertas, es esencial desarrollar investigaciones que permitan la integración de saberes con las comunidades, dando el reconocimiento y validez a sus sistemas de conocimiento con el objetivo de dar cohesión y utilidad a estos resultados, sin dejar que se queden delimitados a la investigación académica sino que se integren a un aprendizaje significativo ^{133,134,135}

La investigación disciplinar ha sido fundamental para entender desde los aspectos teóricos la función y relevancia de la calidad del suelo, sin embargo, las problemáticas socioecológicas que existen en la actualidad exigen salir del esquema tradicional de producción de ciencia que según Nadia et. al,¹³³ no le da un rol activo a la comunidad como una herramienta para aplicar y llevar a los resultados a la realidad, sino que la relega como un objeto de estudio para finalmente presentar una estadística o un resultado puntual que en el caso de los estudios socioecológicos es un problema porque no reconoce la diversidad de pensamiento, de culturas y de espacios que convergen simultáneamente mientras se desarrolla una investigación, entendiendo así el cambio climático como una problemática que únicamente pueden solucionar académicos e investigadores.

En este contexto surge la necesidad de llevar a la práctica el conocimiento teórico, técnico científico, para construir de la mano con el conocimiento local tradicional, y/o cultural, alternativas reales y ajustadas a las dinámicas socioecológicas propias de cada comunidad, hasta que no se de la integración de estos conocimientos no habrá una apropiación social de los mismos, esto implica que deben existir canales que fortalezcan la democratización al acceso y uso de herramientas tecnológicas, y que los fundamentos teóricos generados desde la investigación académica deben ser puestos al servicio de la comunidad en un lenguaje común que pueda ser entendido y puesto en práctica.¹³⁶

6. CONCLUSIONES

- Las propiedades fisicoquímicas del suelo de las huertas estudiadas evidenciaron las condiciones óptimas para el desarrollo de la microbiota y esto puede relacionarse con los procesos entorno al manejo de las huertas urbanas.
- De las 22 cepas bacterianas aisladas se encontró mayor número de microorganismos Gram positivos que Gram negativos.
- De los 16 hongos filamentosos aislados el género predominante fue *Penicillium sp*, otros géneros importantes debido a la función ecológica que realizan en el suelo fueron *Rhizopus sp* y *Talaromyces sp*, además se encontró *Trichoderma sp*, que actúa como antagonista y biocontrolador de fitopatógeno,, lo que posiblemente se relaciona con el control de *Fusarium sp*, también encontrado en esta investigación aunque no se relaciono con ningún signo o síntoma de enfermedad.
- La participación de la comunidad en la investigación, permitió conocer aspectos importantes entorno a la práctica de la agricultura urbana, se evidenció que aunque se desconocen los beneficios de los microorganismos en el suelo, algunos procesos realizados en las huertas contribuyen de forma directa con las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del suelo, teniendo un impacto positivo en la calidad edáfica y en los productos cultivados.
- Durante este proyecto fue posible incluir a las comunidades locales en la generación de conocimiento técnico científico favoreciendo la creación de estrategias de integración, transferencia y apropiación social de conocimientos, que permitieron llevar a la práctica alternativas que se han quedado en los fundamentos teóricos de las investigaciones académicas.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Lara A. Agricultura Urbana En Bogotá- Implicaciones En La Construcción De Una Ciudad Sustentable, [Internet]. 2008 [citado 12 oct 2020]. Disponible en:<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/7809/tesis125.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
2. DANE. Demografía y población. [Internet] 2021 [citado 6 may 2021] Disponible en:<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion>
3. Castiblanco, C. Huertas urbanas en Bogotá. [Internet] 2020 [citado 9 feb 2021]. Disponible en: <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/ambiente/directorio-de-huertas-urbanas-en-bogotá>

4. Salamanca L. Balance del programa de agricultura urbana liderado por el Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis, trabajo de grado realizado en la modalidad de pasantía presentado por: Néstor Leonardo Salamanca Córdoba. [Internet]. 2016 [citado 12 oct 2020] Disponible en: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/4921/SalamancaCordobaNestorLeonardo2016.pdf;jsessionid=0FC53A60E747B59C9B62484DA7E5697D?sequence=>
5. Jin-Ling Yang & Gan-Lin Zhang Formation, characteristics and eco-environmental implications of urban soils – A review, *Soil Science and Plant Nutrition* [Internet] 2015 [cited 10 mar 2022] 61:sup1, 30-46, Disponible en: [10.1080/00380768.2015.1035622](https://doi.org/10.1080/00380768.2015.1035622)
6. Moreno Sarmiento Nubia. La agricultura sostenible, un reto para la microbiología del suelo. *Rev. colomb. biotecnol* [Internet]. 2016 Ene [citado 03 Jul 2021] ; 18(1): 5-6. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-34752016000100001&lng=es. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v18n1.57828>.
7. Asela M, Suárez Tamayo S, Palacio D.. Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Rev Cubana Hig Epidemiol* [Internet]. 2014 Dic [citado 2022 May 28] ; 52(3): 372-387. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032014000300010&lng=es.
8. Carlos, I. A. El suelo como organismo vivo volver a: suelos y ganadería. [Internet] 2014. [citado 6 may 2021] Disponible en: www.produccion-animal.com.ar
9. Congreso de microbiología, México 2002 abr 10, Monterrey: Universidad Autónoma de Nuevo León. <https://www.redalyc.org/pdf/402/40250319.pdf>
10. Brochier V, Gourland P, Kallassy M, Poitrenaud M, Houot S. Occurrence of pathogens in soils and plants in a long-term field study regularly amended with different composts and manure. *Agriculture, Ecosystems & Environment* [Internet]. 2012 [cited 13 oct 2020];160:91-98. Available in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167880911001769>
11. ONU. (n.d.). ODS 1. Fin de la pobreza | Objetivos de Desarrollo Sostenible | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. [internet] 2020 [citado nov 18 2020]. Disponible en: <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/goals/es/>
12. FAO. ¡Está vivo! El suelo es mucho más de lo que piensas, *Historias de la FAO* [Internet] 2020 [citado 6 may 2021] Disponible en: <http://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1275321/>
13. Moreno-Reséndez, et al. Tópicos selectos de sustentabilidad, un reto permanente para el nuevo milenio. México. Clave Editorial. [Internet] 2019 [citado 10 mar 2022] (pp.125 - 164) Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/341358160_Capitulo_VI_Abonos_organicos_una_alternativa_sustentable_en_la_agricultura
14. Fernández E, Peña J. Riesgos microbianos en la producción de alimentos frescos en áreas urbanas y periurbanas de América Latina. 1st ed. México D.F: cinvestav. [internet] 2012 [citado 20 ene 2021] disponible en: https://www.researchgate.net/publication/233895830_riesgos_microbianos_en_la_produccion_de_alimentos_frescos_en_areas_urbanas_y_periurbanas_de_america_latina_editado_por

