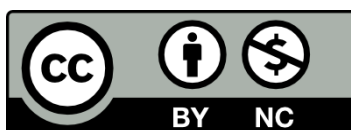


INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE AGROQUÍMICOS EN LA DIVERSIDAD
FÚNGICA Y BACTERIANA DEL SISTEMA PRODUCTIVO DE ARROZ (*ORYZA SATIVA*)
UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS, SEDE BARCELONA



YEIMY TATIANA MAYORGA MAYORGA
MARÍA CAMILA PAREDES MELO



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
INGENIERÍA AMBIENTAL
VILLAVICENCIO

2019

INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE AGROQUÍMICOS EN LA DIVERSIDAD
FÚNGICA Y BACTERIANA DEL SISTEMA PRODUCTIVO DE ARROZ (*ORYZA SATIVA*)
UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS, SEDE BARCELONA

YEIMY TATIANA MAYORGA MAYORGA
MARÍA CAMILA PAREDES MELO

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de ingeniería ambiental

Asesor

PhD-Ing. Christian José Rojas Reina

Codirector

MSc- Ing Harold Bastidas López

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
INGENIERÍA AMBIENTAL
VILLAVICENCIO

2019

Autoridades Académicas

P. JOSÉ GABRIEL MESA ANGULO O.P.

Rector General

P. EDUARDO GONZÁLEZ GIL O.P.

Vicerrector Académico General

P. JOSÉ ANTONIO BALAGUERA CEPEDA O.P.

Rector Sede Villavicencio

P. RODRIGO GARCÍA JARA O.P.

Vicerrector Académico Sede Villavicencio

JULIETH ANDREA SIERRA TOBÓN

Secretaria de División Sede Villavicencio

YÉSICA NATALIA MOSQUERA BELTRÁN

Decana de la Facultad de Ingeniería Ambiental

Nota De Aceptación

YÉSICA NATALIA MOSQUERA BELTRÁN

Decana de la Facultad de Ingeniería Ambiental

CHRISTIAN JOSÉ ROJAS REINA

Director Trabajo de Grado

HAROLD BASTIDAS LÓPEZ

Codirector Trabajo de Grado

RODRIGO ISAAC VELOSA CAICEDO

jurado

Dedicatoria

A la memoria de Jennifer Xilena Huertas Hernández, Juan Felipe Manjarres Contreras y Julián Ríos grandes compañeros y amigos que quedaron cerca de este gran sueño de ser profesionales.

Agradecimientos

Quiero agradecer a Dios por permitirme culminar este hermoso camino universitario, lleno de tantas enseñanzas y obstáculos. También a mi familia por el apoyo incondicional que me han brindado a lo largo de mi vida, en especial quiero agradecer a mi madre Heliana Mayorga, a mi padre Miguel Ángel Mayorga y mi abuela Ana Elba Romero por todos los sacrificios que realizaron para llevar a cabo este sueño. Además, agradezco a mis hermanos Leidy Mayorga y Felipe Mayorga, a mi mejor amiga Mónica Guevara y mis compañeros, los cuales me apoyaron en cada dificultad e hicieron que este camino fuera más ameno.

Yeimy Tatiana Mayorga Mayorga

Doy gracias a Dios por darme las fuerzas para poder culminar esta gran meta, la cual no fue fácil, pero con ayuda de cada compañero, amigo y familiar lo pude lograr. Además, quiero darle las gracias a mi madre Ana Melo y mi padre Mauricio Paredes R ya que sin ellos no hubiese sido posible, a mi hermano Mauricio Paredes M por el enorme apoyo que me presto durante toda mi carrera, a mi hermano Carlos Andrés Paredes por el ejemplo que me ha dado y a mi compañero de vida José Luis Pulido por apoyarme en las dificultades que se me presentaron a lo largo de este camino.

María Camila Paredes Melo

Por último, pero no menos importante queremos dar las gracias a nuestro Director Christian Rojas, nuestro Codirector Harold Bastidas López por confiar en nosotras y orientarnos de una manera tan idónea y profesional, además a Dalila Franco por el apoyo brindado durante el desarrollo del proyecto, también agradecemos a la decana de la facultad Yesica Natalia Mosquera, cada directivo, docente y personal de la Universidad Santo Tomas (Sede Villavicencio) por ser parte de este gran logro.

Yeimy Tatiana Mayorga Mayorga & María Camila Paredes Melo

Contenido

Resumen	12
Abstract.....	14
Introducción.....	16
1. Preliminares.....	17
1.1 Planteamiento del problema	17
Formulación entorno al problema Hipótesis.....	18
1.1. Objetivos.....	19
Objetivos específicos	19
1.2. Justificación	20
1.3. Alcance	22
1.4. Antecedentes.....	24
1.5. Marco de referencia	28
Marco Conceptual.....	29
Marco Legal.....	32
2. Metodología	33
2.1. Primera fase: Caracterización fisicoquímica del suelo.....	34
2.2. Segunda fase: Caracterización microbiológica del suelo	35
Procedimiento en laboratorio Preparación de los medios de cultivo.....	35
Cuantificación de microorganismos	36
Tinción de Gram (Bacterias)	37
Coloración	37
Producción de catalasa.....	38
Oxidasa	38
Toma de datos.....	38
2.3. Tercera fase: Comparación de los parámetros fisicoquímicos, la diversidad fúngica y bacteriana.....	39
3. Resultados – Análisis	40
3.1. Resultados de la Primera fase: Caracterización fisicoquímica del suelo.....	40
Análisis de datos	40
3.2. Resultados de la Segunda fase: Caracterización microbiológica del suelo	42
Bacterias	42
Análisis de datos.....	45
Hongos.....	48

INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE AGROQUÍMICOS	7
Análisis de datos	55
3.3. Resultados de la Tercera fase: Comparación de los parámetros fisicoquímicos, la diversidad fúngica y bacteriana.....	59
4. Conclusiones	65
5. Recomendaciones.....	67
Bibliografía.....	68

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Agroquímicos aplicados al arroz.	31
<i>Tabla 2.</i> Normativa que rige lo referente al proyecto.....	32
Tabla 3. Descripción metodológica para el desarrollo del proyecto.....	39
<i>Tabla 4.</i> Parámetros fisicoquímicos de las muestras que se tomaron antes de la aplicación de agroquímicos y después de la última aplicación.	40
Tabla 5. Bacterias identificadas (pág. 42) Inicia tabla.....	42
Tabla 6. Hongos identificados en el arroz (pág. 48) Inicia la tabla	48
Tabla 7. Hongos identificados en el pastizal (pág. 54) Inicia la tabla	54
<i>Tabla 8.</i> Comparativo de las dosis de agroquímicos aplicados y las recomendadas por (<i>Rotan Agro Colombia S.A.S, 2014</i>), (<i>Inquiport, 2012</i>), (<i>Vecol, 2016</i>), (<i>DVAgro Colombia, 2014</i>), (<i>Syngenta Colombia, 2018</i>), (<i>DVAgro Colombia, 2014</i>), (<i>Nufram, 2018</i>), (<i>DVAgro Colombia, 2014</i>), (<i>DVAgro Colombia, 2014</i>), (<i>ADAMA Andina B.V. Sucursal Colombia, 2017</i>), (<i>Departamento técnico ADAMA, 2017</i>), (<i>NEDERAGRO S.A, 2012</i>), (<i>Syngenta, 2019</i>).	62

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Ubicación geográfica de la Universidad de los Llanos y las áreas abordadas por Yeimy Mayorga, 2019 de "Software ArcGis 10.2.2".....	23
Figura 2. Línea de tiempo antecedentes del proyecto por Yeimy Mayorga, 2019.	27
Figura 3. Metodología del proyecto por María Paredes, 2019.....	33

Lista de Gráficos

	Pág.
Gráfico 1. Precipitaciones que se presentaron en los días de muestreo por Cormacarena.	59
Gráfico 2. Unidades Formadoras de Colonia de bacterias en arroz y pastizal por Yeimy Mayorga,2019.	60
Gráfico 3. Unidades Formadoras de Colonia de hongos en arroz y pastizal por María Paredes,2019.	61
Gráfico 4. Dosis aplicada Vs Dosis recomendada de agroquímicos en el arroz por María Paredes ,2019 a partir de los manuales de utilización de agroquímicos.	63

Glosario

Sistemas de producción agrícola: Conjunto de actividades en que se organiza, administra y ejecuta con base en objetivos, recursos, y factores de producción utilizando diferentes prácticas para obtener alimentos (Duarte Torres, Ríos Gallego, & Zakzuk, 2017).

