

	GESTIÓN DE RECURSOS Y SERVICIOS BIBLIOTECARIOS		Código	FO-GS-15
			VERSIÓN	02
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN		FECHA	03/04/2017
			PÁGINA	1 de 1
ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ		
Jefe División de Biblioteca	Equipo Operativo de Calidad	Líder de Calidad		

RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES):

NOMBRE(S): ANGIE JULIETH APELLIDOS: JÁCOME RODRÍGUEZ

NOMBRE(S): _____ APELLIDOS: _____

FACULTAD: CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA BIOTECNOLÓGICA

DIRECTOR:

NOMBRE(S): GINA LORENA APELLIDOS: SÁNCHEZ LEÓN

CO-DIRECTOR:

NOMBRE(S): _____ APELLIDOS: _____

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): COMPARACIÓN DE DOS CALDOS MICROBIANOS EN PROCESOS NUTRICIONALES Y FITOSANITARIOS EN ALGUNAS ESPECIES DE UTILIDAD EN LA AGRICULTURA URBANA

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo comparar el efecto de dos caldos microbianos en procesos nutricionales y fitosanitarios en cinco especies vegetales. Para lo cual, se prepararon dos caldos microbianos, uno con microorganismos de Parque Chaqué (CM-PC) y el otro con microorganismos del Jardín Botánico de Bogotá (CM-JBB). Adicionalmente, se evaluó el efecto de los tratamientos sobre el crecimiento temprano de las plántulas de acelga. En los resultados obtenidos, se puede demostrar que los microorganismos del CM-JBB son capaces de hacer el proceso de transformación de nutrientes en NH_4^+ , P y N en cambio los microorganismos del CM-PC no son capaces de hacer procesos de nitrificación. Con base en la búsqueda de literatura, se establecieron los posibles resultados obtenidos al realizar las pruebas de patogenicidad y antagonismo. Este estudio evidenció que los dos tratamientos, tienen usos potenciales sobre las necesidades nutricionales y fitosanitarias de las especies estudiadas.

PALABRAS CLAVE: antagonismo, hongos fitopatógenos, medio envenenado, solubilización de fosfatos.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 70 PLANOS: _____ ILUSTRACIONES: _____ CD ROOM: 1

Copia No Controlada

COMPARACIÓN DE DOS CALDOS MICROBIANOS EN PROCESOS NUTRICIONALES Y
FITOSANITARIOS EN ALGUNAS ESPECIES DE UTILIDAD EN LA AGRICULTURA
URBANA

ANGIE JULIETH JÁCOME RODRÍGUEZ

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE
PLAN DE ESTUDIO DE INGENIERÍA BIOTECNOLÓGICA
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2022

COMPARACIÓN DE DOS CALDOS MICROBIANOS EN PROCESOS NUTRICIONALES Y
FITOSANITARIOS EN ALGUNAS ESPECIES DE UTILIDAD EN LA
AGRICULTURA URBANA

ANGIE JULIETH JÁCOME RODRÍGUEZ

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Ingeniera Biotecnóloga

Directora:

GINA LORENA SÁNCHEZ LEÓN

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE
PLAN DE ESTUDIO DE INGENIERÍA BIOTECNOLÓGICA
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2022

ACTA DE SUSTENTACION DE UN TRABAJO DE GRADO

FECHA: 28 octubre de 2022

HORA: 08:00 A.M.

LUGAR: CUCUTA, NORTE DE SANTANDER

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA BIOTECNOLÓGICA

TITULO: “COMPARACIÓN DE DOS CALDOS MICROBIANOS EN PROCESOS NUTRICIONALES Y FITOSANITARIOS EN ALGUNAS ESPECIES DE UTILIDAD EN LA AGRICULTURA URBANA.”

MODALIDAD: PASANTIA

JURADO RENSO JOSE PARADA SOLANO
DANNY WALDIR IBARRA VEGA
YANETH AMPARO MUÑOZ PEÑALOZA

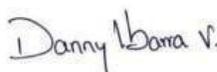
ENTIDAD: JARDÍN BOTÁNICO DE BOGOTÁ “JOSÉ CELESTINO MUTIS”

DIRECTOR: GINA SÁNCHEZ

NOMBRE DE LOS ESTUDIANTE	CODIGO	CALIFICACION
Angie Julieth Jácome Rodríguez	1610960	4.2

OBSERVACIONES: APROBADO.

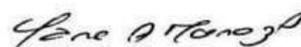
FIRMA DE LOS JURADOS



Rensó José Parada Solano

Danny Waldir Ibarra Vega

Yaneth Amparo Muñoz Peñaloza



Vo. Bo Coordinador Comité Curricular _____

Agradecimientos

A la universidad Francisco de Paula Santander y aquellos docentes que durante estos años han formado profesionales de calidad. A los investigadores de Agricultura Urbana y Periurbana del Jardín Botánico de Bogotá, por ser un excelente grupo de trabajo que aportó grandes conocimientos a lo largo de mi práctica y pasantía. Especialmente a mi tutora, la bióloga Gina Lorena Sánchez León que ha sido un gran apoyo en todo este proceso, gracias de corazón por su paciencia, dedicación y por todas sus enseñanzas. A mi familia y amigos por el apoyo inmensurable que me ofrecieron en cada momento y a lo largo de mi carrera estudiantil.

Contenido

	pág.
Introducción	13
1. Problema	15
1.1 Titulo	15
1.2 Planteamiento y Justificación del Problema	15
1.3 Formulación del problema	16
1.4 Objetivos	16
1.4.1 Objetivo general	16
1.4.2 Objetivo específicos	16
1.5 Delimitaciones	16
2. Marco Referencial	18
2.1 Antecedentes	18
2.2 Marco Teórico	19
2.2.1 Patógenos que atacan los cultivos	19
2.2.1.1 Bacterias	20
2.2.1.1.1 Morfología	20
2.2.1.1.2 Bacterias fitopatógenas	20
2.2.2 Otros roles de las bacterias	21
2.2.2.1 Control biológico	21
2.2.3 Especies vegetales	21
2.2.3.1 Tomate cherry amarillo (<i>Solanum lycopersicum</i>)	21
2.2.3.2 Papa negra (<i>Solanum tuberosum</i>)	25
2.2.3.3 Calabacín (<i>Cucurbita pepo</i>)	28

2.2.3.4 Yacón (<i>Smallanthus sonchifolius</i>)	31
3. Diseño Metodológico	33
3.1 Tipo de Investigación	33
3.2 Población y Muestra	33
3.3 Fases de la Investigación	33
3.3.1 Preparación del caldo microbiano	33
3.4 Pruebas Nutricionales	34
3.4.1 Pruebas de nitrificación	34
3.4.2 Solubilización de fosfatos	35
3.4.3 Fijación de nitrógeno	35
3.4.4 Pruebas in vivo	35
3.5 Pruebas Fitosanitarias	36
3.5.1 Recolección del material vegetal	36
3.5.2 Aislamientos de microorganismos	36
3.5.3 Reaislamiento de microorganismos	37
3.5.4 Identificación de microorganismos	37
3.5.5 Prueba de patogenicidad	37
3.5.6 Pruebas de antagonismo	37
4. Resultados y Análisis de Resultados	39
4.1 Preparación del Caldo Microbiano	39
4.2 Pruebas Nutricionales	42
4.2.1 Pruebas de nitrificación	42
4.2.2 Solubilización de fosfatos	43
4.2.3 Fijación de nitrógeno	43

4.2.4 Pruebas in vivo	44
4.3 Pruebas Fitosanitarias	50
4.3.1 Recolección del material vegetal	50
4.3.2 Pruebas de patogenicidad	52
4.3.3 Pruebas de antagonismo	53
5. Conclusiones	55
6. Recomendaciones	56
Referencias Bibliográficas	57
Anexos	65

Lista de Figuras

	pág.
Figura 1. Colonias de las trampas de arroz del Parque Chaqué	39
Figura 2. Colonias de las trampas de arroz del JBB	40
Figura 3. Observación del hongo <i>Cladosporium</i> A) microscópica B) macroscópica	40
Figura 4. Observación del hongo <i>Aspergillus</i> A) macroscópica B) microscópica	41
Figura 5. Observación del hongo <i>Penicillium</i> A) macroscópica B) microscópica	41
Figura 6. Prueba negativa con el CM-PC para la transformación de amonio a nitrato	42
Figura 7. Prueba positiva con el CM-JBB para la transformación de amonio a nitrito	43
Figura 8. Comparación de dos morfotipos en la formación del halo amarillo alrededor de la colonia, indicativo de la capacidad de los microorganismos de solubilizar fosfatos	43
Figura 9. Prueba positiva crecimiento de colonias en el medio de cultivo	44
Figura 10. Porcentaje de germinación de la acelga en los dos tratamientos, caldo microbiano del Parque Chaqué (CM-PC), caldo microbiano del Jardín Botánico (CM-JBB). La misma letra indica que no hay diferencias significativas, según el análisis de Waller-Duncan ($p>0.05$)	45
Figura 11. Longitud de tallo de la acelga en los dos tratamientos, caldo microbiano del Parque Chaqué (CM-PC), caldo microbiano del Jardín Botánico (CM-JBB). La misma letra indica que no hay diferencias significativas, según el análisis de Waller-Duncan ($p>0.05$)	46
Figura 12. Cantidad de hojas verdaderas de la acelga en los dos tratamientos, caldo microbiano del Parque Chaqué (CM-PC), caldo microbiano del Jardín Botánico (CM-JBB). La misma letra indica que no hay diferencias significativas, según el análisis de Waller-Duncan ($p>0.05$)	47

Figura 13. Hojas de acelga en los tratamientos izquierda) CM-PC, centro) CM-JBB y derecha) control	48
Figura 14. Longitud de la raíz de acelga en los dos tratamientos, caldo microbiano del Parque Chaqué (CM-PC), caldo microbiano del Jardín Botánico (CM-JBB). La misma	49
Figura 15. Marchitez bacteriana (<i>Ralstonia solanacerum</i>) a) necrosis en tallo de tomate b) decoloración y tejidos necróticos por pudrición	51
Figura 16. Pudrición suave bacterial (<i>Erwinia carotova</i>) pudrición en un fruto de tomate	51
Figura 17. Pudrición suave bacterial (<i>Pseudomonas syringae</i>) manchas necróticas en hojas y fruto de tomate	52

Lista de Anexos

	pág.
Anexo 1. Flujograma sobre la preparación de las trampas y caldo microbiano	66
Anexo 2. Flujograma sobre la caracterización de microorganismos en el caldo microbiano	67
Anexo 3. Flujograma sobre la transformación de macronutrientes	68
Anexo 4. Flujograma sobre las pruebas in vivo	69
Anexo 5. Flujograma sobre las pruebas fitosanitarias	70

Resumen

El Jardín Botánico de Bogotá fomenta en sus ciudadanos una alternativa de producción de alimentos para autoconsumo y comercialización a pequeña escala denominada, agricultura urbana. Es por esto que el presente estudio tuvo como objetivo comparar el efecto de dos caldos microbianos, en procesos nutricionales y fitosanitarios cinco especies vegetales. Para lo cual se prepararon dos caldos microbianos, uno con microorganismos de Parque Chaquén (CM-PC) y el otro con microorganismos del Jardín Botánico de Bogotá (CM-JBB). Adicionalmente, se evaluó el efecto de los tratamientos sobre el crecimiento temprano de las plántulas de acelga. Del CM-PC, se aislaron 9 morfotipos y en el CM-JBB, se aislaron 9 morfotipos. En los resultados obtenidos, se puede demostrar que los microorganismos del CM-JBB son capaces de hacer el proceso de transformación de nutrientes en NH_4^+ , P y N en cambio los microorganismos del CM-PC no son capaces de hacer procesos de nitrificación. Con base en la búsqueda de literatura, se identificaron síntomas de enfermedades que tuvieran en común las especies vegetales y con base en esta información, se establecieron los posibles resultados obtenidos al realizar las pruebas de patogenicidad y antagonismo. Este estudio evidenció que los dos tratamientos, tienen usos potenciales sobre las necesidades nutricionales y fitosanitarias de las especies estudiadas.

Introducción

La creciente necesidad de mejorar la productividad de los cultivos es consecuencia de un aumento de la población y de una mayor conciencia social ante el enorme deterioro medioambiental que supone la utilización masiva de compuestos químicos. Así como mayor exigencia por parte de los consumidores, en la mejora de la calidad de los alimentos y el compromiso de los gobiernos en la reducción del uso de productos agroquímicos. Lo cual, ha provocado un gran interés en la búsqueda de sistemas de control alternativos y conjunto de prácticas agrícolas como es la agroecología (Gonzálo, 2015).

La agricultura urbana agroecológica se caracteriza por prácticas agrícolas con cultivos dentro del área urbana o periurbana (Ramírez, 2015). Práctica que contribuye con la soberanía alimentaria, proporciona alimentos seguros a los habitantes de las ciudades, ayuda a la recuperación de terrenos baldíos, promueve la participación ciudadana y la sostenibilidad ambiental (Ramírez, 2015). Esta práctica se basa en la aplicar conceptos y principios que ayudena fomentar sistemas agrícolas sostenibles, con la finalidad de obtener alimentos más sanos y libres de tantos agroquímicos que los que se producen en la agricultura convencional. Además, estas prácticas ayudan a respetar y conservar el medio ambiente, los recursos naturales y la biodiversidad (Ramírez, 2015).