15. Rojas Y, Jordán M, Yegres F, Araujo J. Caracterización microbiológica del suelo, agua y aire en el humedal Quebrada de Guaraná, Paraguaná, estado Falcón. *Revista de la universidad de zulia* [Internet]. 2013 [citado 13 oct 2020]; 4(9): 11-33. Disponible en: <https://produccioncientificaluz.org/index.php/rluz/article/view/31081>
16. Barthel S, Isendahl C. Urban gardens, agriculture, and water management: Sources of resilience for long-term food security in cities. *Ecological Economics*, [Internet]. 2013 [cited 12 oct 2020]. Available in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921800912002431>
17. Gómez J. Agricultura urbana en América Latina y Colombia: perspectivas y elementos agronómicos diferenciadores. UNAD, [Internet]. 2014 [citado 12 oct 2020]. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/2749>
18. Kim BF, Poulsen MN, Margulies JD, Dix KL, Palmer AM, Nachman KE. Urban Community Gardeners' Knowledge and Perceptions of Soil Contaminant Risks. *PLOS ONE*, [Internet]. 2014 [cited 12 oct 2020]. Available in: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0087913>
19. Edmondson JL, Davies ZG, J. Gaston KJ, Leake JR. Urban cultivation in allotments maintains soil qualities adversely affected by conventional agriculture. *Journal of applied ecology*, [Internet]. 2014 [cited 12 oct 2020]. Available in: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1365-2664.12254>
20. Vurukonda, S. S. K. P., Vardharajula, S., Shrivastava, M., & SkZ, A. Enhancement of drought stress tolerance in crops by plant growth promoting rhizobacteria. In *Microbiological Research*. [Internet] 2016 [retrieved 12 oct 2020] (Vol. 184, pp. 13–24). Elsevier GmbH. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.micres.2015.12.003>
21. Abramo CW & Capobianco ER (n.d.). La agricultura urbana: un fenómeno global. *Revista Nueva Sociedad* [Internet]. 2016 [citado 12 oct 2020]; No 262, Disponible en: <https://biblat.unam.mx/hevila/Nuevasociedad/2016/no262/12.pdf>
22. Fernández JV. Agricultura urbana y su aporte contra el efecto invernadero en la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca. [Trabajo de grado Ingeniería Ambiental] Cuenca; Universidad Politécnica Salesiana. [Internet] 2016. [citado 12 oct 2020] Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12815/1/UPS-CT006694.pdf>
23. Diazgranados M. El rol de los jardines botánicos en la transformación de las ciudades del futuro: el caso del Jardín Botánico de Bogotá. *Revista Chagual* [Internet]. 2015 [citado 12 oct 2020]; 4–15. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/303719521_El_rol_de_los_jardines_botanicos_en_la_transformacion_de_las_ciudades_del_futuro_el_caso_del_Jardin_Botanico_de_Bogota
24. Rashid, M. I., Mujawar, L. H., Shahzad, T., Almeelbi, T., Ismail, I. M. I., & Oves, M. Bacteria and fungi can contribute to nutrients bioavailability and aggregate formation in degraded soils. In *Microbiological Research*. [Internet] 2016 [retrieved 12 oct 2020] (Vol. 183, pp. 26–41). Elsevier GmbH. Available in : <https://doi.org/10.1016/j.micres.2015.11.007>
25. Sánchez, Ó. J., Ospina, D. A., & Montoya, S. Compost supplementation with nutrients and microorganisms in composting process. [Internet] 2017 [retrieved 5 may 2021] In *Waste Management* (Vol. 69, pp. 136–153). Elsevier Ltd. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.08.012>

26. Fierer, N. Embracing the unknown: disentangling the complexities of the soil microbiome. *Nat Rev Microbiol* 15, 579–590 [Internet] 2017 [retrieved 5 may 2021] Available in <https://www.nature.com/articles/nrmicro.2017.87>
27. Casas Flores R. El Suelo De Cultivo Y Las Condiciones Climáticas - Casas Flores, Raquel - Google Libros [Internet]. Paraninfo S.A, Editor. España: Paraninfo; [Citado 18 de Ago 2021]. 11–23 Disponible en: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=h8_qVzIoJ00C&oi=fnd&pg=PA11&dq=el+suelo&ots=9ySNAkDGuj&sig=tSqvsOH33EflE-ICvzSryswAhpY#v=onepage&q=el+suelo&f=false
28. Rabot E, Wiesmeier M, Schlüter S, Vogel HJ. Soil structure as an indicator of soil functions: A review. *Geoderma* [Internet]. 2018 mar 15 [retrived aug 18 2021];314:122–37. Available in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016706117310273>
29. Bhatti, A. A., Haq, S., & Bhat, R. A.. Actinomycetes benefaction role in soil and plant health. *Microbial Pathogenesis* [Internet]. 2017 oct 11 [retrived Aug 18 2021], 111, 458–467. Available in: <https://doi.org/10.1016/J.MICPATH.2017.09.036>
30. Universidad Nacional de la Plata. ¿Qué es el suelo? [Internet]. [Citado 18 de ago 2021]. Disponible en: <https://unlp.edu.ar/frontend/media/98/27598/3f23fc987dbbeda82587753c9796000a.pdf>
31. Desconocido. Suelos [Internet]. Suelos. Mexico; 2017 [Citado 18 de ago 2021]. Disponible en: https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_12/pdf/Cap3_suelos.pdf
32. Sanzano A. La diferenciación del perfil del suelo. 1–6. [Internet]. 2019 [Citado 30 de ago 2021] Disponible en: <https://www.edafologia.org/app/download/7953469976/Genesis+-+Diferenciaci%C3%B3n+d+el+perfil+2019.pdf?t=1587690300>
33. Kolb, E., Legué, V., & Bogeat-Triboulot, M.-B. Physical Biology [Internet] 2017 [retrived Aug 30 2021] Physical root–soil interactions., 14(6), DOI:10.1088/1478-3975/aa90dd
34. Ramírez E. L., Limas M. E., Ortiz, P. R., Díaz, A. R. Degradación de suelos por actividades antrópicas en el norte de Tamaulipas, México. *Papeles de Geografía* [Internet] 2011 [retrived Aug 30 2021], núm. 53-54, 77–88. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/407/40721572006.pdf>
35. FAO and ITPS, Montanarella L, Badraoui M, Chude V, Dos Santos Baptista Costa I, Mamo T, et al. Status of the World's Soil Resources [Internet]. Rome, Italy; 2016 [retrieved 20 Aug 2021]. Available in: <http://www.fao.org/3/i5199e/i5199e.pdf>
36. FAO. Acidificación del suelo. 2016 [Citado 20 de Ago 2021]; Disponible en: <http://www.fao.org/3/i6467s/i6467s.pdf>
37. IDEAM. Salinización - IDEAM [Internet]. Degradación de suelos por salinización. 2017 [Citado 20 de Ago 2021]. Disponible en: <http://www.siac.gov.co/salinizacion>
38. Guida-Johnson A. Salinización del suelo en tierras secas irrigadas: perspectivas de restauración en Cuyo, Argentina *Ciencias Agrarias* [Internet]. 2017 [Citado 20 de Ago 2021];49:205–15. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=382852189019>