Microbiología del suelo: Rama de la microbiología que estudia la población microscópica del suelo y su participación en las transformaciones que ocurren, además de la nutrición de las plantas y el rendimiento de las cosechas (Gómez Rodríguez & Rincón Cárdenas, 2017).

Diversidad fúngica y bacteriana de suelos cultivados: Es un indicador de la fertilidad y del estado sanitario del suelo, además tiene un papel fundamental en el desarrollo de las especies vegetales instaladas en el mismo (Burgos Ramírez, 2014).

Sistema productivo de arroz: El arroz es una especie que hace parte de la familia de gramíneas, además capturan CO₂ y aportan 6 ton/ha de materia vegetal, para mejorar la estructura de los suelos (Federación Nacional de Arroceros, 2003).

Cercosporiosis: Es una enfermedad foliar que produce manchas lineales de poca gravedad, es común en plantas que crecen en condiciones edáficas desfavorables como deficiencia de fósforo y potasio (Intriago, García, Peláez, Estupiñán, & Villao, 1991).

Resumen

En este estudio se evaluó la influencia de la aplicación de agroquímicos en la diversidad fúngica y bacteriana del sistema productivo de arroz (*Oryza sativa*), para ello se tuvo en cuenta los parámetros fisicoquímicos (temperatura, pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio) y la caracterización de la diversidad fúngica y bacteriana. La investigación se desarrolló en Villavicencio-Meta, específicamente en los predios de la Universidad de Los Llanos, Sede Barcelona. La influencia del sistema productivo de arroz se comparó con un pastizal (*Panicum maximum*), en un área testigo, para ello se tuvo en cuenta la rizosfera del suelo a una profundidad de (0-10 cm). Posterior al monitoreo de los parámetros fisicoquímicos, la diversidad fúngica y bacteriana, se analizó estadísticamente las variables abordadas por medio del software IBM SPSS Statistics 25.

Mediante el análisis y la evaluación de las propiedades fisicoquímicas, la caracterización de la diversidad fúngica y bacteriana y el análisis estadístico, se determinó que, la diferencia en las propiedades fisicoquímicas anterior y posterior a la aplicación de los agroquímicos fueron mínimas, ya que el pH, en el área del sistema productivo de arroz fue de 5,1 a 5,2, indicando un suelo extremadamente ácido, así mismo se presentaron los demás parámetros con cambios de 0,1 a 0,2, a excepción de la conductividad eléctrica, la cual se presentó 309 a 153,3 $\mu\text{/cm}$ y el fósforo el cual se presentó de 37,2 a 43,8% , es decir que presentaron un cambio significativo. En la caracterización de microorganismos, se encontró un total de 12 colonias bacterianas y 35 colonias fúngicas, donde gran parte de estas fueron patógenas, cada una con su descripción macroscópica y con sus respectivos géneros, exceptuando algunas colonias bacterianas a las que no se logró identificar su género. En cuanto a la diversidad fúngica y bacteriana luego del respectivo análisis

INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE AGROQUÍMICOS

estadístico en las áreas, se presentó diferencias numéricas en las UFC, pero no diferencias significativas.

Es decir que la influencia de la aplicación de agroquímicos en el sistema productivo de arroz, no es significativa, un factor que pudo llegar a influir fue que las cantidades aplicadas de agroquímicos al área no son excesivas, es decir cumple con las dosis recomendadas. Los resultados obtenidos servirán de referencia para las personas que deseen desarrollar futuros proyectos de investigación o actividades relacionadas con la temática.

Palabras Clave: UFC, microorganismos del suelo, agroquímicos y pastizal.

Abstract

In this study, the influence of the application of agrochemicals on the fungal and bacterial diversity of the rice production system (*Oryza sativa*) was evaluated, taking into account the physicochemical parameters (temperature, pH, electrical conductivity, organic matter, nitrogen, phosphorus and potassium) and characterisation of fungal and bacterial diversity. The research was carried out in Villavicencio-Meta, specifically on the premises of the University of Los Llanos, Sede Barcelona. The influence of the rice production system was compared with a grassland (*Panicum maximum*), in a control area, for this purpose the rhizosphere of the soil at a depth of (0-10 cm) was taken into account. Following the monitoring of physicochemical parameters, fungal and bacterial diversity, the variables addressed by the software IBM SPSS Statistics 25 were statistically analyzed.

Through analysis and evaluation of physicochemical properties, characterisation of fungal and bacterial diversity and statistical analysis, it was determined that the difference in the physicochemical properties before and after the application of the agrochemicals were minimal, since the pH, in the area of the rice production system was 5,1 to 5,2, indicating an extremely acidic soil, were also presented the other parameters with changes of 0,1 to 0,2, with the exception of the electrical conductivity, which was presented 309 to 153,3 μ /cm and the phosphorus which was presented of 37,2 to 43.8 % , representing a significant change. In the characterization of microorganisms, a total of 12 bacterial colonies and 35 fungal colonies were found, where a large part of these were pathogenic, each with its macroscopic description and with their respective genera, with the exception of some bacterial colonies whose genus was not identified. As for fungal

INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE AGROQUÍMICOS

and bacterial diversity after the respective statistical analysis in the areas, numerical differences were presented in the CFU, but not significant differences.

That is to say that the influence of the application of agrochemicals in the rice production system, is not significant, a factor that could come to influence was that the applied quantities of agrochemicals to the area are not excessive, that is to say it meets the recommended dosages. The results obtained will serve as a reference for people who wish to develop future research projects or activities related to the topic.

Keywords: CFU, soil microorganisms, agrochemicals and grassland.

Introducción

La presente investigación se enfocó en el recurso suelo y su amplia variedad de microorganismos, en los cuales están las bacterias, y los hongos, con funciones fundamentales como la descomposición de materia orgánica e incluso de agentes químicos en el suelo, la aplicación de estos ha aumentado de una manera continua, en los diferentes sistemas de producción, aunque en los países desarrollados se observa una tendencia actual a la reducción en el uso de los mismos, no obstante, se siguen aplicando en forma intensiva en algunos países tropicales. Se ha determinado que una mínima cantidad del agroquímico aplicado alcanza a la plaga, mientras que el restante circula por el medio ambiente, llegando a contaminar probablemente el suelo, agua y la biota (Torres & Capote, 2004).

Por otra parte, los sistemas de producción deben contar con un suelo sano, por ello es necesario conocer sus características, ya que con base en estas se determina la actividad a la cual puede ser sometido, de esta manera no se causará un daño irreversible en el mismo. En el departamento del Meta el arroz es uno de los sistemas de producción importantes para su desarrollo económico, por lo cual diferentes entes se han enfocado en la realización de estudios basados en análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para lograr bases fundamentadas para un buen manejo del recurso suelo.

Teniendo en cuenta lo anterior, se considera que es de gran importancia realizar un proyecto encaminado a establecer la influencia de la aplicación de agroquímicos en la diversidad fúngica y bacteriana en el sistema productivo de arroz.

1. Preliminares

1.1 Planteamiento del problema

Los agroquímicos son un componente importante de la agricultura moderna, ya que contrarrestan los efectos negativos de las diferentes plagas y enfermedades que disminuyen de manera significativa la producción de los cultivos (Chaves Bedoya, Ortiz Rojas, & Ortiz Moreno, 2013).

Para mejorar el rendimiento en la producción agrícola, el uso de fertilizantes es importante para suministrar a la planta los elementos que estas requieren (Pérez Vélez, 2014), el resultado favorable de esta práctica depende de las propiedades del agroquímico, propiedades fisicoquímicas del suelo y las condiciones climáticas (Chaves Bedoya, Ortiz Rojas, & Ortiz Moreno, 2013).

Sin embargo, el uso inadecuado de estos productos por su aplicación de manera continua y/o en altas cantidades genera variabilidad en los principales parámetros fisicoquímicos del suelo, lo cual produce deficiencia de los micronutrientes y a su vez variaciones que repercuten tanto en la disponibilidad y diversidad de los microorganismos como en el desarrollo de sus procesos biológicos, esenciales para obtener mejores características del suelo y una buena calidad de los productos cultivados (Owen Barletto, 1995).

De este modo, es necesario resaltar que la microbiota del suelo tiene una gran variedad de microorganismos, los cuales se encuentran presentes de manera significativa en la rizosfera del suelo, incluyendo las colonias fúngicas y bacterianas, estas son importantes por su intervención en el ciclo de los nutrientes, asociación a las raíces de las plantas y desintegración de la materia orgánica (Investigación y desarrollo agroalimentario-IDEAGRO, 2015).