En el desarrollo de la investigación se usarán caldos microbianos los cuales están compuestos por la mezcla de agua y algunos productos orgánicos, los cuales después de un proceso de fermentación, lo convierten en un biopreparado de fácil asimilación. Esta mezcla propicia la multiplicación de microorganismos benéficos que intervienen en la transformación de los nutrientes, haciendo más fácil su asimilación por las plantas, sin dejar residuos tóxicos en el suelo

(Pacheco & Montoya, 2008).

Los caldos microbianos pueden proporcionar grandes ventajas al momento de usarlos debido a que son económicos, fáciles de usar y preparar. Además, contribuyen al medio ambiente, ya que la mayoría de los ingredientes necesarios están presentes en huertas, estimulan el crecimiento de las plantas, favorecen el control biológico natural y mejoran las condiciones físicas y biológicas del suelo (Pacheco & Montoya, 2008).

1. Problema

1.1 Título

COMPARACIÓN DE DOS CALDOS MICROBIANOS EN PROCESOS NUTRICIONALES Y FITOSANITARIOS EN ALGUNAS ESPECIES DE UTILIDAD EN LA AGRICULTURA URBANA

1.2 Planteamiento y Justificación del Problema

El Jardín Botánico de Bogotá ha venido implementado el manejo de estrategias alimentarias de autoproducción llamada agricultura urbana. La agricultura urbana es la práctica de la agricultura en espacios urbanos y periurbanos. En ocasiones los cultivos urbanos son propensos a tener problemas de bajo rendimiento y crecimiento limitado, causando que los cultivos no sean autosostenibles para el consumo propio ni para la comercialización, provocando pérdidas y desgaste de los suelos (Salazar, 2004).

Una de las alternativas que se propone para mejorar el rendimiento y crecimiento de las plantas en cultivos urbanos, es la utilización de caldos microbianos. Dentro de la agricultura urbana, el uso de caldos microbianos no es muy conocido y existe un vacío de conocimiento en el potencial que puede tener. Estas mezclas generalmente proceden de la multiplicación de una gran cantidad de microorganismos como hongos, levaduras y bacterias benéficas que ayudan a sintetizar o transformar los nutrientes, haciéndolos asimilables a la planta y el suelo, sin dejar residuos tóxicos (Gómez, 2005). El propósito de este estudio es generar conocimiento, sobre el manejo nutricional y fitosanitario en algunas de las especies útiles para la agricultura urbana, que contribuyan a la disminución del uso de agroquímicos comerciales, mediante el uso de caldos

microbianos.

1.3 Formulación del problema

¿Se podrá determinar la efectividad del caldo microbiano preparado con los microorganismos colectados en el Parque Chaquén vs el caldo microbiano preparado con los microorganismos colectados en el Jardín Botánico de Bogotá para procesos nutricionales y fitosanitarios, mediante su comparación?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general. Comparar el efecto de dos caldos microbianos, en procesos nutricionales y fitosanitarios en cinco especies usadas en agricultura urbana.

1.4.2 Objetivo específicos. Como se muestra a continuación:

Establecer el potencial de los microorganismos que conforman los caldos microbianos en la transformación de macronutrientes.

Evaluar el efecto de los caldos microbiano en el crecimiento temprano de las plantas.

Determinar la capacidad antagónica de los caldos microbianos contra algunas bacterias fitopatógenas.

1.5 Delimitaciones

El aporte de esta investigación ayuda en la generación de conocimientos sobre la nutrición y sanidad vegetal en cinco especies útiles en la agricultura urbana, con el fin de disminuir el uso de agroquímicos comerciales, mediante el uso de caldos microbianos.

Adicionalmente, el conocimiento generado contribuye a que el Jardín Botánico de Bogotá cumpla con la ejecución del proyecto 7681, titulado “Fortalecimiento de la agricultura urbana y periurbana en las localidades urbana de Bogotá”. Puntualmente con la meta cinco que consiste en “desarrollar paquetes tecnológicos para el manejo y aprovechamiento innovador y sustentable de especies alimentarias aptas para la producción en la agricultura urbana y periurbana”. En dichos paquetes, se abordan temas como propagación, manejo agronómico, nutrición y sanidad vegetal y transformación y aprovechamiento (Jácome, 2021).

2. Marco Referencial

2.1 Antecedentes

Desde hace varios años en Latinoamérica se ha propuesto implementar en numerosas familias con escasos recursos, actividades donde se puedan aprovechar espacios como tierras baldías, pequeños jardines o espacios en sus casas, para cultivar alimentos que ayuden a su sustento alimenticio y económico. Esta práctica es llamada agricultura urbana (Salazar, 2004). La agricultura urbana se ha convertido en un método de gran ayuda en los programas de seguridad alimentaria, gracias a su aporte en la producción de alimentos frescos, generación de empleos y sostenibilidad ambiental a través de pequeños espacios (Gliessman & Méndez, 2000).

El Jardín Botánico de Bogotá en el marco del cumplimiento del acuerdo 605 de 2015 del Concejo de Bogotá “Por el cual se formulan los lineamientos para institucionalizar el programa de agricultura urbana y periurbana agroecológica en la ciudad de Bogotá”, provee a sus ciudadanos bases de conocimiento en la generación y aplicación de tecnologías agrícolas limpias (Gómez, 2005). La agricultura urbana es una práctica que ha implementado condiciones que ayuden a mejorar aquellos espacios urbanos que se encuentran abandonados, que se pueden utilizar para crear huertas y cultivar especies hortícolas (Red Águila, 2007). Otra condición que se caracteriza es el uso de sustratos orgánicos, ya que son amigables con el ambiente, fáciles de conseguir y se logra evidenciar mejores resultados en el rendimiento de los cultivos. Además, de ser gran fuente de nutrientes como nitrógeno, fósforo y azufre, los cuales puede aprovechar la planta, así como de materia orgánica que favorece la disponibilidad de agua y aire en los suelos (Alcaldía Mayor de Bogotá & Jardín Botánico José Celestino Mutis, 2007).

Este estudio se realizó, en dos puntos específicos de la ciudad de Bogotá. El Parque temático Chaquen, que es una finca ubicada en la localidad de Sumapaz. Este terreno ha sido parte importante para muchas familias campesinas que se han visto beneficiadas gracias en al fomento de la producción de alimentos sanos a través de estrategias agroecológicas y conservación de especies nativas (Calvo, 2021). El otro punto es el Jardín Botánico de Bogotá, un centro de investigación, conservación y divulgación de la diversidad de las especies vegetales, donde en su mayoría, se manejan prácticas convencionales (Alcaldía Mayor de Bogotá & Jardín Botánico José Celestino Mutis, 2007).

2.2 Marco Teórico

2.2.1 Patógenos que atacan los cultivos. Cuando hablamos de enfermedades en los cultivos normalmente las asociamos a los agentes bióticos como hongos, bacterias, virus y nemátodos. Conocidos por alterar fisiológicamente a las plantas, es decir su normal funcionamiento, reduciendo considerablemente su productividad y en casos extremos causando la muerte de la planta. Aunque es importante no confundir los síntomas provocados por agentes bióticos, con aquellos causados por factores abióticos como excesos de luminosidad, intoxicación por agroquímicos, déficit o exceso de fertilización, déficit o exceso de agua, entre otros (Agris, 1997).

Cuando los microorganismos asociados a las enfermedades de las plantas infectan y colonizan los tejidos u órganos producen manifestaciones visuales características denominadas síntomas. Sin embargo, cuando estos microorganismos son capaces de producir estructuras reproductivas o de dispersión sobre el tejido dañado, a estos, se les llama signos. Estas dos características son importantes en el diagnóstico de una enfermedad. Unos de los principales

patógenos que afectan a las plantas son las bacterias fitopatógenas (Agrios, 1997).

2.2.1.1 Bacterias. Las bacterias son un grupo diverso de microorganismos unicelulares, procariotas, que se pueden encontrar prácticamente en cualquier ambiente (suelo, agua, aire, y en asociaciones con diferentes seres vivos como seres humanos, animales y plantas). Estas células se caracterizan por ser de un tamaño variable cuyo límite inferior está en los 0.2 μm y el superior en los 50 μm . Las bacterias forman uno de los tres dominios en los que se dividen los seres vivos. El término bacteria también se emplea para denominar a todos los organismos unicelulares sin núcleo diferenciado que constituyen el nivel de organización procarionte (Brock & Madigan, 1993).

2.2.1.1.1 Morfología. La mayoría de las bacterias se presentan en una de estas tres formas básicas: cocos, bacilos y espirilos (Brock & Madigan, 1993).

- **Cocos:** bacterias de forma más o menos esférica.
- **Bacilos:** bacterias de forma cilíndrica, que también pueden encontrarse aislados o agrupados, cuando permanecen juntos luego del proceso de división.
- **Espirilos:** bacterias que poseen una configuración helicoidal. Se desplazan con la ayuda de apéndices externos llamados flagelos.

2.2.1.1.2 Bacterias fitopatógenas. Las bacterias suelen atacar los órganos aéreos de la planta, aunque su manifestación es más notable en frutos y hojas. A diferencia de algunos hongos, las bacterias no son capaces de perforar la epidermis de las plantas, por lo que necesitan una puerta de entrada, como puede ser a través de las heridas producidas en la epidermis, por las estomas, entre otros (Reche, 2015).

2.2.2 Otros roles de las bacterias. Las bacterias juegan un papel fundamental en la naturaleza y en el ser humano. Las bacterias se encuentran presentes en los ciclos naturales del nitrógeno, del carbono, del fósforo y de muchos elementos en la naturaleza. También pueden transformar sustancias orgánicas en inorgánicas y viceversa. Además, son aprovechadas por la industria en los procesos de fermentación, en la producción de antibióticos y en el control de plagas (Brock & Madigan, 1993).

2.2.2.1 Control biológico. Los microorganismos entomopatógenos constituyen una herramienta importante para el manejo integrado de plagas. Tal es el caso de *Bacillus thuringiensis*, *B. popilliae*, *B. sphaericus* y *B. moritai*. Este género se caracteriza por atacar al insecto en su etapa larvaria y de acuerdo a sus hábitos y su grado de infección, se pueden clasificar en potenciales, facultativas y obligatorias. Una vez infectadas las plagas disminuyen su alimentación, se debilitan y mueren (Intagri, 2021).

Bacillus thuringiensis es la bacteria de mayor difusión en campañas de control biológico de insectos plaga en cultivos como hortalizas, granos, especies forestales y algunos frutales. Las ventajas de usar estas bacterias es que no dañan al cultivo, no contaminan si se usan adecuadamente y su actividad no se ve afectada por altas temperaturas (Intagri, 2021).

2.2.3 Especies vegetales. Para la evaluación del caldo microbiano se eligieron cinco especies útiles para la agricultura urbana que son el tomate cherry variedad amarilla, papa negra, calabacín, acelga y yacón.

2.2.3.1 Tomate cherry amarillo (*Solanum lycopersicum*). Pertenece a la familia Solanaceae. Es una planta dicotiledónea (Cestoni et al., 2006) y herbácea, perenne, que se cultiva en forma anual para el consumo de sus frutos (Semillaria, 2015).

Requerimientos fisiológicos. El cultivo de tomate no es muy exigente en términos de suelo, tolera la acidez y crece en pH de 5.0 a 6.8. Es tolerante a la salinidad (Infoagro Systems, 2016). La humedad relativa óptima es de 60 y 80% y la temperatura óptima de desarrollo del cultivo oscila entre 20 y 30°C durante el día y entre 10 y 17°C durante la noche (Díaz, 2007).

Principales enfermedades bacterianas:

Maya o mancha bacterial (*Ralstonia solanacearum*): se presenta en zonas tropicales y cálidas. Afecta cultivos como tomate, chile dulce, papa y berenjena. Los síntomas iniciales son marchitamiento de hojas en la parte superior de la planta y amarillamiento en las hojas bajas. La marchitez, se propaga totalmente, hasta que la planta muere (Ceballos, Álvarez & Bolaños, 2014).

Peca bacteriana o mancha negra del tomate (*Pseudomonas syringae* pv.

Tomato): es una bacteria aeróbica facultativa. Esta bacteria se encuentra en los restos vegetales contaminados y semillas, su forma de atacar es a través de heridas o estomas. Las partes más vulnerables son las partes aéreas de la planta, provocando manchas redondeadas en las hojas y más alargadas en los peciolo y tallos, las cuales pueden coalescer, formando manchas necróticas irregulares a manera de pústula. Otro síntoma que provoca esta bacteria es la deformación de frutos y caída de flores (Urbina, 2009).

Pudrición suave bacteriana o necrosis de la médula (*Erwinia carotovora*, *E. chrysanthemi*): es una bacteria peptolítica de regiones tropicales, que afecta hortalizas como lechuga, ajo, papa, camote, coliflor, chile dulce, melón, pepino, okra, tomate, arracacha, entre otros. Esta bacteria ataca con más frecuencia a plantas jóvenes, los síntomas se presentan en las hojas y en la base del

tallo hasta que se extiende por los nervios principales. Las planta o frutos afectados tienen olor muy fuerte a podredumbre. En frutos causa pequeñas lesiones o ampollas. Si afecta a las raíces, causa oscurecimiento de la base de la planta (Araujo, 2014).