39. Torres J, Gutierrez JA, Beltran HA. Compaction, One of the most common causes of soil degradation. Rev la Fac ciencias agropecuarias la Univ cundinamarca [Internet]. 2017 [retrieved 20 Aug 2021];3(3). Available in: http://revistas.ucundinamarca.edu.co/index.php/Ciencias_agropecuarias/article/viewFile/225/131
40. Jiménez JU, Jiménez JU. Funciones de R para graficar, clasificar y explorar los datos de textura del suelo. UTP-Ridda2 [Internet]. 2019 Sep 20 [Citado 20 de Agosto 2021]; Disponible en: <https://ridda2.utp.ac.pa/handle/123456789/9429>
41. Vida Sana. Microorganismos del suelo y biofertilización. Vida Sana, 1/43. [Internet] 2012 [citado 10 mar 2022] Disponible en: http://cultivos-tradicionales.com/upload/file/dossier-5_microorganismos-del-suelo-y-biofertilizacion-2.pdf
42. Portal de Suelos de la FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Propiedades Físicas [Internet]. 2018 [Citado 20 de Ago 2021]. Disponible en: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>
43. Barman U, Choudhury RD. Soil texture classification using multi class support vector machine. Inf Process Agric [Internet]. 2020 Jun 1 [retrieved 20 Aug 2021];7(2):318–32. Available in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214317318301239#f0020>
44. Zambrano Zambrano AM. Análisis físico y químico de los suelos agrícolas del sur de Manabí y su relación con los cultivos [internet]. [jipijapa-Manabí- Ecuador]: Universidad Estatal del sur de Manabí; 2020 [citado 20 de ago 2021]. disponible en: http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2929/1/tesis_angelica_zambrano_revision_final_tribunal_26_de_marzo_2021.pdf
45. Lucas M, Schlüter S, Vogel HJ, Vetterlein D. Soil structure formation along an agricultural chronose sequence. Geoderma [Internet]. 2019 [retrieved 02 Sep 2021];350:61–72. Available in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016706118321438>
46. Recalde Vera AS. Caracterización De Las Propiedades Fisicoquímicas: Densidad Aparente, Densidad Real, Porosidad, Textura, Color, Ph, Conductividad Eléctrica Y Materia Orgánica De Los Suelos De La Reserva Biológica Limoncocha [Internet]. [Quito]: Universidad Internacional SEK; 2017 [Citado 02 de Sep 2021]. Disponible en: <http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/2268>
47. Ibáñez JJ. Microorganismos y la Estabilidad de los Agregados del Suelo [Internet]. Madrimasd.org. [citado 1 de Jun de 2022]. Disponible en: <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2016/03/14/146893>
48. Cárdenas Camargo, I. Propiedades físicas y químicas del suelo.[Internet]. Universidad Intercultural del Estado de México; 2020 [Citado 04 de Sep 2021]. Disponible en: <http://ri.utn.edu.mx/bitstream/handle/123456789/48/PROPIEDADES%20FISICAS,%20QUIMICAS%20Y%20BIOLOGICAS%20DEL%20SUELO.pdf.pdf?sequence=1>
49. Espinoza IDN, Zenteno MDC, Chavez JEC, Moreiral VN, Solarte KEA, Intriago FLM. Propiedades físicas del suelo en diferentes sistemas agrícolas en la provincia de Los Ríos, Ecuador. Temas Agrar [Internet]. 2018 Jun 28 [Citado 02 de Sep 2021];23(2):177–87. Disponible en: <https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/temasagrarios/article/view/1301/>

50. Portal de Suelos de la FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Propiedades Químicas [Internet]. Portal de Suelos de la FAO. 2018 [Citado 04 de Sep 2021]. Disponible en: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/sistemas-numericos/propiedades-quimicas/es/>
51. Pila Torres Ra. Determinación De Propiedades Físico Químicas Del Suelo En La Granja Chacras” Universidad Técnica De Machala, Provincia De El Oro [Internet]. [Machala]: Unidad Académica De Ciencias Agropecuarias; 2017 [Citado 04 de Sep 2021]. Disponible en: http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11701/1/DE00021_TRABAJODETITULACION.pdf
52. Huiza W, Quispe J. EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO DE LOS TIPOS DE PASTIZAL DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE CAMÉLIDOS SUDAMERICANOS - [Internet] Universidad Nacional De Huancavelica; 2017 [Citado 04 Sep 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/1171/TP-UNHZOOT.0131.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
53. Zambrano-Yepes J, Herrera-Valencia W, Motta-Delgado PA. Concentración de los macronutrientes del suelo en áreas de pastoreo del departamento de Caquetá, Amazonia colombiana. Cienc Tecnol Agropecu [Internet]. 2020 Jul 17 [Citado 04 de Sep 2021];21(3):1–12. Disponible en: <http://revista.corpoica.org.co/index.php/revista/article/view/1673>
54. Gama JAVCT de. Impactos del riego en las propiedades químicas de suelos mediterráneos. Un caso de estudio en el perímetro de riego del Caia (Portugal). 2021 [Citado 04 de Sep 2021]; Disponible en: <http://oatd.org/oatd/record?record=handle%5C%3A10662%5C%2F11947>
55. Saparrat M, Bernardo V, Ruscitti M, Eliades L, Balatti P. Hongos rizosféricos y el movimiento del fósforo en el suelo. In: Editorial de la UNLP, editor. Micorrizas arbusculares [Internet]. La plata: Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP); 2020 [Citado 04 de Sep 2021]. p. 52–6. Disponible en: <https://core.ac.uk/reader/328876980#page=52>
56. Bueno Buelvas R, Cristian Fernández Lizarazo J, Buelvas B, Lizarazo F, Cristian J. La capacidad de intercambio catiónico del suelo: una bóveda de nutrición clave en la producción de alimentos . Ámbito Investigativo [Internet]. 2019 [Citado 04 de Sep 2021];4(1). Dsiponible en: <https://ciencia.lasalle.edu.co/ai>
57. Micaela B, Clara B, Emilio B, Romina F, Nanci K, Liliana M, et al. Capacidad de intercambio catiónico. In: Kloster Nanci, EEA Anguil INTA, editors. Métodos de análisis e implementación de Calidad en el Laboratorio de Suelos [Internet]. La Pampa-San Luis: EDICIONES INTA; 2017 [Citado 04 de Sep 2021]. Disponible en: https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/854/CRLaPampa-San Luis_EEA_Anguil_Kloster_N_Métodosdeanálisisimplementacióndecalidadenellaboratoriodesuelos.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=57
58. Guevara Pescador JA. Fundamentos para el estudio, identificación y determinación metodológica de la capacidad de intercambio catiónico una propuesta para suelos asociados al cultivo de caña de azúcar (Saccharum officinarum L.) en el departamento del Valle del Cauca [Internet]. [Palmira, Colombia]: Universidad Nacional Abierta y a Distancia; 2017 [Citado 04 de sep 2021]. Disponible en:

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/18030/94544101.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

59. Foresto, E., & Bogino, P. Quorum sensing: Un lenguaje común entre bacterias y plantas con importancia en la producción agrícola. *Biologica*. [Internet] 2020 Vol 44, p.10-15 [citado 10 mar 2022] Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/346927521_Quorum_sensing_Un_lenguaje_comun_entre_bacterias_y_plantas_con_importancia_en_la_produccion_agricola
60. Vega, N. W. Materia orgánica biología del suelo y productividad agrícola: Segundo seminario regional comité regional eje cafetero. *Microorganismos del suelo y su efecto sobre la disponibilidad y absorción de nutrientes por las plantas. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelos & Centro Nacional de Investigaciones de Café*, [Internet] 2009 [citado 10 mar 2022] (pp. 43–71). Cenicafé. Disponible en: https://doi.org/10.38141/10791/0003_3
61. De Los Ángeles M, Contreras S, Flores T, Del Rosario T, Talavera A, Evangelista Martínez Z, et al. ¿Qué son los microbios? [Internet]. [citado 10 mar 2022] Disponible en: https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/images/revista/68_2/PDF/QueSonMicrobios.pdf
62. Manual de Microbiología Agrícola. Microbios del suelo 3.1. Suelo [Internet]. [citado 10 mar 2022]. Disponible en: <http://www.microbiota.com.ar/sites/default/files/magric13%203-4.pdf>
63. Bhatti, A. A., Haq, S., & Bhat, R. A. Actinomycetes benefaction role in soil and plant health. *Microbial Pathogenesis* [Internet] 2017. Vol. 111, pp. 458–467. [cited 18 mar 2022] Available in: <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2017.09.036>
64. Fernanda L, Gutiérrez M. Actividad Celulolítica de Actinomicetos aislados del Jardín Botánico de la Universidad Tecnológica de Pereira [citado 10 mar 2022]. Disponible en: <http://media.utp.edu.co/vicerrectoria-de-investigaciones/archivos/PONENCIA%20-%20SEMI LLERO%20DE%20SUELOS.pdf>
65. Dutta S, Na CS, Lee YH. Features of bacterial Microbiota in the wild habitat of *nPulsatilla tongkangensis*, the endangered “long-sepal Donggang pasque-flower plant,” endemic to Karst topography of Korea. *Front Microbiol.* 2021;12:656105. [retrieved 18 jun 2021] Available in: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2021.656105/full>
66. Liu, F., Hewezi, T., Lebeis, S.L. et al. Soil indigenous microbiome and plant genotypes cooperatively modify soybean rhizosphere microbiome assembly. *BMC Microbiol* 19, 201 (2019) [retrieved 18 jun 2021]. Available in: <https://doi.org/10.1186/s12866-019-1572-x>
67. Vejan P, Abdullah R, Khadiran T, Ismail S, Nasrulhaq Boyce A. Role of plant growth promoting rhizobacteria in agricultural sustainability-A review. *Molecules*.;21(5):573. [Internet] 2016 [retrieved 18 jun 2021] Available in: <https://doi.org/10.3390/molecules21050573>
68. Soumare, A., Diedhiou, A. G., Thuita, M., Hafidi, M., Ouhdouch, Y., Gopalakrishnan, S., & Kouisni, L. Exploiting Biological Nitrogen Fixation: A Route Towards a Sustainable Agriculture. *Plants (Basel, Switzerland)*, 9(8), 1011. [Internet] 2020 [retrieved 18 jun 2021] Available in: <https://doi.org/10.3390/plants9081011>
69. Paredes, M. C. Fijación biológica de nitrógeno en leguminosas y gramíneas [Internet] 2013 [citado 5 may 2021] Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina. Disponible en:

<http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/fijacion-biologica-nitrogeno-leguminosas.pdf>

70. Calderoli, A. Análisis de las poblaciones de microorganismos fijadores de nitrógeno del suelo aplicando procedimientos metagenómicos. [Internet] 2016 [citado 24 sep 2021]. Disponible en:
http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/52022/Documento_completo_.pdf?sequence=3&isAllowed=y
71. Beltrán M. La solubilización de fosfatos como estrategia microbiana para promover el crecimiento vegetal. *Corpoica cienc tecnol agropecu.* 15(1):101–13 [Internet] 2015 [citado 24 sep 2021] Disponible en: <http://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/article/view/401>
72. Moreno A., García V., Reyes J., Vásquez J., Cano P. Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: una alternativa de biofertilización para la agricultura sustentable. *Rev. colomb. biotecnol.* [Internet] 2018 [citado 23 sep 2021];20(1):68-83. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/73707>
73. Samaniego D. Determinación de la capacidad de solubilización de potasio por *Bacillus mucilaginosus*. Universidad Nacional Agraria la Molina [Internet]. 2018 [citado 24 sep 2021]. Disponible en:
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3451/samaniego-vivanco-tomas-daniel.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
74. Guevara M., Aislamiento e identificación de microorganismos solubilizadores de potasio a partir de muestras de suelo y raíces de cultivos de alcachofa de la localidad de La Remonta, Cantón Cayambe. Escuela Politécnica del Ejército [Internet] 2010 [citado 24 sep de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/930/1/T-ESPE-029607.pdf>
75. Haro, R., & Benito, B. . The Role of Soil Fungi in K⁺ Plant Nutrition. *International journal of molecular sciences*, 20(13), 3169. [Internet] 2019 [citado 24 sep 2021] Available in: <https://doi.org/10.3390/ijms20133169>
76. Yurkov A. Yeasts of the soil - obscure but precious. *Yeast*.;35(5):369–78 [Internet] 2018 [citado 24 sep 2021] Available in: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5969094/>
77. Garzón L. Importancia de las micorrizas arbusculares (ma) para un uso sostenible del suelo en la Amazonia Colombiana. [Internet] 2018 [citado 24 sep 2021] Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/290786756_importancia_de_las_micorrizas_arbusculares_ma_para_un_uso_sostenible_del_suelo_en_la_amazonia_colombiana
78. Vega, N. W. Materia orgánica biología del suelo y productividad agrícola: Segundo seminario regional comité regional eje cafetero. Microorganismos del suelo y su efecto sobre la disponibilidad y absorción de nutrientes por las plantas. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelos & Centro Nacional de Investigaciones de Café, [Internet] 2009 [citado 10 mar 2022] (pp. 43–71). Cenicafé. Disponible en: https://doi.org/10.38141/10791/0003_3
79. Constanza L, Ramírez C, Yurieth Z, Galvez2 A, Estefanía V, Burbano2 M. Solubilización de fosfatos: una función microbiana importante en el desarrollo vegetal [Internet]. *Org.co.* [citado 4 jun 2022]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v12n21/v12n21a06.pdf>
80. Bargaz, A., et al. Benefits of phosphate solubilizing bacteria on belowground crop performance for improved crop acquisition of phosphorus. *Microbiological Research*