La diversidad de los microorganismos se está viendo influenciada por los factores que se nombraron inicialmente, generando repercusiones directas en nutrientes importantes para el

INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE AGROQUÍMICOS

crecimiento vegetal, tales como nitrógeno y fósforo (IDEAGRO, 2015), además de disminuir la actividad de enzimas del suelo e influir en reacciones bioquímicas como nitrificación, desnitrificación, mineralización de la materia orgánica, amonificación, metanogénesis y las reacciones redox (Hussain, Siddique, Saleem, Arshad, & Khalid, 2009).

Formulación entorno al problema

Hipótesis

(Ho): La aplicación de agroquímicos en el sistema productivo de arroz influirá en los parámetros fisicoquímicos y la diversidad fúngica y bacteriana presente en la rizosfera del suelo, por lo cual se plantea que todos los parámetros fisicoquímicos presentaran variaciones y se disminuirá de manera significativa las colonias presentes en el suelo, en relación con el área testigo (pastizal).

(H1): La aplicación de agroquímicos en el sistema productivo de arroz influirá en los parámetros fisicoquímicos y la diversidad fúngica y bacteriana presente en la rizosfera del suelo, por lo cual se plantea que algunos parámetros fisicoquímicos presentaran variaciones y se disminuirá numéricamente, pero no significativamente las colonias presentes en el suelo, en relación con el área testigo (pastizal).

A continuación, se propone una pregunta referente a la problemática planteada

¿Cómo influye la aplicación de agroquímicos en la diversidad fúngica y bacteriana en el sistema productivo de arroz (*Oryza sativa*) comparándolo con un pastizal (*Panicum maximum*), el cual durante 5 años no ha tenido aplicación de agroquímicos (área testigo), ubicados en la Universidad de Los Llanos, Sede Barcelona, en un periodo de 4 meses?

1.1.**Objetivos**

Objetivo general

Evaluar la influencia de la aplicación de agroquímicos (herbicidas, fungicidas, insecticidas y fertilizantes) en la diversidad fúngica y bacteriana del sistema de producción agrícola de arroz (*Oryza sativa*), en comparación con un pastizal (*Panicum maximum*) como área testigo, bajo condiciones experimentales, en terrenos de la Universidad de Los Llanos, Sede Barcelona.

Objetivos específicos

- Determinar las condiciones del suelo a partir de pruebas en campo y ensayos de laboratorio de parámetros fisicoquímicos, en las etapas anterior y posterior a la aplicación de agroquímicos, tanto en el sistema de producción de arroz como en el pastizal (área testigo) en la rizosfera del suelo.
- Caracterizar la diversidad fúngica y bacteriana en la rizosfera del suelo a una profundidad de (0-10 cm), a partir del desarrollo de medios de cultivo en laboratorio de las áreas abordadas.
- Valorar la influencia de los agroquímicos por medio de un análisis estadístico (Método DUNCAN) de los parámetros fisicoquímicos, la diversidad fúngica y bacteriana del sistema de producción de arroz con el área testigo (pastizal).

1.2.**Justificación**

En Colombia la mayoría de los productores agrícolas usan agroquímicos para aumentar las demandas nutricionales que exigen sus cultivos, lo que conlleva a que se presente la necesidad de aplicar fertilizantes para obtener una producción óptima, a pesar de esta necesidad, el manejo de los agroquímicos no siempre es el más eficiente, lo que trae consigo alteraciones en el suelo (Pérez Vélez, 2014).

La constante explotación de los suelos que se presenta en Colombia es posiblemente una de las causas que ha tenido como consecuencia la disminución de la fertilidad natural que estos tienen, llevando así a un deterioro en la producción de diferentes cultivos, es por esto que los fertilizantes naturales o sintéticos se han vuelto esenciales para reincorporar al suelo esas necesidades que ya no se están cumpliendo, ya que una correcta y adecuada disponibilidad de los nutrientes es un factor necesario para que cualquier producción agrícola tenga un buen rendimiento (Pérez Vélez, 2014).

Además, la aplicación de dosis incorrectas de agroquímicos a los sistemas de producción agrícola induce a la deficiencia de los micronutrientes, afectando a los microorganismos presentes en el suelo, generando una alta variabilidad en los principales parámetros fisicoquímicos y disminuyendo la calidad del producto en el sistema productivo (Owen Barletto, 1995).

Gran parte del territorio basa su economía en la agricultura, según (DANE, 2016) el 13,5% del total de las áreas sembradas de arroz a nivel nacional pertenece al departamento del Meta de las

INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE AGROQUÍMICOS

cuales 555.481 ha aproximadamente son fertilizadas (Pérez Vélez, 2014), estos valores se deben a las características del suelo y clima que tiene el departamento, las cuales son favorables para los cultivos de arroz.

Es por esto que se ha recomendado realizar estudios en los sistemas de producción de arroz del departamento del Meta, ya que estos permiten conocer el estado y la capacidad productiva del mismo (Torres Duggan, 2010). Por otro lado, es importante destacar dentro de estos estudios, la rizosfera como aspecto fundamental de la microbiota del suelo, ya que en esta se encuentra la mayor actividad microbiana y además funciona como una zona de amortiguamiento microbiológico (Rodríguez Limach, 2004), debido a que este es un ambiente con gran cantidad de nutrientes y energía que favorecen su desarrollo (García, 2013). Generalmente la profundidad de la rizosfera está en el rango de (0-20 cm), pero para efectos de esta investigación, se considerarán los muestreos a una profundidad de (0-10cm), debido que allí se concentra la mayor actividad microbiana (León Velandia, 2006).

Esta investigación fue una cooperación entre las dos universidades más importantes del departamento del Meta, como lo es la Universidad Santo Tomás y la Universidad de los Llanos. Los resultados de la investigación fueron financiados por el grupo de investigación INPROCUFO de la Unillanos, mientras que la ejecución fue realizada por los autores pertenecientes a la Universidad Santo Tomás Villavicencio. De este modo, los resultados obtenidos servirán de referencia para las personas que deseen desarrollar futuros proyectos de investigación o actividades relacionadas con la temática.

1.3.**Alcance**

La investigación se llevó a cabo en la Universidad de los Llanos Sede Barcelona, Localizada a 4°05'23'' Norte, 72°57'43'' Oeste, en el Kilómetro 12 vía Puerto López, allí se cuenta con una granja destinada a campos de prácticas y producción agrícola.

Específicamente el trabajo abordó el sistema productivo de arroz seco mecanizado favorecido y un pastizal con diversa vegetación, al cual no se le ha aplicado ningún tipo de agroquímico en 5 años, las dos áreas cuentan con una extensión de 0,8 ha. La realización del mismo tuvo un lapso de tiempo de 4 meses, en los cuales se realizaron pruebas en campo y ensayos de laboratorio, para finalmente poder evaluar la influencia de la aplicación de agroquímicos en la diversidad fúngica y bacteriana del sistema productivo agrícola de arroz.

La ubicación de la Universidad de los Llanos, el sistema productivo de arroz y el pastizal se observan en la Figura 1.

INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE AGROQUÍMICOS

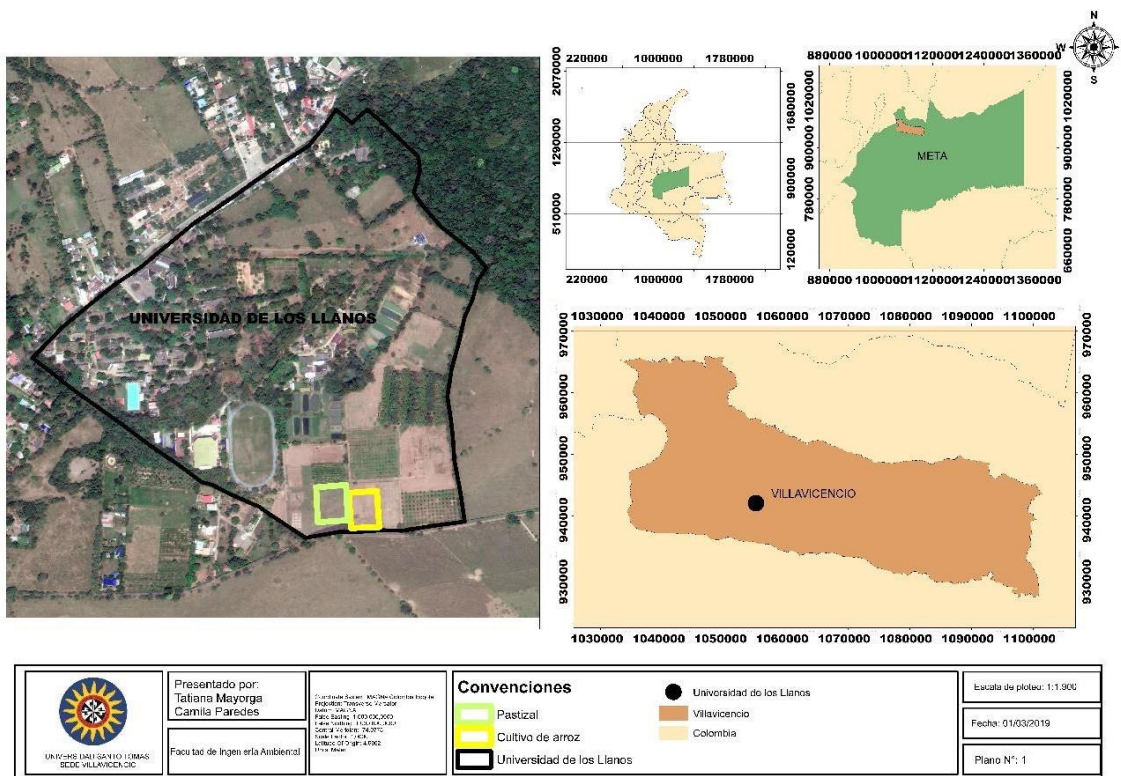


Figura 1. Ubicación geográfica de la Universidad de los Llanos y las áreas abordadas por Yeimy Mayorga, 2019 de “Software ArcGis 10.2.2

1.4.**Antecedentes**

El uso de agroquímicos en la agricultura tiene su origen en el siglo XIX, las primeras sustancias utilizadas fueron a base de azufre, cal, arsénico y fósforo, de manera que a mediados del siglo XX aumentó el uso de agroquímicos; debido a los cambios en los modelos de producción y cultivo. Para estimar la influencia que tiene la aplicación de agroquímicos no solo en el recurso suelo, si no en animales, plantas y en los microorganismos es importante tener en cuenta algunas características tales como la persistencia, la cual permite medir la estabilidad química en el medio ambiente, el rango de acción que mide la actividad toxica de un compuesto y el modo de actuar, definido como la capacidad de influir en el proceso vital de un organismo (Pacheco & Itatí Barbona, 2017).

En un estudio realizado por la Universidad de Padova en Italia, el uso de agroquímicos tiene una incidencia en la microbiota presente en el suelo, específicamente en el número de microorganismos y bacterias, además de provocar alteraciones bioquímicas, disminución en su actividad como biofertilizantes, y finalmente alterando el crecimiento de las plantas (Paoletti, 1999).

En La Paz – Bolivia se realizó un estudio donde se evaluó la influencia que tenían los agroquímicos Karate y Nitrofoska sobre la población microbiana de suelo con cultivo de papa en macetas, en este se pudo determinar que el número de bacterias y hongos se afectó por la textura y las dosis que se aplicaron, estas tuvieron una disminución mayor en el área donde se aplicó sobredosis del tratamiento a diferencia de donde se aplicó la dosis recomendada, siendo las bacterias más sensibles a la aplicación en exceso de las dosis de agroquímicos, además se pudo concluir que la actividad microbiana disminuyó desde los primeros muestreos (Altamirano Valero, 2015).

En Colombia Bedoya et al., 2013, realizaron un estudio donde se evaluó en condiciones de campo el efecto de la aplicación de los agroquímicos Glifosato, Bispiribac, Azoxystrobin y Malation sobre los microorganismos presentes en el cultivo de arroz en un suelo oxisol de los Llanos orientales. La metodología empleada fue la toma de muestras compuestas por medio de transeptos, se realizaron conteos microbianos con el uso de una dilución en placa y las cantidades obtenidas fueron examinadas con el análisis de varianza y prueba de comparaciones múltiples. Dentro de los resultados más relevantes del estudio, los hongos *Trichoderma* spp, *Fusarium* spp, *Penicillium* spp, los actinomicetos y los solubilizadores de fósforo; fueron los microorganismos más afectados por la aplicación, puesto que su población presentó una reducción significativa y las bacterias presentaron diferentes comportamientos dependiendo del agroquímico, cabe resaltar que algunos de estos microorganismos tienen la capacidad para metabolizar los productos (Chaves Bedoya, Ortiz Rojas, & Ortiz Moreno, 2013).

En el municipio de Pasto-Nariño se realizó un estudio en el cual se identificó las condiciones de uso y manejo de plaguicidas en el cultivo de cebolla junca (*Allium fistulosum*). Este se dividió en dos etapas, la primera consistió en jornadas de recolección y clasificación de los envases de los plaguicidas utilizados por los agricultores durante 6 meses. En esta etapa se encontró que los plaguicidas más utilizados en la zona fueron los fungicidas con el 46%, los fertilizantes con el 12,4%, los insecticidas con el 9,3% y los coadyuvantes con 6,7%. Entre los productos menos utilizados están los herbicidas con el 0,6% y los reguladores de crecimiento con 0,4%. La segunda etapa consistió en la implementación de 200 encuestas con 38 preguntas relacionadas con aspectos socioeconómicos, manejo de cultivo, uso y manejo de plaguicidas y sus riesgos potenciales. De

INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE AGROQUÍMICOS

esta encuesta se determinó que el 72% de los agricultores basan su criterio de aplicación de los productos en las indicaciones dadas por el almacén de expendios, en cuanto a la lectura de la etiqueta, se observó que el 53,5% realiza la aplicación sin entender su contenido. Finalmente se resalta que el uso inadecuado y el incremento de las dosis de estos agroquímicos han generado problemas en la salud humana, daños al medio ambiente por la acumulación de residuos en diversos ecosistemas (Arévalo , Bacca, & Soto , 2014).

A nivel departamental se encuentran estudios similares; en el municipio de Granada (Meta) se llevó a cabo una investigación donde se evaluaron las propiedades químicas y biológicas del suelo en dos sistemas de producción, arroz (*Oryza sativa*) y plátano (*Musa AAB*), con el propósito de establecer la influencia de la aplicación de agroquímicos sintéticos durante el desarrollo de los cultivos y la temporada climática. Las propiedades químicas que se consideraron fueron el pH, materia orgánica, potasio y fósforo y las biológicas: la presencia de lombriz de tierra y la textura por Bouyoucos. Como resultado se obtuvo que la calidad del suelo donde esta los cultivos de arroz y plátano es baja, puesto que el pH se encontró entre 5 y 6,5, el cultivo de arroz mostró datos superiores a 40 ppm respecto al fósforo y potasio muy bajo, la materia orgánica presentó alta deficiencia, baja presencia de la lombriz de tierra en el cultivo de plátano y total ausencia en el cultivo de arroz (Medina Mendoza & Vélez Medina, 2018).

En la Figura 2 Línea de tiempo que describe los antecedentes referentes al proyecto.

INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE AGROQUÍMICOS

INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE AGROQUÍMICOS



Figura 2. Línea de tiempo antecedentes del proyecto por Yeimy Mayorga, 2019.

1.5.**Marco de referencia**

Marco Teórico

A través del tiempo se ha considerado la microbiología del suelo como el producto de los diferentes procesos llevados a cabo, por las bacterias, hongos y otros microorganismos. Para la presente investigación es importante considerar el objetivo principal de la misma, el cual consiste en estudiar la microbiota del suelo y su participación para la nutrición de las plantas y el rendimiento de las cosechas (Valencia Zapata, 2004). Además, es relevante abordar la composición de la microbiota presente en el suelo, la cual se encuentra condicionada tanto por parámetros fisicoquímicos, vegetación y condiciones climáticas, la variación de estos factores y el tipo de suelo influyen la diversidad y la función de la microbiota (Albert, 2013).

Dentro de los parámetros físicos abordados en la presente investigación un parámetro clave es la temperatura, la cual presenta un margen para el desarrollo de los microorganismos. Dependiendo de este parámetro existen 3 divisiones: mesófilos, termófilos y psicófilos. A su vez estos últimos se subdividen en psicófilas obligados y psicófilas facultativas (Vargas Flores & Villazante Condori, 2014). Adicionalmente se tendrán en cuenta los parámetros químicos. Estos estudian la composición, propiedades y reacciones químicas en los suelos, además de servir como indicadores para evaluar problemas relacionados con la dinámica de los nutrientes vegetales y con la fertilidad del suelo. Estos parámetros están definidos principalmente por la materia orgánica y las arcillas, ya que estos son las principales fuentes de nutrientes del suelo (Pereira Morales, y otros, 2011).