Mancha bacteriana (*Xanthomonas campestris* pv. *Vesicatoria*, *X. perforans*, *X. gardneri*):

la bacteria penetra y se propaga a través de aberturas naturales, heridas o semillas contaminadas. Tiende a atacar cultivos jóvenes. Al inicio, las hojas infectadas muestran lesiones pequeñas, oscuras que luego causan el amarillamiento de la hoja y apariencia mojada por la alta infección. Afecta hojas, tallos y frutos, y causa manchas que se vuelven angulares y la superficie puede parecer grasienta, con el centro translúcido y el borde negro (Alexander, 2016).

Cáncer bacteriano del tomate (*Clavibacter michiganensis*): esta enfermedad se transmite por semilla y por trasplante. Las plantas viejas son menos susceptibles que las jóvenes. La infección inicia en plantas jóvenes ocasionando necrosis en los márgenes de las hojas, además se observan pequeñas ampollas prominentes de color blanco. En plantas desarrolladas, ocurre amarillamiento de las hojas y necrosis marginal, en tallos y pecíolos se puede observar decoloración de los tejidos vasculares al realizar un corte. Las hojas infectadas mueren. Los tejidos vasculares toman un color café claro a rojizo, en los frutos provoca manchas oscuras rodeadas de un halo blanco, similar a un ojo de pájaro (Martínez, 2012).

Principales enfermedades fúngicas:

Tizón tardío o apagón (*Phytophthora infestans*): este hongo destruye el follaje, los tallos y los frutos en cualquier etapa de su crecimiento. Las lesiones son necróticas y pueden ser extensivas, son de color café y de forma circular, delimitadas por las nervaduras y con un halo clorótico a su alrededor, con un pequeño margen de agua sobre el follaje. En los frutos inmaduros

las lesiones se presentan como grandes manchas cafés, vítreas, con superficie y contorno irregular (Seminis, 2015).

Tizón temprano o bajera (*Alternaria* sp., *A. solani*, *A. lycopersici*): este género afecta cualquier etapa del desarrollo de la planta, siendo más frecuente en la fructificación. Este hongo causa chacros negros en el tallo a ras del suelo, además, afecta hojas, tallos, frutos y peciolo. En las hojas se presenta en forma de manchas circulares o angulares, con anillos concéntricos. En tallos y peciolo son manchas negras, alargadas y con anillos concéntricos. En frutos las lesiones son de color café oscuro, levemente hundidas y cubiertas de numerosas esporas del hongo (Sánchez, 2012).

Fusarium o marchitez fungosa (*Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici*): cuando este género ataca se observa marchitez en la parte aérea de la planta. Los síntomas comunes son: caída de peciolo de las hojas superiores y amarillamiento de las hojas inferiores, que avanza hacia el ápice hasta provocar la muerte de la planta (Sánchez, 2012).

Principales plagas (Martínez, Barrios, Rovesti & Santos, 2006).

Gusanos grises (*Agrotis* spp.): son polífagos. Las larvas son las que provocan los daños, alimentándose de plantas jóvenes y masticando el cuello, provocando la caída de las plántulas. También se alimentan de las raíces y, en las plantas adultas, de las partes verdes más próximas al suelo. Los daños son más grandes en las plantas jóvenes. Pueden dañar los frutos haciendo perforaciones en ellos.

***Spodoptera latifascia*, *S. sunia*, *S. eridania*, *S. exigua*:** causan defoliación al morder las hojas. Cuando es pequeña, la larva destruye el envés, sin afectar la epidermis de la hoja. Al crecer,

sus mandíbulas son mayores y ya pueden comer la hoja completa. Si la larva destruye la yema apical de crecimiento, la planta no se desarrolla.

Gusano del fruto (*Helicoverpa* sp.): las larvas son muy voraces, por lo que ocasionan serios daños en un corto periodo. Cuando la planta es pequeña puede matarla, ya que afecta la yema apical del tallo. Por otro lado, las heridas ocasionadas por esta plaga facilitan la entrada de patógenos (hongos o bacterias).

Ácaro blanco (*Polyphagotarsonemus latus*): es polífago, los daños directos los ocasionan las larvas y los adultos, que introducen el estilete en los tejidos y extraen los jugos celulares, provocando deformaciones en los órganos. Las hojas se abomban y presentan nervios salientes de aspecto filiforme.

Mosca blanca (*Bemisia tabaci* o *Trialeurodes vaporariorum*): afecta la planta desde la germinación hasta la cosecha y transmite virus. Los daños directos son amarillamiento, debilitamiento de la planta y caída de las hojas. Los daños indirectos son la proliferación del hongo fumagina sobre la melaza que excreta la mosca blanca, que mancha y deprecia los frutos y dificulta el desarrollo normal de la planta, así como la transmisión de virosis.

2.2.3.2 Papa negra (*Solanum tuberosum*): es originaria de la cordillera de los Andes, de donde se dispersó a todos los continentes y es hoy la base de la alimentación humana. La planta de papa es herbácea, conformada por dos partes principalmente: sección subterránea compuesta por la raíz, estolones, tubérculos y la sección aérea conformada por tallos principales y secundarios, hojas, flores y frutos. Al finalizar cada ciclo productivo, la parte aérea de la planta muere (Corzo, Diler, Franco & Fierro, 2003).

Requerimientos fisiológicos:

El cultivo de papa se ve favorecida por temperaturas entre 15 a 20°C. La disponibilidad de agua en el suelo influye directamente en el crecimiento, fotosíntesis y absorción de nutrientes, la poca disponibilidad puede provocar marchitamientos o disminución de rendimiento y el exceso de humedad favorece el desarrollo de enfermedades. Los suelos francos, francos arenosos, francos limosos y franco arcillosos, son los mejores debido a que permiten el crecimiento de los tubérculos (Molina, Santos & Aguilar, 2004).

Principales enfermedades bacterianas (Instituto Colombiano Agropecuario, 2011).

Marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*): los síntomas de esta enfermedad se presentan en las hojas y los tallos donde se logra observar un exudado blanquecino y oscurecimiento en el anillo vascular. Cuando la enfermedad avanza, el exudado sale por las yemas u “ojos” de la papa, a los cuales se adhiere el suelo.

Pata negra de la papa (*Erwinia carotovora subsp. Atroseptica*): esta enfermedad produce agallas en las raíces en forma de “rosario”, similares a las producidas por *Spongospora subterranea*. También causa pudrición en la base del tallo y daño en tubérculo.

Principales enfermedades fúngicas (ICA, 2011).

Gota o añublo de la papa (*Phytophthora infestans*): esta es la enfermedad más limitante a nivel mundial. Afecta tanto hojas como tallos aéreos y tubérculos. En hojas se inicia como pequeñas manchas de color verde claro, las cuales crecen rápidamente, tornándose de color café grisáceo en el centro y presentando en algunos casos halos cloróticos. En los tallos aéreos se presentan lesiones irregulares de color café, los tallos afectados se rompen fácilmente. En

tubérculos, la enfermedad ocasiona lesiones oscuras irregulares.

Tizón temprano (*Alternaria solani*): esta enfermedad se presenta en la segundamidad del ciclo de cultivo, en especial en plantas con condiciones de desnutrición, con recurrencia de ataques de enfermedades o plagas, por lo que el patógeno se considera a veces como “oportunista”. El hongo ataca las hojas y los tallos aéreos, pero no los tubérculos. En las hojas se presentan pequeñas manchas circulares de color café, frecuentemente rodeadas de un halo amarillo. Una característica que distingue a la enfermedad son los anillos concéntricos de color oscuro que se forman en las manchas.

Peste nieve, mortaja blanca, lanosa, macana o lana (*Rosellinia* sp.): esta enfermedad presenta flacidez en el follaje, marchitamiento y, por último, la muerte de la planta. Un signo que presentan las plantas enfermas es una masa algodonosa en la base de los tallos.

Costra negra de la papa (*Rhizoctonia solani*): esta enfermedad afecta los tubérculos de la papa, causando manchas y chancros de color café rojizo, a consecuencia de los cuales mueren los puntos de crecimiento.

Sarna polvorienta o roñosa polvosa (*Spongospora subterranea*): esta enfermedad ataca exclusivamente tubérculos y raíces. En los tubérculos se desarrollan pústulas superficiales de forma irregular, las cuales se extienden formando ampollas que rompen la epidermis del tubérculo. En las raíces se presentan inicialmente pequeñas verrugas, las cuales se transforman en agallas que se disponen a manera de un “rosario” a lo largo de la raíz.

Principales plagas (ICA, 2011).

Gasterópodos (*Stylommatophora: Limacidae y Veronicelidae*): se consideran en el grupo de plagas que atacan el suelo porque su ciclo de vida transcurre allí. Esta plaga ataca principalmente el follaje, aunque también afecta tubérculos y raíces.

Pulguilla (*Epitrix spp.*): las pulgillas son cucarrones que se alimentan en los cogollos y al expandirse a las hojas se observan huecos de diferentes tamaños o bien cicatrices redondas y claras en el haz de las hojas.

Mosca blanca: es considerada la plaga con la mayor cantidad de enfermedades virales por transmisión en la papa, entre las que sobresale el amarillamiento de venas.

2.2.3.3 Calabacín (*Cucurbita pepo*): pertenece botánicamente a la familia de las cucurbitáceas, especie *Cucurbita pepo* ssp. *Pepo* var. *condensa* Bailey o var. *melopepo*, es una planta herbácea anual de porte rastrero y crecimiento indeterminado (López, 2017).

Requerimientos fisiológicos:

Esta no es una planta exigente con la calidad del suelo, se logra adaptar muy bien a todos, incluidos los arenosos. Aunque necesita grandes cantidades de materia orgánica y un alto nivel de nutrientes para su crecimiento. Sus exigencias en temperatura son limitadas, tolera las bajas temperaturas, pero es muy sensible a las heladas, resiste las altas temperaturas en comparación a otras cucurbitáceas como el melón, sandía y pepino. La temperatura ideal para su crecimiento oscila entre 18 y 25°C. Los niveles de humedad se encuentran entre el 65 y el 80%. Es sensible a los encharcamientos tanto en la fase de germinación de las semillas en la siembra directa como en la de cultivo (López, 2017).

Principales enfermedades bacterianas (Reche, 2015).

Manchas (*Pseudomonas syringae* pv. *Lachrymans*): en las hojas, estas manchas están delimitadas por los nervios, a veces la parte de la hoja dañada cae dando un aspecto de cribado. En los frutos se producen pequeñas lesiones redondeadas que pueden llegar a la pulpa, infectando las semillas.

Podredumbres (*Erwinia carotovora*): penetra por las heridas de la poda de hojas, aclareos de frutos o durante la recolección, produciendo podredumbre blanda en los tallos con oscurecimiento de los vasos.

Marchitamientos (*Erwinia tracheiphila*): se localiza en los haces vasculares, como consecuencia de la invasión del sistema vascular, por las bacterias, que dificultan la circulación y transporte de la savia. Esta bacteriosis se propaga generalmente a bajas temperaturas, difundiéndose por medio de diversos insectos.

Principales enfermedades fúngicas (Reche, 2015).

Oídio (*Erysiphe cichoracearum* y *Sphaerotheca fuliginia*): causa manchas aisladas y circulares en las hojas que se recubren con un micelio blanco de aspecto pulverulento por ambas caras, principalmente por el haz.

Míldiu (*Pseudoperonospora cubensis*): el daño se presenta en hojas adultas por el haz, con manchas irregulares o poligonales, translúcidas, de aspecto oleoso, que se tornan amarillentas, terminando por necrosarse y secarse.

Principales plagas (Reche, 2015).

Pulgones: son insectos homópteros pertenecientes a la familia Aphididae, comúnmente conocido con el nombre de “piojillos”, son los causantes de los principales daños al calabacín.

Los daños son producidos con sus picaduritas, deformando y debilitando las hojas. Como causa indirecta, los pulgones pueden ser vectores de virus.

Mosca blanca: es una plaga polífaga muy conocida por los agricultores que se desarrolla principalmente en los invernaderos, esta plaga se manifiesta, durante todo el ciclo vegetativo del cultivo. Puede llegar a causar daños tanto en su forma adulto como larval. Como adultos se alimentan del tejido celular. En estado larvario segregan sustancias azucaradas donde se desarrollan hongos.

Minadora de hojas o submarino: es una plaga que daña a gran número de plantas hortícolas y ornamentales. Al calabacín le ataca desde las primeras fases del cultivo.

Acelga (*Beta vulgaris var. cicla*): es una planta herbácea bianual, de la familia de las Quenopodiaceae. Es una hortaliza muy rica en calorías, proteínas, calcio, fósforo y otros minerales (Correa, Quiroz, Sepulveda, Salas, Moyano, Elgueta, et al., 2017).

Requerimientos fisiológicos:

Es una hortaliza muy fácil de cultivar y de corto periodo vegetativo. Se da bien en los climas de Colombia, pero los mejores rendimientos se obtienen en climas templados y fríos. Esta planta se considera apta en suelos arcillosos, profundos y frescos, ricos en materia orgánica. La temperatura óptima para el cultivo está entre los 15 y los 25°C. El pH del suelo más indicado está alrededor de 7.0. Además, tolera ligeros contenidos de sal en el suelo. El nitrógeno y el potasio son importantes a lo largo de todo el ciclo del cultivo (Correa et al., 2017). Esta especie resulta ser bastante rústica y sólo de manera ocasional presenta problemas de enfermedades (Correa et al., 2017).