[Internet] 2021. Vol. 252, p. 126842 [retrieved 18 mar 2022] Urban & Fischer. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.micres.2021.126842>

81. Odelade KA, Babalola O. Bacteria, fungi and Archaea domains in rhizospheric soil and their effects in enhancing agricultural productivity. *Int J Environ Res Public Health*. 16(20):3873. [Internet] 2019 [citado 24 sep 2021] Available in: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6843647/#B120-ijerph-16-03873>
82. Biodiversidad y Ambiente [Internet]. Elbibliote.com. [citado 24 sep 2021]. Disponible en: http://elbibliote.com/libro-pedia/manual_csnaturales/5grado/capitulo7/pdf/5.7.4.pdf
83. Stein LY. The long-term relationship between microbial metabolism and greenhouse gases. *Trends Microbiol* [Internet]. 2020 [citado el 4 de junio de 2022];28(6):500–11. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32396828/>
84. Ossowicki A, Raaijmakers JM, Garbeva P. Disentangling soil microbiome functions by perturbation. *Environmental Microbiology Reports*. 2021 Jul 28;13(5):582–90 [citado 24 sep 2021] Available in: <https://doi.org/10.3390/ijms20133169>
85. Mendes R, Garbeva P, Raaijmakers JM. The rhizosphere microbiome: significance of plant beneficial, plant pathogenic, and human pathogenic microorganisms. *FEMS Microbiol Rev* [Internet]. 2013;37(5):634–63. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1111/1574-6976.12028>
86. Starke R, Jehmlich N, Bastida F. Using proteins to study how microbes contribute to soil ecosystem services: The current state and future perspectives of soil metaproteomics. *J Proteomics* [Internet]. 2019 [citado el 4 de junio de 2022];198:50–8. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30445181/>
87. De Menezes AB, Richardson AE, Thrall PH. Linking fungal–bacterial co-occurrences to soil ecosystem function. *Curr Opin Microbiol* [Internet]. 2017 [citado el 4 de junio de 2022];37:135–41. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28692866/>
88. Velmourougane K, Prasanna R, Saxena AK. Agriculturally important microbial biofilms: Present status and future prospects. *J Basic Microbiol.*;57(7):548–73. [Internet] 2017 [retrieved 24 sep 2021] Available in: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jobm.201700046>
89. Orjuela H. El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. [Internet] 2016 [citado 24 sep 2021] Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/be46ea862fb7b1594e7211487c25ea18e488aff0>
90. Asociación Ecología, Tecnología y Cultura en los Andes. Agricultura urbana en América Latina. *Revista LEISA* [Internet]. 2019 [citado 25 ago 2021]; No 3, Disponible en: <https://www.leisa-al.org/web/images/stories/revistapdf/vol35n3.pdf>
91. Sarandón SJ. El papel de la agricultura en la transformación social-Ecológica de América Latina. [Internet]. 2020 [citado 25 ago 2021]. Disponible en: <sostenible%5B1%5D.pdf>, <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/mexiko/16550.pdf>
92. FAO. El estado mundial de la agricultura y la alimentación. [Internet]. 2019 [citado 25 ago 2021]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/ca6030es/ca6030es.pdf>

93. Harris DR; Fuller DQ. Agriculture: Definition and Overview. [Internet]. 2014 [retrieved 25 ago 2021]. Available in: https://www.researchgate.net/publication/301345493_Agriculture_Definition_and_Overview
94. Morán AN; Hernandez A. Historia de los huertos urbanos. De los huertos para pobres a los programas de agricultura urbana ecológica. [Internet] [citado 25 ago 2021]. Disponible en: http://oa.upm.es/12201/1/INVE_MEM_2011_96634.pdf
95. Zaar MH. Agricultura Urbana: algunas reflexiones sobre su origen e importancia actual. Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales. [Internet] 2011 [citado 25 ago 2021]; No 944, Disponible en: <http://www.ub.edu/geocrit/b3w-944.htm>
96. Hernández, Loracnis, La agricultura urbana y caracterización de sus sistemas productivos y sociales, como vía para la seguridad alimentaria en nuestras ciudades. Cultivos Tropicales [Internet]. 2006; 27 (2): 13-25. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193215872002>
97. Duckworth OW; Andrews MY; Cubeta MA; Grunden AM; Ojiambo PS. Revisiting Graduate Student Training to Address Agricultural and Environmental Societal Challenges [Internet]. 2019 [retrieved 25 ago 2021]. Available in: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2134/ael2017.06.0019>
98. Localidad Kennedy, Consejo Local de gestión del Riesgo y Cambio Climático Caracterización General de Escenarios de Riesgo. [Internet]. 2018 [citado 25 ago 2021]. Disponible en: <https://www.idiger.gov.co/documents/220605/314085/Identificaci%C3%B3n+y+priorizaci%C3%B3n.pdf/24386a78-ea2b-4abe-9516-9b9c37955fc4>
99. Consultoría ICESI y Grupo de trabajo Producción Sostenible. Guia evaluación y monitoreo de los suelos. Corporacion Autonoma Regional del Valle del Cauca [Internet] 2015 [citado 5 may 2021] disponible en: https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/Sistema_Gestion_de_Calidad/Procesos%20y%20procedimientos%20Vigente/0130_Caracterizacion%20y%20Balance%20de%20los%20Recursos%20Naturales%20y%20sus%20Actores%20Sociales%20Relevantes/Guias/GU.0130.09%20Evaluacion%20y%20monitoreo%20de%20suelo.pdf
100. Giraldo, C., & Osorio, J. R. Manual de prácticas de campo y del laboratorio de suelos, Centro Agropecuario La granja [Internet] 2013 [citado 30 nov 2021] disponible en: https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/2785/1/practicas_campo_laboratorio_suelos.pdf
101. Conú, L. J., & Jimenez, A. Determinación de Textura por el método de bouyoucos [Internet] 2014 [citado 30 nov 2021] disponible en: https://www.academia.edu/9677695/determinación_de_textura_por_el_metodo_de_bouyoucos
102. Watanabe, T. Pictorial atlas of soil and seed fungi: morphologies of cultured fungi and key to species, morphologies of cultured fungi and key to species. Third edition, 1994.
103. Gonzales M. adaptación de microorganismos fijadores de nitrógeno de vida libre a diferentes concentraciones de sales de amonio universidad del valle sede meléndez facultad de ingeniería escuela de los recursos naturales y del medio ambiente programa academico de ingeniería sanitaria y ambiental [Internet]. 2019. Available from: <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/17824/CB0600164.pdf?sequence=1>.