Uno de los parámetros más importantes es el pH, los cambios que éste sufre en la rizosfera influye en las poblaciones microbianas: Las alteraciones que se presenten en el pH del suelo pueden estar

INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE AGROQUÍMICOS

influenciadas por los agroquímicos que se utilizan en los sistemas agrícolas, los cuales pueden ser beneficiosos como dañinos (Pérez, 2014).

Marco Conceptual

Para tener un mayor entendimiento del trabajo de investigación es necesario resaltar diferentes aspectos:

Los **agroquímicos** son sustancias destinadas a controlar o a prevenir la acción de plagas en los cultivos, regular el crecimiento y proteger el deterioro de las plantas (Pacheco & Itatí Barbona, 2017). Para efecto de esta investigación se abordaran los siguientes agroquímicos: herbicidas: los cuales causan problemas en el cultivo por que producen efecto tóxico en el crecimiento de la planta o absorben los nutrientes necesarios para la misma (Albert, 2013); fungicidas: estos inhiben o destruyen los hongos patógenos (Godoy, 2010); insecticidas: tienen el objetivo de eliminar plagas e insectos, en muchos casos aparte de eliminar la plaga objetivo son afectados otros organismos, cabe resaltar que este es el producto que más se asocia con el daño ambiental (Devine, Eza, Ogusuku, & Furlong, 2008) por último se tiene a los fertilizantes: que son sustancias usadas para suministrar elementos químicos importantes para la nutrición de las plantas (Godoy, 2010).

Otro componente importante en el suelo son los **hongos**, los cuales cumplen con funciones muy importantes para los ecosistemas, tales como el mantenimiento de la rizosfera, reciclado de nutrientes y descomposición de la materia orgánica. La interacción de estos organismos se desarrolla con las bacterias, actinomicetos y pequeños invertebrados. En los ecosistemas agrícolas

INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE AGROQUÍMICOS

las enfermedades causadas por los hongos pueden provocar pérdidas significativas en el rendimiento, la cosecha, la calidad y la vida útil de las plantas. Los impactos por las actividades humanas como la agricultura, aplicación de agroquímicos entre otros alteran su estructura, dinámica y diversidad, adicionalmente la falta de estudios limita el conocimiento sobre las afectaciones y alteraciones causadas al suelo (Ibáñez, 2012).

Otro grupo de organismos de importancia en los suelos son las **bacterias**. Es un grupo de seres vivos diverso y abundante en el suelo. Se localizan en la superficie de las partículas del suelo, teniendo una interacción con las raíces de las plantas, debido a la alta concentración de nutrientes (Pérez, 2014). Se agrupan según la habilidad que tengan para desarrollarse en los distintos ambientes, pueden ser aerobias, anaerobias o facultativas en función de la presencia o ausencia de oxígeno. De acuerdo al nivel de pH, estas pueden ser acidófilas, basófilas o neutrófilas (Pérez, 2014).

El **cultivo de arroz** es uno de los más antiguos en la actividad agrícola, se compone principalmente de almidón, una buena fuente de energía, conformada principalmente por carbohidratos. El arroz requiere para su óptimo crecimiento y desarrollo temperaturas promedio de 20 a 38 °C y humedad relativa de 54% a 87%. Este cultivo requiere de un suelo con alta capacidad de absorción y retención del agua, baja permeabilidad y una compactación moderada, además de un buen contenido de materia orgánica, bajas concentraciones de sustancias nocivas como el aluminio, sodio y sales solubles y con un pH entre 4 y 7. El suelo recomendado para su cultivo debe ser de textura fina a media como las tierras arcillosas o franco arcillosas (DANE, 2017), para efectos del presente trabajo se abordará un sistema productivo seco favorecido mecanizado de arroz, el

INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE AGROQUÍMICOS

cual tiene un lapso de 110 días en los cuales realizan 3 aplicaciones de agroquímicos (herbicidas, funguicidas, insecticidas, fertilizantes) desde pre-siembra hasta los 60 días después de la siembra.

El **pastizal** (*Panicum maximum*) tiene su origen genético en África, y fue introducido en América en 1987. Es una especie muy productiva en ambientes tropicales con media o alta fertilidad, además de producir semilla durante todo el año especialmente dentro de la época seca, sus condiciones óptimas se encuentran entre un intervalo de pH entre 5-8. Se caracteriza por presentar un porte alto, sus hojas son rectas, ascendentes, sus raíces fibrosas y largas (Carrillo A, 2017).

En la Tabla 1 se pueden observar los agroquímicos que se aplican en el sistema productivo de arroz.

Tabla 1. Agroquímicos aplicados al arroz.

Tipo de agroquímico	Nombre	Cantidad
Herbicidas	Diflufenican	0,5L/Ha
	Propanil	6L/Ha
	Pendimetalina	4L/Ha
	2-4 D Amina	0,5L/Ha
Funguicidas	Vitavax a la semilla	3g por Kg de semilla
	Amistartop	0,6L/Ha
	Kasugamicina	1,5L/Ha
	Mancozeb	3Kg/Ha
	Carbendazin	0,8L/Ha
	Propiconazol	0,5L/Ha
Insecticidas	Fipronil	0,3L/Ha
	Cipermetrina	0,2L/Ha
	Tiametoxan	0,3L/Ha
Fertilizantes	Caldo lomita	1bulto/Ha
	Urea	3bultos/Ha
	DAP	3bultos/Ha
	Cloruro de K	51 Kg/Ha
	Sulfato de magnesio	1bulto/Ha
	Sulcamag	1bulto /Ha

Nota: Descripción por tipo, nombre y cantidad y cantidad de agroquímicos que se aplican en el sistema productivo de Arroz, datos brindados por la Universidad de los Llanos, 2019.

Marco Legal

A continuación se presenta en la Tabla 2 la normativa que rige lo referente al proyecto, estas son de gran importancia y se deben tener en cuenta en el momento de la ejecución de los diferentes sistemas de producción, para tener un manejo adecuado de los agroquímicos y contribuir a la conservación del recurso suelo.

Tabla 2. Normativa que rige lo referente al proyecto

Norma	Aplicabilidad
Constitución política de 1991 Art 64,65,66 79 y 80	Establece que el estado es el encargado de proteger la diversidad e integridad del ambiente y fomentar la educación para el logro de esto.
Ley 822 del 2003	Requisitos, registro, control y procedimientos concordados para los agroquímicos genéricos de uso agrícola.
Ley 99 de 1993	Las CAR's son las encargadas de la Gestión, conservación, uso, y aprovechamiento del medio ambiente y los recursos renovables, a fin de asegurar un desarrollo sostenible.
Resolución 170 del 2009	Se declara el 17 de junio como el día nacional de los suelos y se establecen las medidas de conservación y protección del suelo.
Decretos 183 de 1991 capítulos III, IX, XII, XIII, XIV, XVI, XVII	Rige el uso, manejo y disposición de los plaguicidas así como sus desechos y residuos.
Ley 101 de 1993	Ley general del desarrollo agropecuario y pesquero, establece los propósitos para proteger el desarrollo de las actividades agropecuarias y pesqueras.
Decreto No. 1840 del 1994	Se concede al Instituto Colombiano Agropecuario ICA coordinar las campañas de control, prevención y erradicación de plagas y enfermedades, además del manejo de la sanidad ambiental, vegetal y el control técnico de los insumos agropecuarios por medio de la epidemiología.

Nota: Marco legal que rige el proyecto por Yeimy Mayorga,2019.

2. Metodología

Para el desarrollo de la investigación se contempló una metodología dividida en tres fases diferentes: Primera fase: Caracterización fisicoquímica del suelo; Segunda fase: Caracterización microbiológica del suelo y Tercera fase: Comparación de los parámetros fisicoquímicos, la diversidad fúngica y bacteriana. Estas fases están presentadas en forma esquemática en la Figura 3.