Principales enfermedades fúngicas:

Oídio (*Erysiphe betae*): cuyo síntoma característico es la presencia de manchas pulverulentas compuestas por un micelio de color blanquecino el que puede cubrir ambas caras de la hoja. El patógeno se disemina por viento y permanece en restos de plantas afectadas o en malezas (Correa et al., 2017).

Principales plagas:

Entre las plagas que se presentan ocasionalmente en los cultivos de acelga se encuentran las moscas minadoras (*Diptera; Agromyzidae*), pulgones como el pulgón del haba (*Aphis fabae*), en especies de gusanos se encuentran los cortadores y cuncunillas (*Lepidoptera; Noctuidae*).

Estas plagas por lo general son de menor incidencia de modo que usualmente no causan daño de importancia económica (Correa et al., 2017).

2.2.3.4 Yacón (*Smallanthus sonchifolius*): es un tubérculo cultivado en zonas cálidas y templadas de la Cordillera de los Andes. Cuenta con suficiente evidencia científica que a diferencia de los demás tubérculos y raíces que almacenan sus carbohidratos en forma de almidón, este lo hace en fructooligosacárido (FOS) propiedades benéficas para la salud humana (Sarmiento, Lara, Tolosa & Cataño, 2017).

Requerimientos fisiológicos:

Este tipo de tubérculo crece en pisos altos, donde las temperaturas entre 14 y 20°C ayudan a su crecimiento y desarrollo, pero las menores a 10°C retardan su crecimiento y alargan el periodo vegetativo, mermando los rendimientos. Se considera necesario que, durante sus primeros cinco meses, no falte la dotación de agua, ya que la humedad suficiente favorece la tuberización y buen

desarrollo (Pymagros, 2005).

Principales enfermedades fúngicas:

Pudrición radicular (*Fusarium*): este patógeno puede ocasionar la pérdida total de la producción. Esta enfermedad ocasiona una necrosis progresiva de las raíces, con un debilitamiento general de la planta, marchitez y muerte de la misma. Es sumamente infecciosa (Pymagros, 2005).

Mancha foliar y hoja plateada (*Alternaria*, *Bipolares* y *Nigrospora*): son enfermedades foliares, caracterizadas por una necrosis regresiva de la lámina (Pymagros, 2005).

Principales plagas:

Arañita roja (*Tetranychus urticae*): es un ácaro que infesta y ataca el follaje succionando la savia. Los daños más significativos se presentan en las hojas, con un haz amarillo. Posteriormente, esta toma coloraciones necróticas o marrones y se produce la defoliación de la planta (Pymagros, 2005).

Pulgón rojo (*Myzus nicotianae*): es un áfido que se alimenta de los jugos de la planta. Viven en el envés de las hojas, y además de absorber la savia, segregan un líquido azucarado y pegajoso por el ano denominado melaza, e impregna la superficie de la planta impidiendo el normal desarrollo de ésta. Además, son transmisores de virus (Pymagros, 2005).

3. Diseño Metodológico

3.1 Tipo de Investigación

El tipo de investigación para el siguiente estudio es básico. Donde buscaremos generar conocimientos al problema planteado (Canaves, 2020).

3.2 Población y Muestra

Para el caldo microbiano, la población son los microorganismos del suelo del Parque Chaqué y del JBB. La muestra son los microorganismos capturados en las trampas de arroz.

En las pruebas de fitosanidad, la población estudiada son las 20 plantas, de cada especie, cultivadas en el área experimental de la línea de investigación de Agricultura Urbana, del Jardín Botánico de Bogotá. La muestra, fueron 8 plantas de cada especie trabajada.

3.3 Fases de la Investigación

3.3.1 Preparación del caldo microbiano. Se prepararon 36 trampas de arroz, las cuales constaban de 30 gr de arroz precocido cada uno. Este arroz se agregó en frascos de vidrio los cuales fueron tapados con una gasa con el fin de impedir el ingreso de insectos o contaminación del ambiente. Estas trampas fueron instaladas en puntos específicos del Parque Chaqué y del Jardín Botánico de Bogotá, 18 trampas en cada sitio, las cuales se cubrieron con platos de icopor para que no se inundaran en un caso que lloviera. Se dejaron allí durante dos semanas. Transcurrido este tiempo se procedió a recoger las trampas de arroz, donde se observó el crecimiento de microorganismos en cada frasco, se hizo una caracterización macroscópica de todas las trampas con el fin de observar que no hubiese crecimiento de colonias que afectaran el caldo (Osorio, 2009).

Para la preparación de los caldos microbianos se requirieron 3 litros de agua hervida, 1.5 Kg de melaza, 500 mL de leche, 500 mL de kumis y 500 g de harina de soya, para cada caldo.

Cabe aclarar que un caldo se inoculó con los microorganismos capturados en el Parque Chaquén (CM-PC) y el otro se inoculó con los microorganismos capturados en el Jardín Botánico de Bogotá (CM-JBB). Inicialmente se mezcló el agua con la melaza, hasta tener una consistencia homogénea. Posteriormente, se añadió la harina de soya y se mezcló hasta no tener grumos. Esta mezcla se envasó en una garrafa de 20 L, a la cual se le añadieron el kumis y la leche. Se agitó la garrafa para mezclar muy bien los ingredientes. Finalmente se mezcló el contenido de las 18 trampas de arroz triturado ligeramente, se añadió a la garrafa y se incubó durante 15 días a temperatura ambiente y en oscuridad (ver anexo 1). Trascurridas las dos semanas, se procedió a la caracterización de los microorganismos presentes en cada caldo (ver anexo 2) (Osorio, 2009).

3.4 Pruebas Nutricionales

3.4.1 Pruebas de nitrificación. Se inocularon por duplicado los microorganismos que componen el caldo microbiano en agar amonio. Se incubaron a 28°C durante dos semanas. Trascurrido el tiempo se determinó si los microorganismos son capaces de transformar el amonio (NH₄) a nitrato (NO₃) mediante el viraje de color del medio de cultivo (Rodríguez & Toro, 2006). Para lo cual, se adicionaron dos gotas del reactivo Griess con el fin de realizar la detección de nitritos, la prueba es positiva cuando los tubos toman una coloración roja después de 5 minutos. De lo contrario, la prueba se considera negativa y se procede a añadir zinc en polvo, si el medio se torna naranja-rojizo, es positivo para nitratos, pero si permanece incoloro se adiciona reactivo de Nessler, el cual permite confirmar la presencia de amonio cuando el medio se torna amarillo (ver anexo 3) (Rodríguez & Toro, 2006).

3.4.2 Solubilización de fosfatos. Se inocularon por duplicado los microorganismos que componen el caldo microbiano en agar Pikovskaya. Se incubaron a 20°C durante 8 días. Trascurrido el tiempo se determinó si los microorganismos son capaces de solubilizar el fosfato mediante la presencia de un halo de color amarillo en el medio de cultivo siendo positiva la prueba, si el halo no se presenta es negativa (ver anexo, 3) (Hernández, Carrión & Heredia, 2011).

3.4.3 Fijación de nitrógeno. Se inocularon por duplicado los microorganismos que componen el caldo microbiano en agar Burk, el cual se caracteriza por no tener ninguna fuente de nitrógeno (Valderrama, 2013). Se incubaron a 20°C durante 8 días. Trascurrido el tiempo se determinó si los microorganismos son capaces de fijar el nitrógeno de la atmósfera, mediante el crecimiento de colonias en el medio de cultivo, de lo contrario se considera negativa la prueba (ver anexo 3) (Valderrama, 2013).

3.4.4 Pruebas in vivo. Se recolectó suelo del túnel de propagación del Jardín Botánico de Bogotá y se mezcló con cascarilla de arroz quemada. Esta mezcla fue llevada a un horno Pasteur durante 5 horas a una temperatura de 140°C con el fin de eliminar patógenos presentes en el suelo (Sánchez, Fernández, Galán, Aguayo & Díaz, 2018).

Posteriormente al proceso de esterilización se sembraron las semillas, previamente embebidas durante 24 horas en cada uno de los tratamientos: CM-JBB, CM-PC y agua corriente como tratamiento control. Se hizo seguimiento semanal de variables como cantidad de plántulas germinadas, cantidad de hojas verdaderas, longitud del tallo y longitud de la raíz (García, López, Ruiz, Lira, Vera & Méndez, 2016). Es importante aclarar que esta prueba se realizó únicamente con la acelga, ya que era la única especie con disponibilidad de semillas (ver anexo 4).

Para el porcentaje de germinación se utilizó la siguiente ecuación, la cual consiste en contabilizar cada una de las plántulas emergidas hasta el último día de la evaluación y el resultado se obtiene dividiendo el número total de plántulas emergidas, entre el número total de semillas sembradas y se multiplica por cien (García et al., 2016).

$$\%E = \frac{\text{No. plántulas emergidas}}{\text{No. de semillas sembradas}} \times 100$$

3.5 Pruebas Fitosanitarias

3.5.1 Recolección del material vegetal. Se colecta el material vegetal que tuviese presencia de síntomas o signos de enfermedad bacteriana. El muestreo se realiza en la zona experimental de la línea de agricultura urbana del Jardín Botánico de Bogotá.

3.5.2 Aislamientos de microorganismos. El material vegetal recolectado se lava con agua corriente por 15 minutos y se seca con una toalla de papel estéril (García et al., 2015). Posteriormente se sumerge durante 4 minutos en hipoclorito de sodio al 3%, luego se sumerge nuevamente durante 4 minutos en alcohol al 70% (García et al., 2015). Transcurrido el periodo de desinfección, el material vegetal se enjuaga 2 veces más sumergiéndolo en agua destilada estéril para eliminar los residuos de desinfectante que pudiesen interferir con el desarrollo normal del patógeno. Posteriormente, bajo condiciones asépticas, se seca utilizando una toalla de papel estéril, para eliminar los excesos de humedad que contribuyen con la contaminación del aislamiento.

Una vez desinfectado el material vegetal, se corta fragmentos de tejido infectado y sano de aproximadamente 2x2 mm desde la periferia de las lesiones. Finalmente, los fragmentos de tejido se siembran en cámara húmeda y en agar nutritivo (AN), se realizan 4 repeticiones por síntoma,

las cuales se incuban a temperatura ambiente durante tres días o hasta evidenciar emergencia de microorganismos (García et al., 2015).

3.5.3 Reaislamiento de microorganismos. Pasados los ocho días se verifica si hay crecimiento de bacterias en la lesión sembrada, todos los aislamientos obtenidos se siembran en placas con AN por separado con el fin de purificar la bacteria. Nuevamente se incuban a temperatura ambiente durante tres días (García et al., 2015).

3.5.4 Identificación de microorganismos. Se realizan observaciones macroscópicas y microscópicas con el fin de observar la morfología de las bacterias, para lo cual se usa la tinción de Gram. Adicionalmente, se realizan algunas pruebas bioquímicas con el fin de tener más información acerca de estos microorganismos (Guerrero & Sánchez, 2010).

3.5.5 Prueba de patogenicidad. Se inoculan tejidos sanos con el patógeno identificado, con el fin de inducir los mismos síntomas observados. Al cabo de cinco días posteriores a la siembra, se verifica si existe crecimiento y si coincide con el síntoma del cual se aisló inicialmente. Por último, de las lesiones generadas en los tejidos sanos se toma una muestra del microorganismo emergente, se inocula en AN, se incuba a temperatura ambiente durante tres días y se realizan observaciones microscópicas para comprobar que corresponde al mismo patógeno inoculado (ver anexo 5) (D'Angelo, 2016).

3.5.6 Pruebas de antagonismo. Las bacterias fitopatógenas identificadas en las pruebas de patogenicidad se inoculan en el AN suplementado con en el CM-PC y con CM-JBB, respectivamente; el control es AN solo. Las pruebas se incuban durante cinco días a temperatura ambiente, transcurrido este tiempo, se toman las medidas del diámetro de las colonias y se comparan con el tratamiento control (ver anexo 5) (Rivero, Cruz, Martínez, Ramírez &

Rodríguez, 2009).

3.6 Análisis estadístico

Se determinó la normalidad de los datos, mediante la prueba de Shapiro-Wilks ($p \leq 0,05$), posteriormente se realizó un ANOVA y un test de Dunnet para identificar las diferencias significativas entre los tratamientos y el control. Finalmente, se hizo un ANOVA unidireccional con un test de Waller-Duncan para evaluar el efecto de los tratamientos sobre las variables. Para esto se utilizó el programa estadístico R, versión 3.6.1.

4. Resultados y Análisis de Resultados

4.1 Preparación del Caldo Microbiano

En las trampas de arroz del Parque Chaqué se pudo evidenciar una gran diversidad de colonias las cuales tenían colores amarillos, verdes, azules, naranjas, curubas, rosados, grises, cafés y rojos (figura 1). En cambio, las colonias que crecieron en el Jardín Botánico eran de color crema, café, blanco y grises (figura 2). Se puede considerar que la diversidad de colonias encontradas en ambos puntos se deba a la composición y tipo de suelo, la humedad, la temperatura, el pH y las prácticas agrícolas que se ejecutan (Ramos & Zúñiga, 2008). Por ejemplo, en el Parque Chaqué se realiza un manejo agroecológico de los cultivos, mientras que en el Jardín Botánico se manejan prácticas convencionales.