104. científico a, ossa j, vanegas m, badillo á. Evaluación de la melaza de caña como sustrato para el crecimiento de *Lactobacillus plantarum* [internet]. available from: <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v13n1/v13n1a11.pdf>
105. El pH y sus efectos en el suelo de nuestros cultivos. [Internet]. Artículos de agricultura orgánica | Blog. 2021 [cited 2022 Jun 4]. Available from: <https://mycsainc.com/newsletter/blog/2021/03/03/el-ph-y-sus-efectos-en-el-suelo-de-nuestros-cultivos/>
106. Casas Flores, R. El suelo de cultivo y las condiciones climáticas - Casas Flores, Raquel - Google Libros. [Internet] 2011 [citado 1 dic 2021] Disponible en: https://books.google.com.co/books?id=h8_qVzIoJ00C&printsec=frontcover&dq=textura+del+suelo&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=arena&f=false
107. Liu J, Wang X, Fang W, Yan D, Han D, Huang B, et al. Soil properties, presence of microorganisms, application dose, soil moisture and temperature influence the degradation rate of Allyl isothiocyanate in soil. *Chemosphere*. 2020 Apr;244:125540.
108. Argentina De Microbiología A, Behrends Kraemer A, Chagas F, Cosentino C, Paz D, Moreton M. [cited 2022 Jun 4]. Available from: <https://www.redalyc.org/pdf/2130/213019228004.pdf>
109. Gebauer L, Bouffaud M-L, Ganther M, Yim B, Vetterlein D, Smalla K, et al. Soil texture, sampling depth and root hairs shape the structure of ACC deaminase bacterial community composition in maize rhizosphere. *Front Microbiol* [Internet]. 2021 [citado el 4 de junio de 2022];12:616828. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3389/fmicb.2021.616828>
110. Cátedra de fisiología vegetal facultad de agronomía, UBA. Las plantas y el agua. [Internet] 2011 [citado 1 dic 2021] Disponible en: <https://www.agro.uba.ar/users/batista/ee/papers/agua.pdf>
111. Ramos Vásquez, E., & Dávila, D. Z. (2008). Efecto de la humedad, temperatura y ph del suelo en la actividad microbiana a nivel de laboratorio. *Ecología Aplicada* [Internet] 2017 7(1). [citado 1 dic 2021] Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v7n1-2/a15v7n1-2.pdf>
112. Avila F., Cruz A. Efecto de coberturas vegetales y época climática sobre la densidad de microorganismos totales y heterótrofos en suelos de la eco-región cafetera colombiana [internet]. [cited 2022 jun 4]. available from: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8865/tesis107.pdf?sequence=1m>
113. Sekhohola-Dlamini, L., Dlamini, P., Selvarajan, R., Ogola, H. J. O., & Tekere, M. . Influences of geochemical factors and substrate availability on Gram-positive and Gram-negative bacterial distribution and bio-processes in ageing municipal landfills. *International Microbiology*, [Internet] 2021 [citado 24 ene 2022] 24(3), Available in: 311–324. <https://doi.org/10.1007/s10123-021-00167-z>
114. Liu, Y. et al. Glyphosate application increased catabolic activity of gram-negative bacteria but impaired soil fungal community. *Environmental Science and Pollution Research International*, [Internet] 2018 [retrieved 24 ene 2022] 25(15), 14762–14772. Available in: <https://doi.org/10.1007/S11356-018-1676-0>

115. Vazquez-Luna, et al. Impacto del petróleo crudo en suelo sobre la microbiota de vida libre fijadora de nitrógeno. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* [Internet] 2011 [citado 24 ene 2022] 13(3), 511–523. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/939/93920942029.pdf>
116. Franco-Correa M. Utilización de los actinomicetos en procesos de biofertilización. *Rev peru biol* [Internet]. 31 de diciembre de 2009 [citado 28 de ene de 2022];16(2):239-42. Disponible en: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpb/article/view/213>
117. Bhatti AA, Haq S, Bhat RA. Actinomycetes benefaction role in soil and plant health. *Microbial Pathogenesis* [Internet] 2017 [retrieved 24 ene 2022];111:458–467. Available in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0882401017305880?via%3Dihub>
118. AISLAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE ACTINOMICETOS FIJADORES DE NITRÓGENO EN SUELO DEL JARDÍN [Internet]. Edu.co. [citado el 4 de junio de 2022]. Disponible en: <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/0f63610e-b019-4b8c-abfa-7d3233b331f4/content>
119. Dox Agar C. Czapek Dox Agar Medium for cultivating fungi and bacteria from clinical specimens and environmental samples. *ENGLISH* [Internet]. Liofilchem.net. [citado el 4 de junio de 2022]. Disponible en: http://www.liofilchem.net/login/pd/ifu/10017_IFU.pdf
120. Distrital Hábitat S de, Mayor de Bogotá, Guía técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de metodologías de compostaje y lombricultura. [Internet] 2014 [citado 28 de ene de 2022] Disponible en: https://www.uaesp.gov.co/images/Guia-UAESP_SR.pdf
121. Ricardo J, Delgado M. Contribuciones del compost al mejoramiento de la fertilidad del suelo. [Internet] 2006 [citado 28 de ene 2022]; Disponible en: http://vip.ucaldas.edu.co/lunazul/downloads/Lunazul9_10_9.pdf
122. Ossa-Carrasquilla LC, Correa-Ochoa MA, Múnera-Porras LM. La paca biodigestora como estrategia de tratamiento de residuos orgánicos: una revisión bibliográfica. *Producción + Limpia* [Internet] 2020 [citado 28 ene 2022];15(2):71–91. Available from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552020000200071&lng=en&nrm=iso&tlng=es
123. Villajos Cano, S. Puesta a punto de un método de aislamiento de los *Rhizobium* simbiontes radiculares en una leguminosa de la Flora Valenciana. [Internet] 2017 [citado 28 ene 2022] Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/89037/ORTIZ-VILLAJOS%20-%20Puesta%20a%20punto%20de%20un%20m%C3%A9todo%20de%20aislamiento%20de%20los%20Rhizobium%20simbiontes%20radicular....pdf?sequence=1>
124. Morocho, Mariuxi T, Michel L,M. Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro agrícola* [Internet] 2019 [citado 28 ene 2022] 46 (2): 93-103 Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852019000200093#:~:text=Los%20microorganismos%20eficientes%20tienen%20numerosas,plantas%2C%20mejoran%20la%20estructura%20f%C3%ADsica
125. Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. *La Biodiversidad y la Agricultura: Salvaguardando la biodiversidad y asegurando alimentación para el mundo.*[Internet] 2008