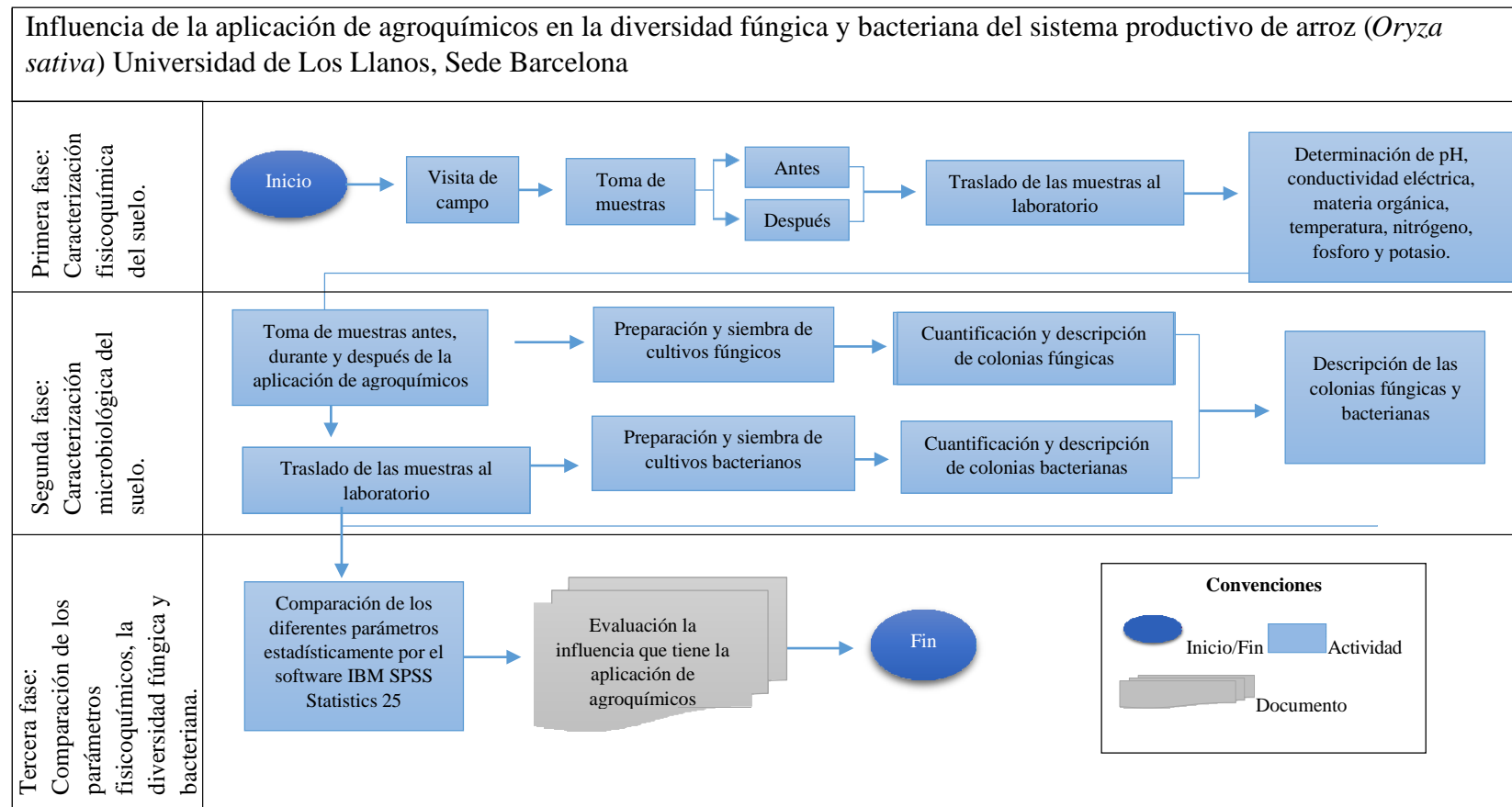


Figura 3. Metodología del proyecto por María Paredes, 2019.

2.1. Primera fase: Caracterización fisicoquímica del suelo

A partir de una visita en campo se realizó la toma de muestras en dos etapas, una anterior y otra posterior a la aplicación de agroquímicos en las áreas abordadas, con 4 repeticiones al azar, teniendo en cuenta un desplazamiento en zigzag de oriente a occidente.

Las muestras fueron analizadas en el laboratorio de suelos en la Universidad de Los Llanos, en dicho análisis se incluyó: pH, Nitrogeno Total (Nt), Materia Orgánica (MO), Fósforo (P), Potasio (K) y la textura. La temperatura y conductividad eléctrica se realizaron *in situ*, con ayuda de un termómetro edáfico y un multiparametro bajo el método descrito por (Alvarez Jaramillo, 2014).

El laboratorio de suelos de la Universidad de Los Llanos realizó los análisis de los diferentes parámetros empleando los métodos de Walkley y Black para la determinación de la materia orgánica descrito en (Carreira, 2010). El método de Bray II definido en (García Galvis & Ballesteros, 2006) para determinar el fósforo, para la textura se puso una cantidad de suelo en la mano, luego se le agregara un poco de agua, para poder manipular fácilmente, seguidamente se amasara el suelo hasta que se forme una masa homogénea y sin grumos, después de realizar estos pasos se continuara con la descripción de la textura como se indica en la guía práctica para la caracterización del suelo y del terreno (CIAT y Corporación Biotec, 2010).

INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE AGROQUÍMICOS

Finalmente, para la determinación del pH se tomaron varias muestras de los primeros 10 cm del perfil y se mezclaron en un recipiente, seguidamente se procedió a agregar una cucharada de suelo, luego se adiciono una cucharada de agua destilada, se agito muy bien durante 1 minuto, hasta que se haya formado una mezcla homogénea, se introdujo en el recipiente el pH-metro (PortalFruticola, 2017).

2.2. Segunda fase: Caracterización microbiológica del suelo

En el sistema productivo de arroz y pastizal se tomaron 4 puntos al azar para realizar el muestreo. En las áreas seleccionadas, con la ayuda de una pala se limpió la superficie y se procedió a tomar una muestra en cada punto a una profundidad de 0-10 cm. Después de tener las muestras del suelo, se colocaron en una bolsa plástica para su posterior análisis.

Para la identificación del género se tuvo el acompañamiento de la Ingeniera Agrónoma Dalila Franco González encargada del Laboratorio de Microbiología Vegetal de la Unillanos. Adicionalmente se apoyó la identificación en fuentes bibliográficas como (Manual de fisiología, patología post-cosecha y control de calidad de frutas y hortalizas), (Introducción al control de hongos patógenos en plantas superiores), (Barnett & Hunter, 1998), (Valencia Zapata, 2004), (Finch, 1974), (Garcés De Granada, Coba De Gutiérrez, & Castillo O, 1996), (Domsch, Gams, & Aderson, 1980), con las cuales se pudo realizar una comparación de las fotografías del microscopio a las colonias halladas.

Procedimiento en laboratorio Preparación

de los medios de cultivo

Se pesó 28 gr de Agar Nutriente, 39 gr de PDA más 1 gr de antibiótico (cloranfenicol), seguidamente se disolvió en un litro de agua destilada para cada medio de cultivo, se hirvió el agua y se agito constantemente para obtener una dilución completa. Se

esterilizaron 192 cajas Petri, para posteriormente verter de una manera homogénea el medio de cultivo, hasta cubrir la caja.

Cuantificación de microorganismos

Se tamizo por una criba de 2 mm la muestra, luego se transfirió 10 g al Erlenmeyer con 90 ml de agua destilada estéril para su dilución, se procedió a poner las muestras en un agitador por 20 minutos a 120 rpm; se transfirió 1 ml de la dilución (10^{-1}), a un tubo con 9 ml de agua destilada estéril marcado con 10^{-2} y se agito en el vortex por 1 minuto, se repite el procedimiento anterior para la dilución 10^{-3} ; de esta última se procederá a verter alícuotas de 1 ml sobre cajas Petri con medio PDA, tres repeticiones para cada punto; se extendió la muestra sobre la superficie de la caja Petri con ayuda de las perlas, agitando las cajas en los diferentes sentidos, se dejó en reposo 10 minutos para luego incubar en posición invertida a temperatura ambiente por un lapso de 72 horas.

Se repitió el proceso anterior con una dilución 10^{-4} , se transfirió 1 ml al tubo de la dilución anterior 10^{-3} con 9 ml de agua destilada estéril y se agito durante 1 minuto con un vortex, se extendió la muestra sobre la superficie de la caja Petri con ayuda de las perlas, agitando las cajas en los diferentes sentidos, para completar el área en el medio Agar Nutriente, se dejó en incubación invertida a temperatura ambiente por 24 horas.

Posteriormente se realizó el cálculo de Unidades Formadoras de Colonia (U.F.C)

- Colonias fúngicas

$$\frac{UFC}{\text{Gramo suelo}} = \text{Numero de colonias} * \frac{1}{10^{-3}} * \frac{1}{1 \text{ ml muestra}}$$

- Colonias bacterianas

$$\frac{UFC}{\text{Gramo suelo}} = \text{Numero de colonias} * \frac{1}{10^{-4}} * \frac{1}{1 \text{ ml muestra}}$$

El protocolo de procedimiento se tomó del Manual de Prácticas de Microbiología Básica (Valencia Zapata, 2004).