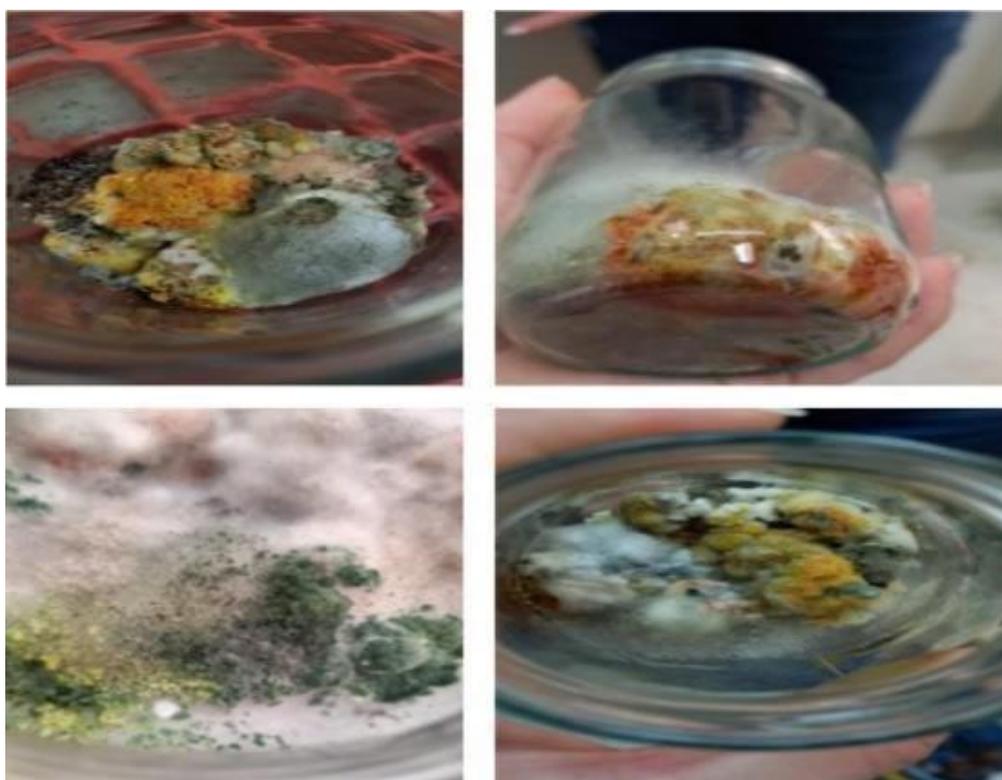


Figura 1. Colonias de las trampas de arroz del Parque Chaqué

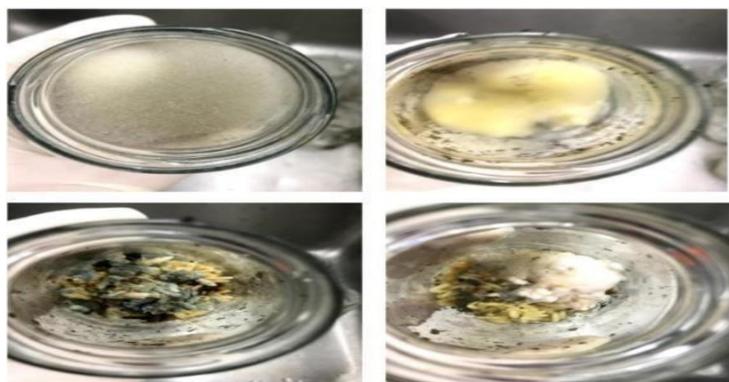


Figura 2. Colonias de las trampas de arroz del JBB

Trascurrido el tiempo de inoculación de los caldos de microbianos, se caracterizaron los microorganismos presentes en cada uno. Para el CM-PC, se caracterizaron 9 morfotipos, entre levaduras y bacterias. Mientras que para el CM-JBB, se caracterizaron 9 morfotipos entre bacterias, levaduras y hongos filamentosos. Esto a pesar que en la trampa de arroz recolectadas en el Parque Chaqué, se evidenciaba que había mayor diversidad de colonias.

Dentro de los hongos filamentosos aislados del CM-JBB, se identificaron tres géneros que son *Cladosporium*, *Aspergillus* y *Penicillium*. El género *Cladosporium* macroscópicamente se caracteriza por tener colonias aterciopeladas, pulverulentas o vellosas y con coloración oscura (figura 3a). Microscópicamente presenta hifas finas, septadas, ramificadas de color hialino a marrón (figura b2) (Barnett & Hunter, 1998).

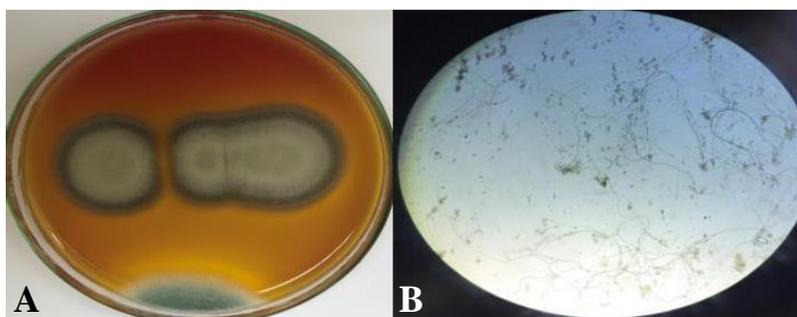


Figura 3. Observación del hongo *Cladosporium* A) microscópica B) macroscópica

En cuanto a *Aspergillus* microscópicamente se observaron cabezas conidiales y radiales casi esféricas rodeada de fialides, los conidios son globosos de color marrón, y hialinos (figura 4b). Macroscópicamente se observó una colonia crema y verde oliva en el anverso y en el reverso el color es amarillo, su textura era flocosa (figura 4a) (Barnett & Hunter, 1998).

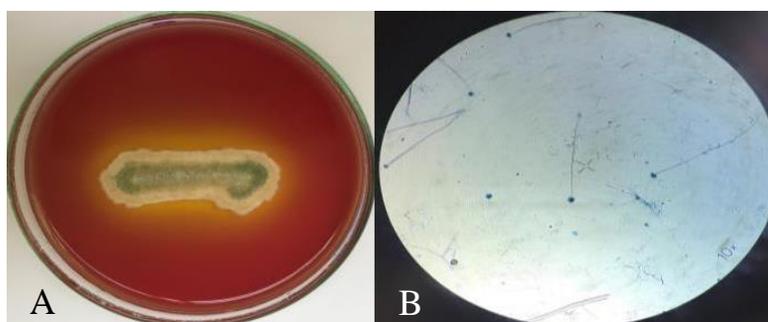


Figura 4. Observación del hongo *Aspergillus* A) macroscópica B) microscópica

El género *Penicillium* microscópicamente presenta hifas septadas. Los conidióforos tienen ramas secundarias. Estas son de forma cilíndrica, de donde surgen largas cadenas sin ramificar de esporas o conidios formando el penacho o pincel característico del género (figura 5b). Macroscópicamente se observó una colonia de color verde azulado con reverso amarillocremoso (figura 5a) (Barnett & Hunter, 1998).

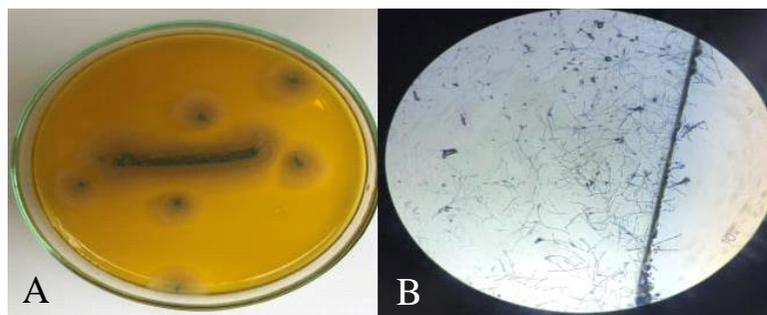


Figura 5. Observación del hongo *Penicillium* A) macroscópica B) microscópica

4.2 Pruebas Nutricionales

4.2.1 Pruebas de nitrificación. La prueba de nitrificación con el CM-PC, arrojó resultados negativos en el medio de cultivo, es decir, que los microorganismos no son capaces de transformar amonio (NH_4) en nitrato (NO_3) (ver figura 6). Lo cual puede deberse a que el nitrito o nitrato formado tiene desnitrificación incompleta, es decir, forman óxido nitroso que se pierde en el proceso. También es posible que algunos microorganismos hayan realizado el ciclo completo del nitrógeno, transformando los nitratos en nitrógeno gaseoso. Por último, pudo haber una reducción desasimilatoria que lleve el nitrito o nitrato formado a amonio nuevamente (Rodríguez & Toro, 2006).



Figura 6. Prueba negativa con el CM-PC para la transformación de amonio a nitrato

Para CM-JBB, el resultado demuestra que los microorganismos presentes en este caldo son capaces de transformar amonio (NH_4) en nitritos (NO_2) esto se puede comprobar con el cambio de coloración rosada cuando se aplica el reactivo de Griess que detecta nitritos (Fig. 7). Es decir que el amonio se oxida a nitritos por parte de bacterias oxidantes de amonio (Rodríguez & Toro, 2006).



Figura 7. Prueba positiva con el CM-JBB para la transformación de amonio a nitrito

4.2.2 Solubilización de fosfatos. Las pruebas de solubilización de fosfatos en el CM-PC, arrojaron resultados positivos con la formación de halos amarillos para los 9 morfotipos. En cuanto al CM-JBB, también se obtuvieron resultados positivos para los 9 morfotipos.

Este proceso se genera gracias a que los microorganismos agilizan el ciclo del fósforo a través de procesos de mineralización y solubilización. Donde los microorganismos presentes producen enzimas fosfatasas, que ayudan a hidrolizar y degradar el fósforo (figura 8) (Patiño & Sanclemente, 2014).



Figura 8. Comparación de dos morfotipos en la formación del halo amarillo alrededor de la colonia, indicativo de la capacidad de los microorganismos de solubilizar fosfatos

4.2.3 Fijación de nitrógeno. Las pruebas de fijación de nitrógeno con el CM-PC y CM-JBB, arrojaron resultados positivos para los 18 morfotipos sembrados en el medio Burk (figura 9). Esto

puede deberse a la presencia de microorganismos endófitos que poseen el sistema enzimático que les permite reducir el nitrógeno atmosférico y utilizarlo en su metabolismo (Mantilla, Villalba & Oviedo, 2007).



Figura 9. Prueba positiva crecimiento de colonias en el medio de cultivo

4.2.4 Pruebas in vivo. En el CM-PC, el porcentaje de germinación fue del 66.6%, con 20 plántulas germinadas, en comparación al CM-JBB con un 73.3% y 22 plántulas germinadas, en cuanto al tratamiento control, tuvo un porcentaje de germinación del 53.3% con 16 plántulas germinadas (figura 10). Lo anterior evidencia que, los dos caldos microbianos estimularon la germinación de las semillas, sin embargo, se aprecia un mayor potencial en el tratamiento con CM-JBB, con respecto al tratamiento con CM-PC.

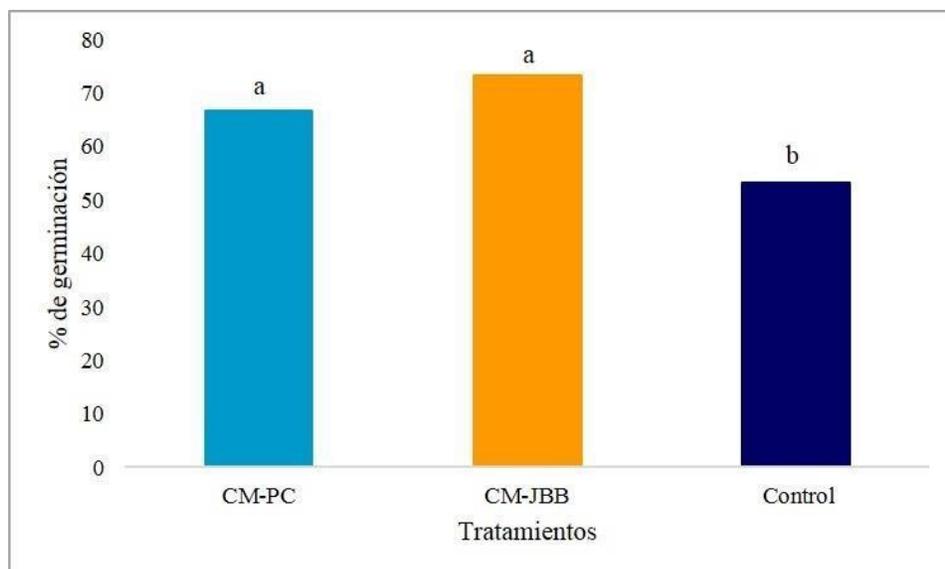


Figura 10. Porcentaje de germinación de la acelga en los dos tratamientos, caldo microbiano del Parque Chaqué (CM-PC), caldo microbiano del Jardín Botánico (CM-JBB). La misma letra indica que no hay diferencias significativas, según el análisis de Waller-Duncan ($p > 0.05$)

Adicionalmente, se evidenció que las plántulas tratadas con CM-JBB presentan un leve incremento en la longitud de los tallos en comparación a los otros tratamientos. Ya que en el tratamiento con CM-JBB la longitud del tallo fue de 3 cm, el CM-PC obtuvo una longitud de 2.4 cm y el control obtuvo una longitud de 2.6 cm (ver figura 1). Sin embargo, no hay diferencias significativas entre los tres tratamientos.