[citado 2 de feb 2022] Montreal, 56 páginas. Disponible en: <https://www.cbd.int/doc/bioday/2008/ibd-2008-booklet-es.pdf>

126. Flores, A. Gonzales, V. Aguilar, C. Rodriguez, R. Penicillium como solubilizador de fosfato [Internet]. 2014 [citado 2 de feb 2022]; Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/274638201_Penicillium_como_solubilizador_de_fosfato
127. Armenta SE, Valenzuela C, Hernández R. Identificación y análisis molecular de razas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* aisladas de jitomate en Baja California, México. *Revista mexicana de fitopatología* [Internet] 2021 [citado 2 de feb 2022];39(2):266–288. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092021000200266&lng=es&nrm=iso&tlng=es
128. Vanegas AMM, Pavas DAM, Osorno JC. Metabolitos secundarios en *Trichoderma* spp. y sus aplicaciones biotecnológicas agrícolas. *Actualidades Biológicas* [Internet] 2020 [citado 3 de feb 2022];41(111):1–13. Disponible en: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/actbio/article/view/341271>
129. Manayay C., Cordoba L., Garcia J., Vaquez J. Efecto antagónico de una cepa de *Trichoderma* sp sobre *Fusarium* sp. En planta de tomate Río Grande (*Solanum lycopersicum*); *Semantic Scholar* [Internet]. 2016 [citado 3 feb 2022]; Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Efecto-antag%C3%B3nico-de-una-cepa-de-Trichoderma-sp-sp.-Guevara-Rojas/35d03ac29266c6018631c1e948e2a914c6a95e54>
130. Ivami. *Fusarium* spp. - Importancia hortofrutícola. Detección de especies patógenas por métodos moleculares - IVAMI [Internet]. [citado 3 feb 2022]; Disponible en: <https://www.ivami.com/es/microbiologia-vegetal/2099-fusarium-spp-importancia-hortofruticola-y-deteccion-de-especies-patogenas-por-metodos-moleculares>
131. Abbas, A., Fu, Y., Qu, Z., Zhao, H., Sun, Y., Lin, Y., Xie, J., Cheng, J. and Jiang, D. (2021), Isolation and evaluation of the biocontrol potential of *Talaromyces* spp. against rice sheath blight guided by soil microbiome. *Environ Microbiol*, 23: 5946-5961. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.15596>
132. Campuzano F, S. ., Urquijo T, L., & Valderrama. Evaluación de la actividad celulolítica y quitinolítica de hongos filamentosos aislados de rizósfera de cultivos de papa para control de *rhizoctonia solani*. *Nova* [Internet] 2017 [citado 20 de feb de 2022];15(28):45–55. Disponible en: <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/nova/article/view/2078>
133. Integrar el conocimiento científico, local e indígena: un enfoque clave para entender la naturaleza y mejorar la toma de decisiones - *Ladera Sur*. [Internet] 2021 [citado 10 mar 2022], Disponible en: <https://laderasur.com/articulo/integrar-el-conocimiento-cientifico-local-e-indigena-un-enfoque-clave-para-entender-la-naturaleza-y-mejorar-la-toma-de-decisiones/>
134. Hernández et al., La integración del conocimiento local y científico en el manejo sostenible de suelos en agroecosistemas de sabanas. *Interciencia* [Internet]. 2011 [citado 10 mar 2022];36(2):104-112. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33917765004>
135. Argueta Villamar, Arturo. El diálogo de saberes, una utopía realista. *Revista Integra Educativa*, [Internet]. (2012). 5(3), 15-29. Recuperado en 28 de marzo de 2022, de

http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S199740432012000300002&lng=es&tlng=es.

136. Jauregui Caballero, Ariadna & Ortega Ponce, Claudia. Narrativas transmediáticas en la apropiación social del conocimiento. Revista Latina de Comunicación Social. [Internet]. (2020)., ISSN-e 1138-5820, N°. 77, 2020, págs. 357-372. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7603043>

8. ANEXOS

Anexo 1. Encuesta de caracterización de huertas urbanas realizada a los responsables de cada una de las unidades operativas en la localidad de Kennedy

Encuesta agricultores urbanos

Reciba un cordial saludo. Somos estudiantes del Programa de Bacteriología y Laboratorio Clínico de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca y hacemos parte del semillero CEPARIUM que ha estado trabajando con microorganismos de importancia en plantas. Aunque es un Programa que trabaja para la salud humana, la Bacteriología no solo se preocupa por ayudar al médico a identificar una enfermedad en el hombre sino que también trabaja en el diagnóstico de la salud en animales con veterinarios y la fitosanidad en plantas con Ingenieros Agrónomos y agricultores, pues el ambiente que rodea al ser humano también influye en su salud y calidad de vida.

Adicionalmente, la calidad del suelo y agua es nuestra preocupación y por lo tanto los microorganismos que se encuentran en ellos y el posible efecto que tienen como patógenos para las plantas, nos han llevado a realizar estudios en los cuales requerimos de su colaboración, para conocer las condiciones de los cultivos que ustedes manejan en sus huertas urbanas como alternativa económica o recreativa para su calidad de vida con un fin netamente investigativo. La realización de esta encuesta es una forma de acercarnos más al funcionamiento y a las condiciones necesarias que requieren las huertas urbanas; a través del conocimiento que arroje este trabajo podemos brindar un beneficio para usted, porque con los resultados, podrá tomar decisiones que beneficien sus cultivos.