Tinción de Gram (Bacterias)

Se depositó una gota pequeña de agua estéril en el centro del portaobjetos, con un asa se tomó una muestra del cultivo bacteriano y se colocó en la gota de agua; se removió la mezcla hasta que se formó una suspensión homogénea, para facilitar el secado se extendió y se esperó hasta que se evaporó; posteriormente se flameó la placa para el proceso de fijación, pasando 3 veces el portaobjetos por la llama durante unos segundos; se dejó enfriar la placa para proceder con el proceso de coloración.

Coloración

Durante 1 minuto se cubrió la placa con cristal violeta, luego se lavó con abundante agua el exceso de colorante; posteriormente se cubrió la placa con lugol por un minuto, se lavó el lugol en exceso con agua destilada y se dejó escurrir; por 30 segundos se cubrió la placa con alcohol-acetona, se lavó con agua el exceso de disolvente; por 1 minuto se cubrió la placa con safranina, se lavó el exceso de colorante con agua; finalmente se examinó al microscopio con el objeto de 100x.

El protocolo de procedimiento se tomó del Manual Práctico de Bacteriología Vegetal (Castaño Zapata, Saldarriaga Cardona, Botero Ospina, & Castro Toro, 2016).

Producción de catalasa

Se colocó por medio de un asa un poco de cultivo bacterial sobre un portaobjetos, luego se agregó 4 gotas de peróxido de hidrogeno (H_2O_2), y finalmente se observó la formación de burbujas.

Oxidasa

Se tomó con ayuda del asa una colonia del medio de cultivo, luego se aplicó la colonia sobre la zona reactiva de la varilla indicadora y se froto, al cabo de aproximadamente 60 segundos se comparó con la escala colorimétrica, para determinar si esta era positiva o negativa (MERCK KGaA, 2007).

Toma de datos

El conteo de los datos para las colonias fúngicas fue a las 72 horas, a diferencia de la colonia de bacterias que comenzó a las 24 horas de sembrado, ambos se realizaron por 3 días seguidos. Para la siembra en medio PDA (hongos) y Agar Nutritivo (bacterias) se describió las siguientes variables:

- Bacterias (Forma, borde, color, Gram - / +, movimiento, oxidasa y catalasa).
- Hongos (Aspecto, color, género).

2.3. Tercera fase: Comparación de los parámetros fisicoquímicos, la diversidad fúngica y bacteriana

Los datos fueron analizados estadísticamente por medio del método DUNCAN, el cual es un test de comparaciones múltiples, utilizando el software IBM SPSS Statistics 25. Se realizó una comparación con los datos al inicio del ensayo experimental y al final del mismo, 4 meses después de agregados los agroquímicos en el cultivo de arroz seco. Para la diversidad fúngica y bacteriana se ingresaron los resultados de frecuencia de aparición. En la Tabla 3 se encuentra la descripción de la metodología que se utilizó en la realización del proyecto.

Tabla 3. Descripción metodológica para el desarrollo del proyecto

Fases	Parámetros	Método	Equipos	Materiales
Primera	Conductividad Eléctrica	Electrométrico	Multiparámetro	Agua destilada Recipiente
	Temperatura		Termometro Edafico	Agua destilada
	pH, materia orgánica, N, P, K	Análisis de laboratorio realizado por el laboratorio de la Universidad de Los Llanos		
Segunda	Fungi Cuantificación	Medio de cultivo PDA marca CONDA, antibiótico (cloranfenicol)	Autoclave Agitador vortex Incubadora Microscopio	Criba de 2mm, caja petri, Erlenmeyer, espátula, asa, porta objetos, reactivos
	Bacteria Cuantificación	Medio de cultivo Agar Nutriente marca OXOID	Autoclave Agitador vortex Microscopio Incubadora	Reactivos, cajas Petri, asa, espátula, Erlenmeyer, criba de 2 mm, porta objetos
Tercera	Comparación	Análisis estadístico (Método DUNCAN)	IBM SPSS Statistics 25	Computador

Nota: Descripción metodológica del proyecto por Yeimy Mayorga, 2019.

3. Resultados – Análisis

3.1. Resultados de la Primera fase: Caracterización fisicoquímica del suelo

Resultados de laboratorio

En la Tabla 4 se encuentran los resultados de laboratorio de los parámetros fisicoquímicos de las muestras realizadas antes y después de la aplicación de agroquímicos.

Tabla 4. Parámetros fisicoquímicos de las muestras que se tomaron antes de la aplicación de agroquímicos y después de la última aplicación.

Área	Aplicación	Parámetros									
		pH	Nt (%)	MO (%)	P (ppm)	K (meq/100g)	T (°C)	Textura	Ca	Mg	Conductividad Eléctrica (µs/cm)
Pastizal	Antes	5,1	0,22	4,4	35,3	0,17	33,4	F.A	5,50	1,75	212
	Después	5,2	0,24	4,8	22,1	0,20	28,1	F.A	5,62	2,12	134,7
Arroz	Antes	4,1	0,25	5,0	37,2	0,38	33,8	F.A	1,87	0,87	309
	Después	4,4	0,24	4,9	43,8	0,36	28,6	F.A.r.A	2,00	0,50	153,3

Nota: Parámetros fisicoquímicos de las muestras que se tomaron antes de la aplicación de agroquímicos y después de la última aplicación por la Universidad de los Llanos, María Paredes & Yeimy Mayorga, 2019.

Análisis de datos

A partir de las muestras antes y después de la aplicación de agroquímicos se pudo conocer los diferentes parámetros fisicoquímicos de las dos áreas abordadas. En la Tabla 4 se puede observar que la mayoría de los parámetros no presentan diferencias significativas, a pesar que

el pastizal es un área que no tiene aplicación de agroquímicos durante el desarrollo del presente estudio, esta área presentó una disminución del contenido de fósforo, a diferencia del sistema productivo de arroz donde se presentó un aumento, generalmente este elemento es limitante en el crecimiento de las plantas (Cerón Rincon & Aristizábal Gutiérrez, 2012), la conductividad fue otro de los parámetros que sí presentó diferencias, disminuyendo en ambas áreas, esto se debe a el movimiento de sales producto de las precipitaciones que se presentaron en las épocas de muestreo como se puede observar en el Gráfico 1 y como se describe por (Rodríguez Pérez, Larreal Ríos, & Moreno Larreal, 2012).

El pH que presentó el suelo cultivado con arroz se encuentra en un rango extremadamente ácido de acuerdo a los resultados obtenidos en (Zapata Hernández, 2004). Este valor de pH presenta un valor de 4,1 antes de la aplicación y 4,4 después de los 110 días en los cuales se realizaron las 3 aplicaciones de agroquímicos. Según (Espinosa & Molina, 1999) esta acidificación corresponde a la pérdida de los cationes bases (K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+), además los suelos ácidos presentan una retención de macroelementos baja (Ca, Mg y P) como se puede observar en la Tabla 4. Donde el calcio y el magnesio están bajos, a diferencia del pastizal, donde se presentan suelos fuertemente ácidos con valores de 5,1 y 5,2. En esta área el calcio y el magnesio se encuentra en un rango medio de concentración (Espinosa & Molina, 1999); otra de las características que pueden presentarse en suelos de este tipo, es el efecto negativo que se tiene en los microorganismos del suelo, debido a la reducción que se presenta en la mineralización de la materia orgánica y la humificación.

3.2. Resultados de la Segunda fase: Caracterización microbiológica del suelo

De las muestras que se tomaron en las dos áreas de estudio, se obtuvo la Tabla 5, en la cual se puede observar la descripción de su colonia y las pruebas que se realizaron a las diferentes bacterias que se encontraron en el pastizal y en el sistema productivo de arroz.