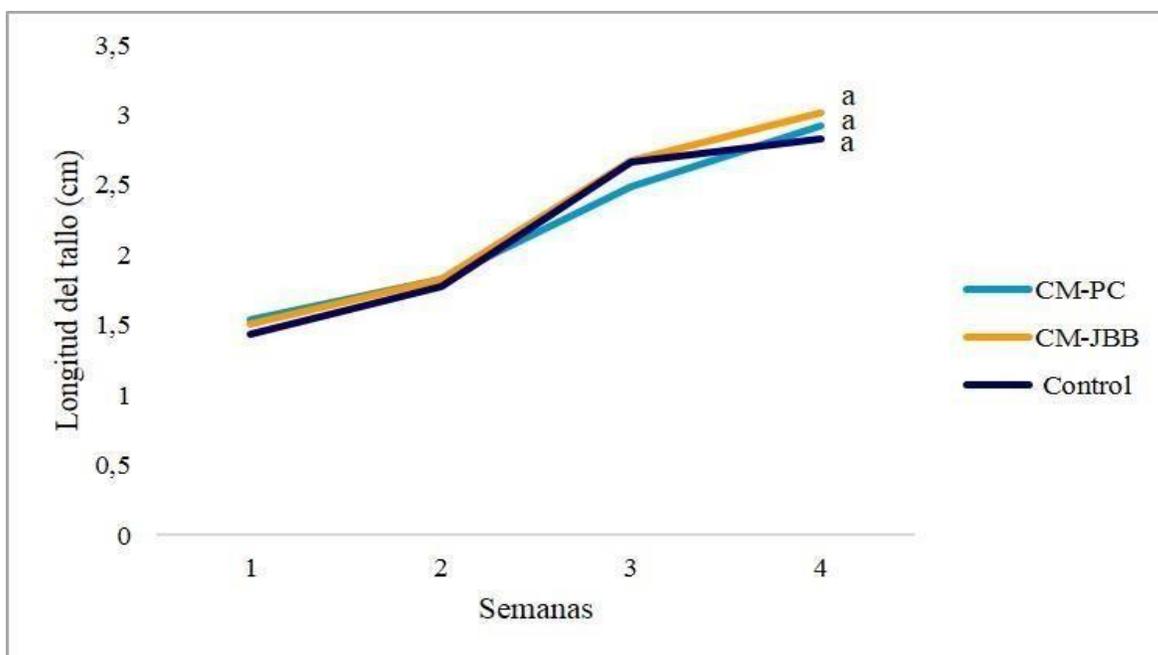


Figura 11. Longitud de tallo de la acelga en los dos tratamientos, caldo microbiano del Parque Chaqué (CM-PC), caldo microbiano del Jardín Botánico (CM-JBB). La misma letra indica que no hay diferencias significativas, según el análisis de Waller-Duncan ($p>0.05$)

En cuanto a la cantidad de hojas verdaderas, se evidencia que, a partir de la tercera semana, todos los tratamientos tienen el mismo comportamiento (figura 12). Si bien no hubo diferencias significativas en el número de hojas, las hojas del CM-PC y el CM-JBB eran más grandes en comparación a las del control (ver figura 13).

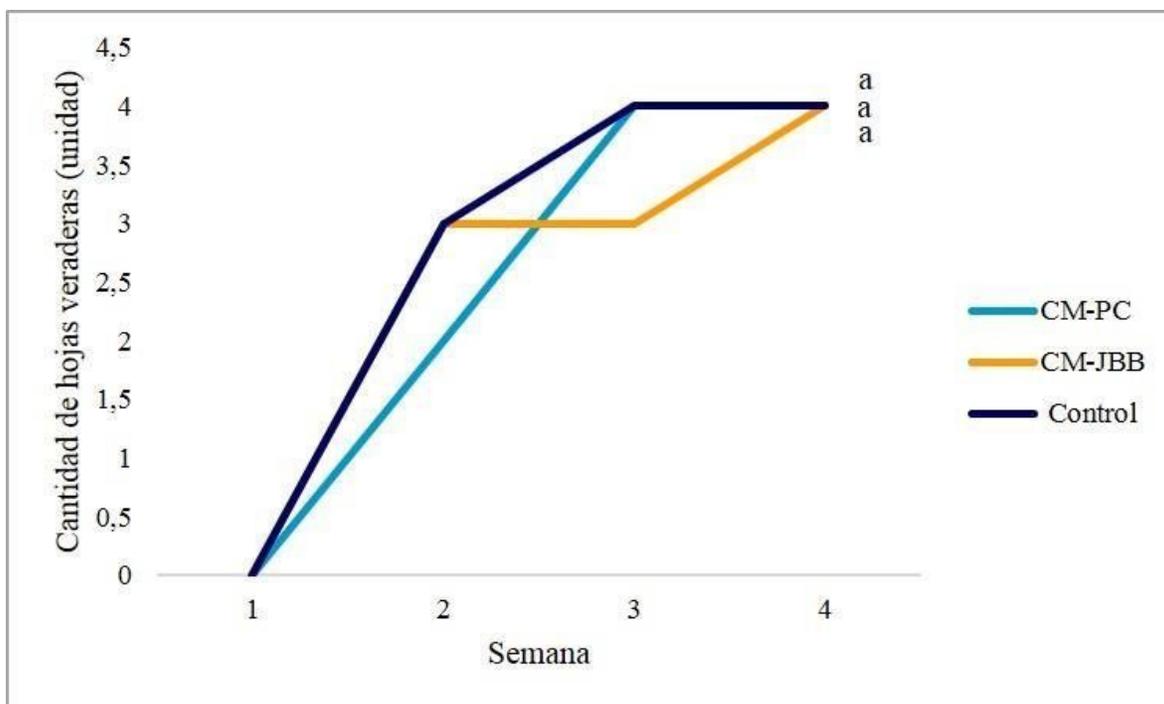


Figura 12. Cantidad de hojas verdaderas de la acelga en los dos tratamientos, caldo microbiano del Parque Chaquén (CM-PC), caldo microbiano del Jardín Botánico (CM-JBB). La misma letra indica que no hay diferencias significativas, según el análisis de Waller-Duncan ($p>0.05$)



Figura 13. Hojas de acelga en los tratamientos izquierda) CM-PC, centro) CM-JBB y derecha) control

Para la longitud de la raíz, se evidenció que el tratamiento control fue el que estimuló el crecimiento de las raíces en las plántulas, en comparación con los dos tratamientos. En el CM-JBB se presentó el menor valor de longitud con 3.0 cm, el CM-PC obtuvo una longitud 3.6 cm y el control obtuvo una longitud de 4.1 cm (ver figura 14). Sin embargo, no hubo diferencias significativas entre estos dos tratamientos.

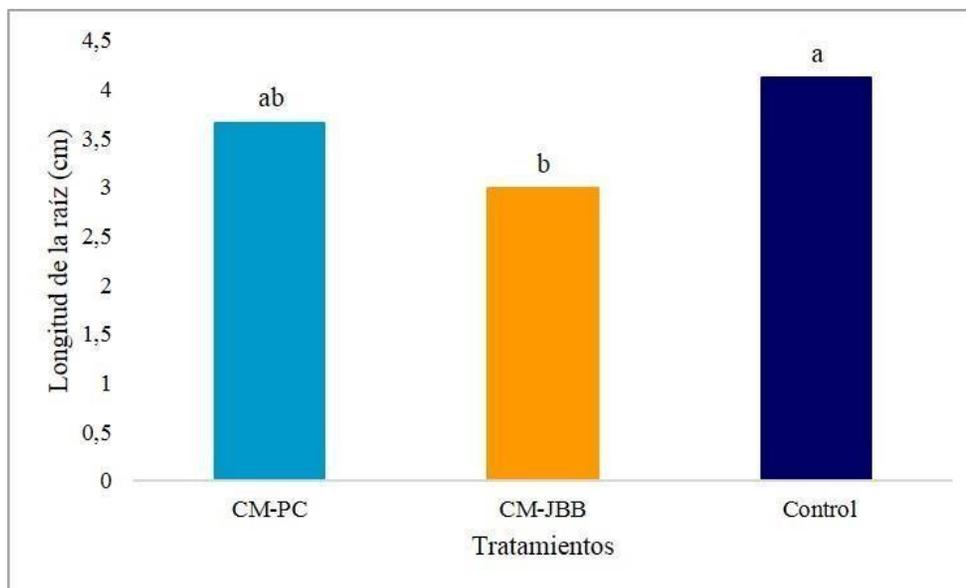


Figura 14. Longitud de la raíz de acelga en los dos tratamientos, caldo microbiano del Parque Chaquéen (CM-PC), caldo microbiano del Jardín Botánico (CM-JBB). La misma letra indica que no hay diferencias significativas, según el análisis de Waller-Duncan ($p > 0.05$)

Tras evaluar algunas variables de crecimiento en las plántulas con los tratamientos CM- PC y CM-JBB, podemos concluir que ambos son, en cierta medida, efectivos en el crecimiento temprano de las mismas. El tratamiento con el CM-JBB tuvo un rango de efectividad mayor, esto se puede considerar gracias a la variedad de microorganismos que lo componen. Los cuales ayudan a mejorar el rendimiento de los cultivos, a través del aumento de la disponibilidad de nutrientes, que promueven el crecimiento de las plantas (Cano, 2011).

Esto se puede relacionar con los resultados de las pruebas de nitrificación, en las que se evidenció que algunos microorganismos de los caldos pueden fijar el nitrógeno atmosférico y son capaces de solubilizar el fosfato, estas características ayudan a mejorar la disponibilidad de dichos nutrientes haciéndolos más accesibles para las plantas. Además, algunas bacterias son capaces de producir moléculas similares a las fitohormonas que las plantas producen de manera

natural y que ayudan a regular el crecimiento vegetal (Cano, 2011). Si bien está última parte no se evaluó en la presente investigación, puede ser una de las razones por las cuales los tratamientos con caldos microbianos estimulan el crecimiento de las plántulas.

4.3 Pruebas Fitosanitarias

4.3.1 Recolección del material vegetal. Para las pruebas de patogenicidad nos basamos en literatura para describir los posibles resultados en las especies estudiadas, por lo cual se omitirán algunos puntos.

Los manejos fitosanitarios dependen de las interacciones que ocurren entre la planta, el patógeno, el organismo biocontrolador y el ambiente en el cual se desarrolla. En especies como el tomate cherry (*Solanum lycopersicum*) y la papa negra (*Solanum tuberosum*) se pueden encontrar síntomas de enfermedad causados por la misma bacteria *Ralstonia solanacearum* o mejor conocida como marchitez bacteriana. Esta bacteria ingresa a la planta por aberturas naturales, lesiones o raíces, cuando ingresa a la corteza esta infecta los vasos de la xilema. A medida que se extiende, bloquea los canales de absorción de agua, provocando el marchitamiento y la muerte. Esta bacteria se caracteriza por sobrevivir en material vegetal descompuesto (Torres, Casas & Díaz, 2013).

En el tomate cherry se manifiestan signos de marchitamiento y amarillamiento en el tallo y hojas, los cual se propagan hasta que la planta muera (Fig. 10^a) (Ceballos, Álvarez & Bolaños, 2014). En la papa se evidencia oscurecimiento en el anillo vascular y un exudo blanquecino, que al avanzar la enfermedad sale por las yemas u “ojos” de la papa (figura 10b) (ICA, 2011).



Figura 15. Marchitez bacteriana (*Ralstonia solanaceum*) a) necrosis en tallo de tomate b) decoloración y tejidos necróticos por pudrición

Fuente: National Plant Protection Organization. (2022).

El tomate cherry (*Solanum lycopersicum*), el calabacín (*Cucurbita pepo*) y la papa negra (*Solanum tuberosum*) son especies afectadas por la bacteria (*Erwinia Carotova*) la cual se caracteriza por atacar a plantas jóvenes, sus principales síntomas se presentan en las hojas y en la base del tallo provocando podredumbre de aspecto blando. En frutos o tubérculos se inicia con pequeñas lesiones o ampollas (Fig. 11). Esta enfermedad no es fácil de identificar, hasta que el fruto se pudre por completo (Nissan, Carrión, Ciampi, Costa, Fuentes & Schonitz, 2008).



Figura 16. Pudrición suave bacteriana (*Erwinia carotova*) pudrición en un fruto de tomate

Fuente: National Plant Protection Organization. (2022).

El tomate cherry (*Solanum lycopersicum*) y el calabacín (*Cucurbita pepo*) son especies afectadas por la bacteria que causa peca bacteriana o mancha negra (*Pseudomonas syringae*). Esta bacteria se caracteriza por encontrarse en los restos vegetales contaminados y semillas.

Ataca a través de heridas o estomas, provoca daño a las partes aéreas y tallo (Urbina, 2009). En las hojas se presentan manchas de un aspecto criado o necrótico (Fig. 12^a). Otro síntoma que provoca es la deformación de los frutos que pueden llegar a infectar a las semillas y la caída de las flores (Fig. 12B) (Urbina, 2009).