Como jóvenes estudiantes y futuros profesionales del área de la salud, nos será muy grato aprender de su experiencia y su trabajo en las huertas ya que al abrirnos las puertas, ustedes también están aportando a la comunidad en un tema de interés que es sumamente importante en una ciudad como Bogotá, en donde día a día aumenta la agricultura urbana. A continuación, se le realizarán unas preguntas las cuales serán consignadas en este formulario. Al final le agradecemos verificar que todo lo que usted ha respondido esté claramente consignado.

1. Correo electrónico
2. Nombre del (los) responsable(s) de la huerta
3. ¿En donde se encuentra ubicada su huerta? Marcar solo una opción
 - a) En el interior de su casa/institución
 - b) En el exterior, es decir jardín fuera de su casa/institución
 - c) Otro

4. De acuerdo con su respuesta anterior, especifique las características del lugar
5. ¿Hay animales que tengan acceso a la huerta?
Si No
6. Si su respuesta anterior fue sí, por favor indique qué animales tienen acceso a la huerta
7. ¿Qué plantas cultiva en su huerta? Le daremos varias categorías por favor responda según sea el caso, si no aplica alguno por favor ponga NO.
 - a) Verduras y Hortalizas, indique cuáles
 - b) Aromáticas, condimentarias y medicinales, indique cuáles
 - c) Cereales, pseudocereales, leguminosas, indique cuáles
 - d) Frutas, indique cuáles
 - e) Otro, indique cuál
8. ¿En qué forma se hace la siembra?
 - a) Usando Semillas
 - b) Por medio de Plántulas
9. ¿Presenta alguna otra actividad en su huerta diferente al cultivo? (Producción de abonos, alimentos para animales, talleres, recreación), especifique cuál.
10. ¿Qué usa usted para fertilizar su huerta?
 - a) Abonos químicos
 - b) Abonos orgánicos
 - c) Otros
11. Describa el tipo de abono según la respuesta anterior.
12. ¿Qué usa usted para mantener su huerta libre de plagas?
 - a) Plaguicidas Químicos
 - b) Plaguicidas Biológicos
 - c) Otros
13. Otro método, ¿Cuál?
14. ¿Cuál es el tamaño de su huerta en metros cuadrados?
15. ¿De dónde obtiene el agua que usa para el riego de la huerta?
 - a) Agua del acueducto
 - b) Agua residual (que usen para otras actividades)
 - c) Agua de lluvia
 - d) Otro
16. Si su respuesta fue otro, especifique

17. ¿Qué material utiliza para sembrar las plantas en su huerta? (Tierra, hidropónicos, humus de lombriz, otros)

18. A continuación, encontrará algunos síntomas y signos que pueden presentarse cuando las plantas se enferman o son atacadas por una plaga. Marque las opciones que usted ha podido observar en su huerta (Puede marcar más de una)

- a) Cultivos que no han crecido
- b) Hojas amarillas y secas
- c) Plantas con insectos
- d) Manchas en las hojas y/o frutos
- e) Decaimiento y muerte de la planta
- f) Insectos en el material de siembra (suelo)
- g) Ninguna de las anteriores

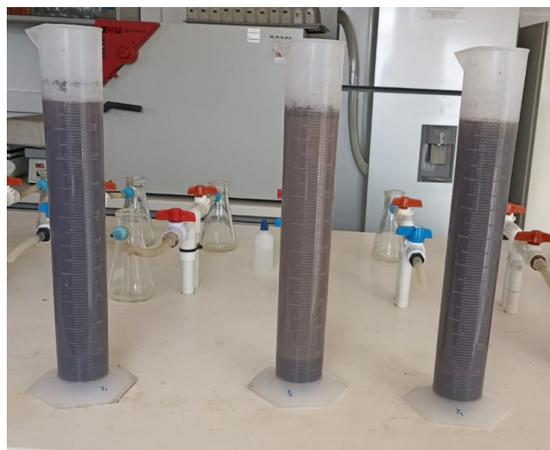
19. Agradecemos su participación, nos gustaría saber si las preguntas consignadas en este formulario fueron claras y fáciles de entender y responder

- a) Si
- b) No

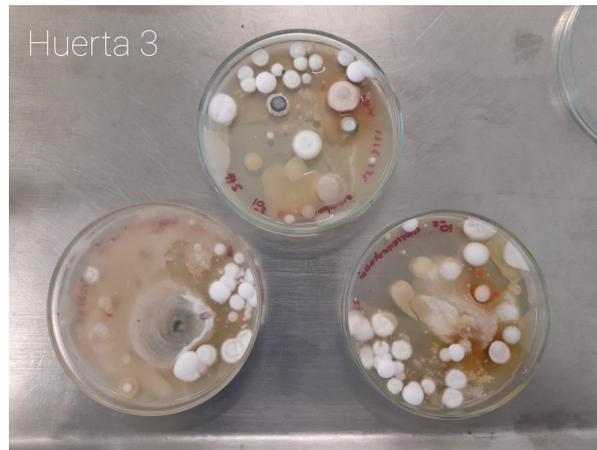
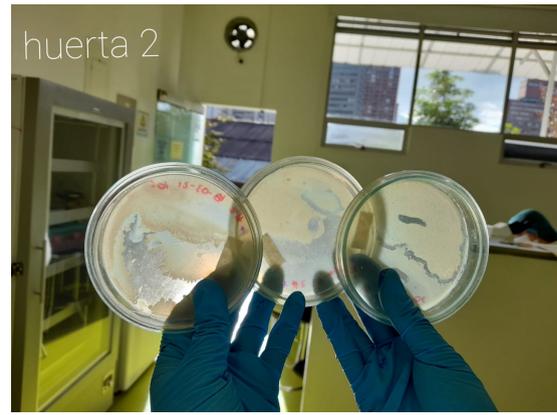
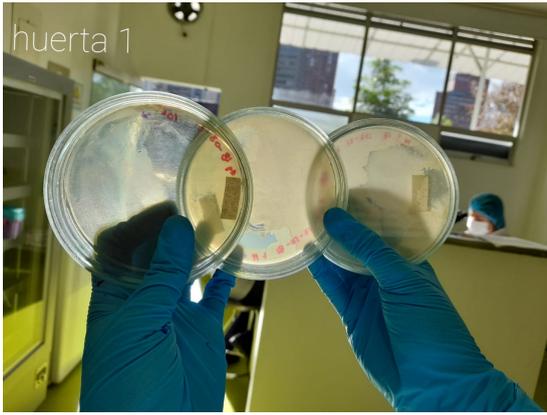
20. Si su respuesta fue No, diga por qué

21. Número de Contacto

Anexo 2. Complemento diseño metodológico.



Siembra de las diluciones en Agar Nutritivo y Agar PDA. Tomado por los autores



Anexo 3. Directorio de huertas urbanas

<http://www.jbb.gov.co/documentos/tecnica/2019/directorio-huertas-urbana>