Figura 17. Pudrición suave bacterial (*Pseudomonas syringae*) manchas necróticas en hojas y fruto de tomate

Fuente: National Plant Protection Organization. (2022).

Según los reportes de literatura, las especies como el yacón (*Smallanthus sonchifolius*) y la acelga (*Beta vulgaris* var. *cicla*) no son afectados por ataques bacterianos. En cambio, sus principales enfermedades son causadas por hongos filamentosos, aunque también se ven afectados por algunas plagas (Pymagros, 2005).

4.3.2 Pruebas de patogenicidad. Las pruebas de patogenicidad que se realizan a través de los postulados de Koch, se hacen con el fin de determinar si algunos de los microorganismos que se aíslan de los tejidos de las especies afectadas, son los mismos en afectar a un tejido sano. Si estas

pruebas se hubiesen podido llevar a cabo, se hubiese esperado que, al realizar los postulados de Koch con las bacterias fitopatógenas anteriormente mencionadas, se desarrollaron los mismos síntomas descritos en cada caso. Confirmando así, que estas bacterias son los causantes de algunas de las enfermedades presentes en las especies estudiadas.

4.3.3 Pruebas de antagonismo. Al realizar las pruebas de antagonismos, se hubiese esperado la inhibición total o parcial del crecimiento de las bacterias fitopatógenas. Esto, teniendo en cuenta que el antagonismo microbiano es la inhibición, deterioro o muerte de un microorganismo por acción de otro.

Con base en lo anterior, podemos deducir que los tratamientos con CM-PC y CM-JBB, pueden limitar el crecimiento de los patógenos. Sin embargo, es probable que el potencial antagónico del CM-JBB sea mayor que el del CM-PC. Lo cual se puede deber a la diversidad de microorganismos hallados en el proceso de caracterización donde se identificaron tres géneros de hongos filamentosos, *Cladosporium*, *Aspergillus* y *Penicillium*. Además, es posible que en el CM-JBB existan microorganismos nativos que muestran capacidad para actuar como biocontroladores de estas bacterias patógenas que el CM-PC no tenga o tenga menor proporción (Rivero et al., 2009).

Se estima que los microorganismos presentes en los caldos microbianos usan diferentes mecanismos para controlar los agentes patógenos. Los principales mecanismos que se consideran son: competencia por espacio y nutrientes, producción de antibióticos y micoparasitismo (Babbal & Pal Khasa, 2017). La competencia por nutrientes y espacio es un mecanismo empleado por las bacterias, y consiste en que estos microorganismos consumen los nutrientes, carbohidratos, vitaminas o aminoácidos presentes en el ambiente, con el fin de reducir los recursos disponibles

para el patógeno (Mamphogoro, Babalola & Aiyegoro, 2020).

En cuanto a la producción de antibióticos o antibiosis, es un mecanismo que consiste en que la bacteria produce metabolitos secundarios que tienen la capacidad de inhibir y/o destruir a los organismos patógenos (Pedraza, López & Uribe, 2019). El último mecanismo de control es el micoparasitismo, un proceso en el cual las bacterias biocontroladoras atacan de forma directa la pared celular de los hongos patógenos. Las bacterias se adhieren a hifas del hongo patógeno y secretan enzimas líticas, causando la degradación y lisis celular (Ram, Keswani, Bisen, Tripathi, Singh & Singh, 2018). Se ha identificado que las principales enzimas empleadas son quitinasas, glucanasas, celulasas, proteasas y lipasas (Mamphogoro et al., 2020).

Además, una de las estrategias usadas para la inhibición del crecimiento de los patógenos, es el uso de mezclas de diversos microorganismos compatibles. Ya que pueden ser más efectivos que uno solo, debido a que estos microorganismos logran proporcionar un mayor espectro de acción para controlar diversas enfermedades (Ramírez, 2016). Caso similar al que se presenta en los caldos microbianos evaluados en esta investigación, en los cuales hay diversidad de microorganismos.

5. Conclusiones

A pesar, de que se evidenciaron más diversidad de microorganismos en las trampas recolectadas en el Parque Chaquen, la caracterización nos demostró que el CM-JBB tenía diferentes microorganismos como hongos, bacterias y levaduras, que ayudaron a obtener mejores resultados. En la prueba de transformación de amonio estos microorganismos fueron capaces de reducir el amonio (NH_4) a nitrito (NO_2). Además, favoreció el crecimiento de las plantas de acelga, en comparación con el CM-PC y el control.

Con base en la literatura podemos concluir que *Ralstonia solanacearum*, *Erwinia carotova* y *Pseudomonas syringae* son las bacterias fitopatógenas más comunes en especies como el tomate cherry (*Solanum lycopersicum*), el calabacín (*Cucurbita pepo*) y la papa negra (*Solanum tuberosum*). Además, podemos deducir que los tratamientos no pueden limitar por completo el crecimiento de los patógenos, pero sí se puede creer que existe un mayor potencial antagónico del CM-JBB en comparación al CM-PC por la diversidad de microorganismos presentes en el.

A modo de conclusión este proceso ha presentado un avance indispensable para la finalización de mi desarrollo universitario, debido a que ha permitido aumentar mi experiencia laboral, profesional y académica. Durante este tiempo he podido completar exitosamente las actividades propuestas en mi plan de trabajo haciendo que esta pasantía sea provechosa al máximo para todos los entes involucrados, como la Universidad Francisco de Paula Santander cuya visión se ha cumplido una vez más y para el Jardín Botánico de Bogotá que obtuvo servicios y aportes importantes durante este tiempo.

6. Recomendaciones

Realizar pruebas de producción de fitohormonas y enzimas por parte de los microorganismos que componen los caldos microbianos.

Incluir el área foliar como una variable a tener en cuenta, en las pruebas in vivo.

Para la Universidad Francisco de Paula Santander seguir brindando profesionales con calidad y ética que ayuden a diversas instituciones como el Jardín Botánico de Bogotá, a través de conocimientos tecnológicos y científicos.

Para el Jardín Botánico de Bogotá seguir brindando la oportunidad a estudiantes de diversas instituciones del país, de poder ofrecer su mano de obra por medio del proceso de prácticas y pasantías.

Referencias Bibliográficas

Agrios, G. (1997). *Introductory plant pathology*. New York: Oxford.

Alcaldía Mayor de Bogotá & Jardín Botánico José Celestino Mutis. (2007). *Proyecto 7681 Fortalecimiento de la agricultura urbana y periurbana en las localidades urbanas de Bogotá*. Bogotá: Alcaldía Mayor de Bogotá & Jardín Botánico José Celestino Mutis.

Alexander, L. (2016). *Métodos de control para la mancha bacteriana y la marchitez manchada*. Recuperado de: <https://www.hortalizas.com/cultivos/metodos-de-control-para-la-mancha-bacteriana-y-la-marchitez-manchada/>

Araujo, E. (2014). *Podredumbre blanda (Erwinia carotovora)*. Recuperado de: <http://enfermedadesdeltoma te1.blogspot.com/2014/10/podredumbre-blanda-erwinia-carotovora.html>

Asocam. (2005). *Manual del cultivo de Yacón. Experiencias de introducción y manejo técnico en el Valle de Condebamba*. Recuperado de: <http://www.asocam.org/sites/default/files/publicaciones/files/74455093814a213d6976637f4f71ad5f.pdf>

Babbal, A. & Pal Khasa, Y. (2017). Microbes as biocontrol agents. *Probiotics and Plant Health*, 2(3), 507–552. https://doi.org/10.1007/978-981-10-3473-2_24

Barnett, H. & Hunter, B. (1998). *Illustrated genera of imperfect fungi*. St. Paul, Minnesota, USA: The American Phytopathological Society.

Brock, T. & Madigan, T. (1993). *Microbiología*. New York: Prentice-Hall.

- Calvo, J. (2021). *Parque Chaquén: la conexión entre el medio ambiente, la agricultura y la salud*. Recuperado de: <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/salud/parque-chaquen-relacion-entre-salud-y-medio-ambiente>.
- Canaves, L. (2020). *Conceptos relacionados con la investigación*. Recuperado de: <https://institutoclaret.cl/wp-content/uploads/2020/03/3%C2%B0-Taller-de-investigaci%C3%B3n-semana-30-marzo.pdf>
- Cano, M. (2011). Interacción de microorganismos benéficos en plantas: Micorrizas, *Trichoderma* spp. y *Pseudomonas* spp. Una revisión. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 14(2), 15–31.
- Ceballos, G., Álvarez, E. & Bolaños, M. (2014). Reducción de poblaciones de *Ralstonia solanacearum* raza 2 (Smith) en plátano (*Musa* AAB Simmonds) con aplicación de extractos de *Trichoderma* sp. (Alesxopoulus y Mims) y bacterias antagonistas. *Revista Acta Agronómica*, 4(2), 1-8. Recuperado de: http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/rt/priniterFriendly/43121/45819
- Cedeño, L. & Palacios, E. (1993). Antracnosis en Mora de Castilla (*Rubus glaucus*) causada por *Glomerella cingulata* en Venezuela. *Revista de Fitopatología Venezolana*, 4(2), 17-20 p.
- Cestoni, F., De Jovel, G. & Urquilla, A. (2006). *Perfil de negocios de tomate cherry o cereza hacia el mercado de los Estados Unidos*. Recuperado de: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:5dXeufeuRYgJ:https://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/view/1338/520&cd=2&hl=es-419&ct=clnk&gl=co>

Correa, A., Quiroz, C., Sepulveda, P., Salas, C., Moyano, S., Elgueta, S., et al., (2017).

Fortalecimiento de la inocuidad en hortalizas de hojas. Estrategias de manejo fitosanitario en lechuga, acelga y espinaca. Santiago de Chile: Boletín INIA.

Corzo, P., Diler, J., Franco L. & Fierro, L. (2003). *Manual de papa para productores.*

Bucaramanga: CORPOICA.

D'Angelo. (2016). Enfermedad de marchitamiento fúngico en plántulas de lechuga: un modelo didáctico-experimental para la enseñanza de los postulados de Koch. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(3), 680-685.

Díaz, C. (2007). *Caracterización agro cadena de tomate. Dirección regional central occidental.*

Recuperado de: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/E70-9892.pdf>

Elbeltagy, A., Nishioka, K., Sato, T., Suzuki, H., Ye, B., Hamada, T., et al., (2001). Endophytic colonization and in plant a nitrogen fixation by a *Herbaspirillum* sp. isolated from wild rice species. *Applied and Environmental Microbiology*, 67(11), 5285–5293.

García, D., Mesa, N. & Ocampo, M. (2015). Estandarización del protocolo de desinfección para la micropropagación de *Aspidosperma polyneuron*. Artículo de investigación. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 4(2), 9-10.

García, J., López, F., Ruiz, N., Lira, R., Vera, L. & Méndez, B. (2016). *Técnicas para evaluar germinación, vigor y calidad fisiológica de semillas sometidas a dosis de Nanopartículas.*

Recuperado de: <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1025/334>

Gliessman, R. & Mendez, E. (2000). Un enfoque interdisciplinario para la investigación en agroecología y desarrollo rural en el trópico latinoamericano. *Advancing Transdisciplinary and*

Participatory Action Research (PAR) in Agroecology, 4(64), 5-16. Recuperado de:

https://www.researchgate.net/publication/262822185_Un_enfoque_interdisciplinario_para_la_investigacion_en_agroecologia_y_desarrollo_rural_en_el_tropico_Latinoamericano_An_interdisciplinary_approach_for_research_in_agroecology_and_rural_development_in_

Gómez, M. (2005). *Programa de Agricultura Urbana en Bogotá D.C.* Recuperado de:

www.dama.gov.co/mem_encuentro/13.pdf.

González, J. (2015). *En qué consiste la Agricultura Urbana – TvAgro*. Recuperado de:

<https://www.youtube.com/watch?v=MAtf9nUZQ0c>

Guerrero, C. & Sánchez, C. (2010). *Procedimientos en Microbiología Clínica Recomendaciones de la Sociedad Española de Enfermedades Infecciosas y Microbiología*. Recuperado de:

<https://seimc.org/contenidos/documentoscientificos/procedimientosmicrobiologia/seimc-procedimientomicrobiologia1a.pdf>

Hernández, T., Carrión, L. & Heredia, H. (2011). *Solubilización in vitro de fosfatos por una cepa de Paecilomyces lilacinus (Thom) Samson*. México: Instituto de Ecología A. C.

Horton, R. & Moran, L. (2008). *Principios de bioquímica*. Recuperado de:

http://students.aiu.edu/submissions/profiles/resources/onlineBook/p9c7T9_4%20Principios%20de%20bioquimica%204ed%20Horton.PDF

Infoagro Systems. (2016). *El cultivo de tomate: Parte I*. Recuperado de: http://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_tomate_parte_i_.asp

Instituto Colombiano Agropecuario. (2011). *Manejo fitosanitario del cultivo de la papa*.

(Solanum tuberosum sub sp. Andigena y S. phureja). Medidas para la temporada invernal.

Recuperado de: <https://www.ica.gov.co/getattachment/b2645c33-d4b4-4d9d-84ac-197c55e7d3d0/Manejo-fitosanitario-del-cultivo-de-la-papa-nbsp;--.aspx>

INTAGRI. (2021). *Los Entomopatógenos, Control Biológico de Plagas*. Recuperado de: <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/los-entomopatogenos-control-biologico-de-plagas>

Jácome, A. (2021). *Valoración de la efectividad de un caldo microbiano en procesos nutricionales y fitosanitarios en dos especies de utilidad en la agricultura urbana*. Bogotá: Jardín Botánico de Bogotá.

López, J. (2017). *Calabacín, cultivos al aire libre. Cultivos Hortícolas al aire libre*. Murcia España: FundaciónCajamar.

Mamphogoro, T., Babalola, O. & Aiyegoro, O. (2020). Exploitation of epiphytic bacterial antagonists for the management of post-harvest diseases of sweet pepper and other fresh produce— a viable option. *Ciencia y Tecnología de Biocontrol*, 4(1), 741–761. <https://doi.org/10.1080/09583157.2020.1775175>

Mantilla, L., Villalba, M. & Oviedo, L. (2007). Bacterias fijadoras asimbióticas de nitrógeno de la zona agrícola de San Carlos. Córdoba, Colombia. *Revista Colombiana Biotecnologica*, 9(2), 1-15. <https://www.redalyc.org/pdf/776/77690202.pdf>

Martínez, E., Barrios, G., Rovesti, L. & Santos, R. (2006). *Manejo Integrado de Plagas: Manual Práctico*. La Habana, Cuba: INISAV.

Martínez, J. A. (2012). *Bacteria Clavibacter*. Recuperado de: <http://fitopatologiajam.blogspot.com/2012/06/bacteria-clavi-bacter.html>

- Molina, J., Santos, B. & Aguilar L, (2004). *Manejo integrado de plagas*. Recuperado de:
<https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENH10M722.pdf>
- National Plant Protection Organization. (2022). *Ralstonia solanacerum*. Recuperado de:
<https://gd.eppo.int/taxon/RALSSO/photos>
- Nissan, J., Carrión J., Ciampi L., Costa, M., Fuentes, R. & Schonitz, R. (2008). *Biocontrol de Erwinia carotovora en Cala. Instituto de Producción y Sanidad Vegetal*. Tesis de grado. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.
- Osorio, N. (2009). 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*, 4(2), 43–71. https://doi.org/10.38141/10791/0003_3
- Pacheco, A. & Montoya, C. (2008). *Sembrando para el futuro*. Recuperado de:
<https://www.unicef.org/colombia/sembrandofuturoconeducacion>
- Patiño, C. & Sanclemente, O. (2014). Los microorganismos solubilizadores de fósforo (MSF): una alternativa biotecnológica para una agricultura sostenible. *Etramado*, 20(1), 11-12.
Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/entra/v10n2/v10n2a18.pdf>
- Pedraza, L., López, C. & Uribe, D. (2019). *Mecanismos de acción de Bacillus spp. (Bacillaceae) contra microorganismos fitopatógenos durante su interacción con plantas*. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Ram, R., Keswani, C., Bisen, K., Tripathi, R., Singh, S. & Singh, H. (2018). Biocontrol Technology. *Omics Technologies and Bio-Engineering*, 4(2), 177–190.
<https://doi.org/10.1016/b978-0-12-815870-8.00010-3>

- Ramírez, E. (2015). *En qué consiste la Agricultura Urbana – TvAgro*. Recuperado de:
<https://www.youtube.com/watch?v=MAtf9nUZQ0c>
- Ramos, E. & Zuñiga, D. (2008). *Efecto de la humedad, temperatura y pH del suelo en la actividad microbiana a nivel de laboratorio*. Tesis de grado. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Reche, J. (2015). *Cultivo intensivo del calabacín*. Recuperado de:
<https://www.olivosdebadajoz.com/PLANTAS-DE-HORTALIZA/Calabacin.pdf>
- Red Aguila. (2007). *Género y Agricultura Urbana*. Recuperado de:
<https://ruaf.org/assets/2020/01/RAU1.pdf>
- Rivero, D., Cruz, A., Martínez, B., Ramírez, M. & Rodríguez, A. (2009). Actividad antifúngica in vitro de la quitosana sigma frente a hongos fitopatógenos causantes del manchado del grano en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.). *Fitosanidad*, 13(2), 101-107.
- Rodríguez, N. & Toro, C. (2006). *Estandarización del tiempo de incubación y concentración de $CaCO_3$, $SO_4(NH_4)_2$ y KNO_3 para la prueba NMP con bacterias nitrificantes y desnitrificantes usando como matriz compost*. Tesis de grado. Universidad Pontificia Javeriana. Bogotá, Colombia.
- Salazar, G. (2004). *Programa de agricultura urbana y periurbana y seguridad alimentaria en Bogotá, distrito capital*. Tesis de grado. Universidad Pontificia Javeriana. Bogotá, Colombia.
- Sánchez, F., Fernández, R., Galán, D., Aguayo, S. & Díaz, G. (2018). *Metodología para la Toma de Muestra de Microorganismos Altamente Patógenos en Las Matrices Ambientales Aire,*

Agua y Suelo/Sedimento. Recuperado de:

<http://gesdoc.isciii.es/gesdoccontroller?action=download&id=25/01/2019-f06e501959>

Sánchez, M. (2012). *Manejo de enfermedades del tomate*. Recuperado de:

<http://www.funprover.org/formatos/manualTomate/>

[Manejo%20de%20Enfermedades%20del%20Tomate.pdf](#)

Sarmiento, M., Lara, O., Tolosa, J. & Cataño, J. (2017). *Estudio de factibilidad para la fabricación y comercialización de hojuelas de yacón en Bogotá*. Tesis de grado. Universidad Católica de Colombia. Bogotá, Colombia.

Semillaria. (2015). *Clasificación taxonómica de tomate*. Recuperado de:

<http://semillaria.es/index.php/cultivos-ok/29-cultivos/94-taxonomia>

Seminis. (2015). *Guía de la enfermedad del Tomate*. Recuperado de: <http://www.seminis.com/global/es/growerresources/Documents/guias%20enfermedades/>

[GUIA%20ENFERMEDAD%20TOMATE.pdf](#)

[GUIA%20ENFERMEDAD%20TOMATE.pdf](#)

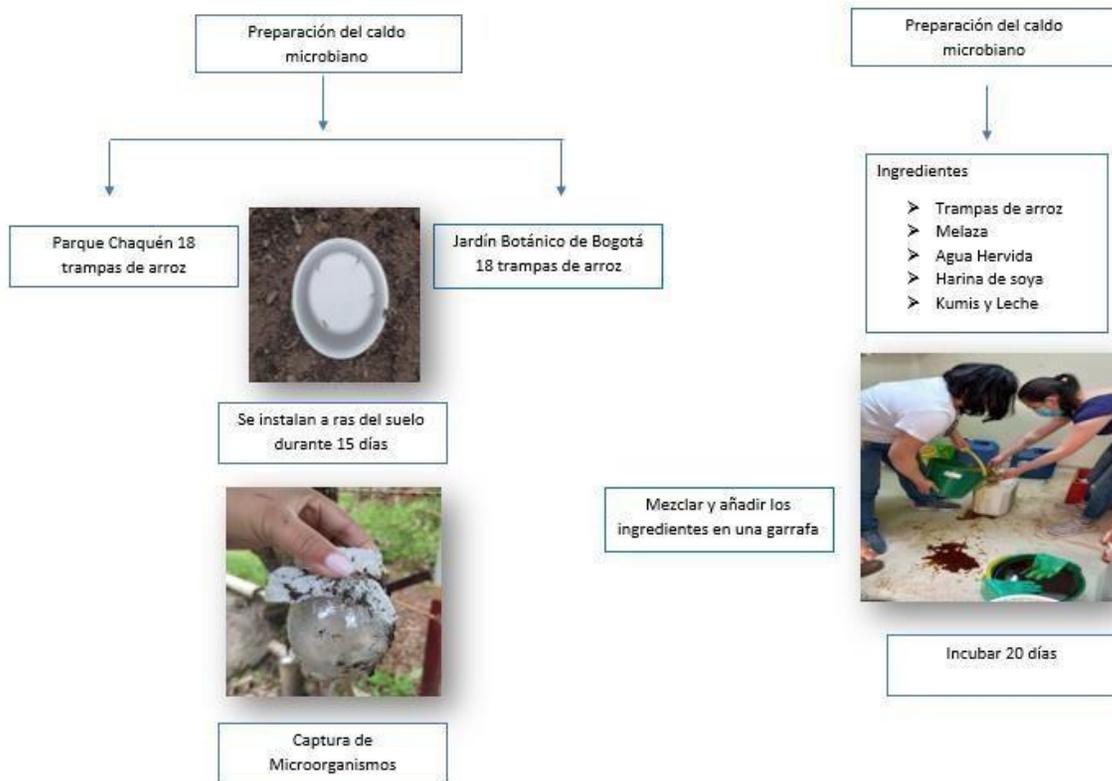
Torres, C., Casas M. & Díaz, J. (2013). Manejo de *Ralstonia Solanacearum* raza 2 a través de productos químicos y biológicos. *Iteckne*, 10(2), 1-11.

Urbina, C. (2009). *Manual del Cultivo de tomate (Lycopersicon esculentum Mill.): Manejo integrado de las principales plagas y enfermedades*. Tesis de grado. Universidad de Chile. Santiago de Chile, Chile.

Valderrama, L. (2013). *Evaluación de cepas nativas de Azotobacter spp. como agente reductor de urea en el cultivo de caña de azúcar (Saccharum spp.)*. Tesis de grado. Universidad del Valle. Cali, Colombia.

Anexos

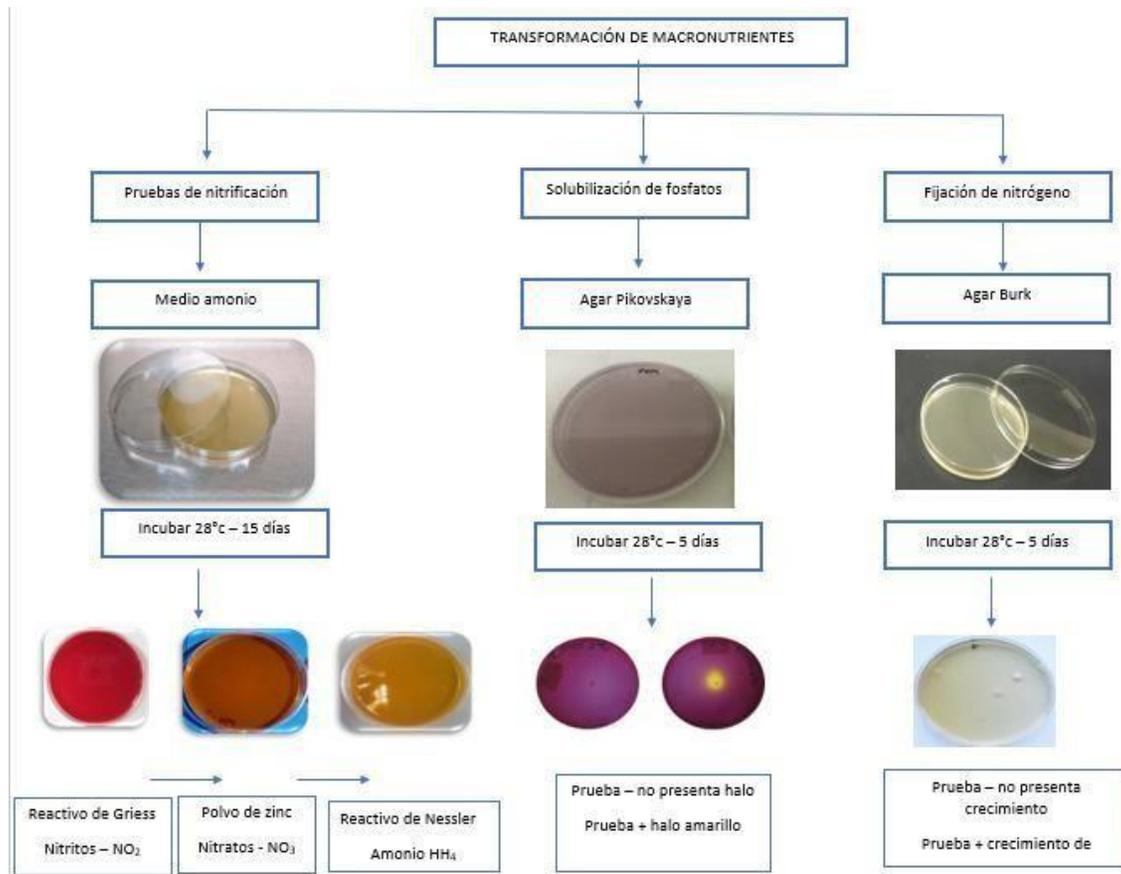
Anexo 1. Flujograma sobre la preparación de las trampas y caldo microbiano



Anexo 2. Flujoograma sobre la caracterización de microorganismos en el caldo microbiano



Anexo 3. Flujograma sobre la transformación de macronutrientes



Fuente: Rodríguez & Toro (2006), Hernández et al. (2011), Valderrama (2013).

Anexo 4. Flujograma sobre las pruebas in vivo



Anexo 5. Flujograma sobre las pruebas fitosanitarias