Bacterias

Pruebas			
1	2	3	4
Catalasa (H ₂ O ₂)	Tinción	Oxidasa	Movimiento

Tabla 5. Bacterias identificadas (pág. 42) Inicia tabla

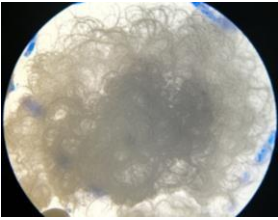
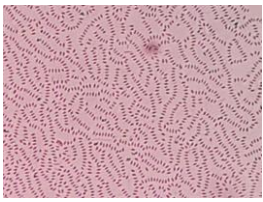


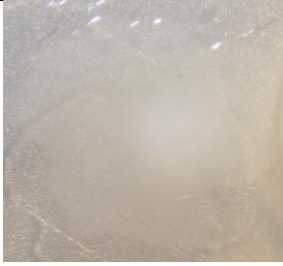


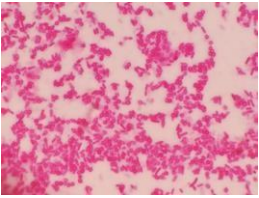

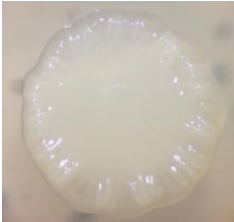
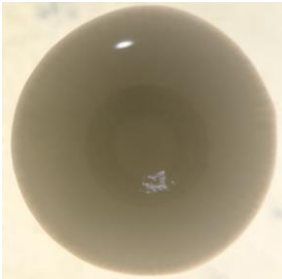
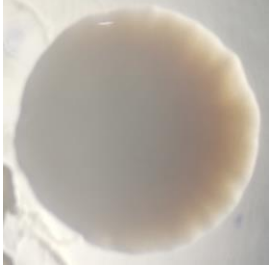


Colonia	Fotografía		Descripción	Pruebas			
	Colonia	Al microscopio		1	2	3	4
1. <i>Streptomyces spp</i>			Ramificada, formada por cadenas, plana, borde irregular, plana, opaca, blanca	+	+	+	Peritrichal
2. <i>Bacillus spp</i>			Convexa, borde regular, redonda, convexa, opaca, beige	+	+	+	Peritrichal

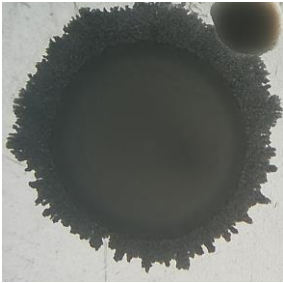

Tabla 5. Continuación (pág. 43,44)

3. No identificada			Borde regular, redonda, brillante, blanca, halo transparentoso, plana en el borde , convexa en el centro	+	+	-	Peritrichal
4. No identificada			Borde regular, redonda, opaca, beige	+	-	-	Peritrichal
5. <i>Clostridium spp</i>	  		Plana, borde irregular, transparentosa, opaca, beige	-	+	+	Peritrichal
6. No identificada			Borde regular, redonda, corrugada a los bordes, centro cóncavo, blanca	+	-	+	Peritrichal

INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE AGROQUÍMICOS

7. No identificada			Borde regular, redonda, brillante, convexa, borde blanco, halo beige y centro blanco	+	-	-	Peritrical
8. No identificada			Borde regular, redonda, brillante, convexa, beige	+	+	+	Peritrical
9. No identificada			Ramificada a los bordes, borde irregular, beige, plana	+	+	+	Peritrical
10. No identificada			Borde regular, redonda, brillante, blanca	+	+	-	Peritrical

Finaliza la Tabla (pág. 45)

11. No identificada			Borde irregular, redonda, opaca, convexa, borde plano, blanca atrás	+	+	+	Peritrichal
12. No identificada			Borde regular, redonda, corrugada hacia el centro borde más claro	+	-	+	Peritrichal

Nota: Descripción de las bacterias identificadas en las muestras de las dos áreas abordadas, con sus respectivas fotografías, descripción y muestras realizadas, dentro de la investigación por María Paredes & Yeimy Mayorga, 2019.

Análisis de datos

En el sistema productivo de arroz se presentaron 12 colonias, a las cuales se les realizaron cuatro pruebas (Catalasa (H_2O_2), tinción, oxidasa y movimiento), estas junto a las descripciones de diferentes referentes, sirvieron de base para identificar algunas de las bacterias como *Streptomyces spp*, *Clostridium spp* y *Bacillus spp*. Se resalta que en el área del pastizal la diversidad de colonias fueron las mismas del arroz exceptuando los números 9 y 12.

Las pruebas realizadas a las bacterias sirvieron como apoyo para su caracterización, estas pruebas tienen un propósito específico, la prueba de Catalasa (H_2O_2), se utiliza principalmente para separar Micrococaceae (positiva) de *Streptococcus spp* y *Enterococcus spp* (negativo), así mismo *Bacillus spp* (positivo) y *Clostridium spp* (negativo). Se fundamenta en la

observación de burbujeo en la mezcla del peróxido de hidrógeno con la muestra de la bacteria, sí esta se produce, corresponde a la liberación de oxígeno; por lo cual la prueba es positiva, pero si no produce cierto burbujeo es negativa, es decir la bacteria no posee la encima catalasa. Así mismo la producción de catalasa está ligada a la presencia de oxidasa, ya que esta degrada el peróxido de hidrógeno que se produce como consecuencia de la reducción del oxígeno y cuya acumulación es tóxica, las bacterias anaerobias carecen estrictamente de la actividad de oxidasa (Fernández Olmos, García de la Fuente, Saéz Nieto , & Valdezate Ramos, 2013).

Se realizó la tinción de Gram, esta es definida como una tinción diferencial de bacterias Gram positivos y Gram negativas. Esta prueba se basa en las características de la pared celular de las bacterias, las Gram negativas están constituidas por una pared celular con una capa fina de peptidoglicano y una membrana celular externa, mientras que las Gram positivas poseen una pared celular gruesa, pero no cuentan con membrana celular externa; este contenido de peptidoglicano en la pared celular de las bacterias explica y determina las características tintoriales (López Jácome, y otros, 2014), dentro de las bacterias que se encontraron en el proyecto se pudo identificar que 8 eran gram positivas mientras que solo 4 fueron gram negativas.

Por último, se observó el movimiento, en el cual los agentes para el mismo son los flagelos, los cuales son rotores helicoidales semirrígidos que giran, en el sentido de las agujas de reloj o en el contrario, alrededor de su eje longitudinal. Las bacterias con flagelación peritica se desplazan en línea recta distancias moderadas y los recorridos se interrumpen periódicamente por cambios bruscos y aleatorios de dirección que se conocen como virajes. Las bacterias con flagelación polar, giran en un mismo sentido, los espirilos nunca hacen virajes; en vez de eso,

INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE AGROQUÍMICOS

los cambios en la dirección del movimiento se producen por la inversión de los flagelos (Stanier, Ingraham, Wheelis, & Painter, 1996).

Dentro de los géneros identificados, se encontró una bacteria patógena, perteneciente al género *Clostridium spp*, sus esporas usualmente se encuentran en el suelo, sedimentos y medios acuáticos, pueden transmitirse a una extensa gama de alimentos ya sean crudos o tratados; las producciones de sus toxinas se favorecen en un pH superior a 4,6 ligeramente ácido (Pérez Morales, Hidaleysi, & Barletta del Castillo, 2013)

Además se presentaron dos bacterias benéficas en las dos áreas, dentro de las cuales está el género *Streptomyces spp* este es importante en la ecología del suelo, ya que ejerce un papel relevante en la mineralización de diversos materiales orgánicos e incluso pueden llegar a degradar sustancias resistentes como los compuestos aromáticos y la queratina, adicionalmente algunas especies de este género durante determinadas etapas de su ciclo de vida tiene la capacidad de producir antibióticos que inhiben el crecimiento de bacterias, levaduras y hongos en gran variedad de categorías taxonómicas (Quiñones Aguilar, Evangelista Martínez, & Rincón Enríquez, 2016).

También el género *Bacillus spp*, estas bacterias usualmente son Gram positivas, con características resistente a condiciones extremas, gracias a la formación de endosporas, además cuenta con la capacidad de solubilizar fósforo, fijar nitrógeno y en agricultura tiene un gran uso como bioproductos para el control de plagas y enfermedades (Grijalva Calderón, 2015).

Hongos

De las muestras que se tomaron en las dos áreas de estudio, se obtuvo la Tabla 6 y Tabla 7, en las cual se pueden observar las fotografías de la colonia con su respectiva descripción y la observación al microscopio.

Tabla 6. Hongos identificados en el arroz (pág. 48) Inicia la tabla


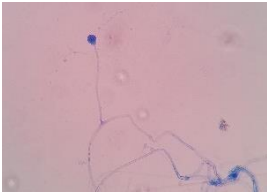

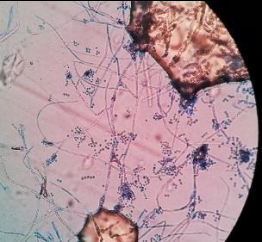
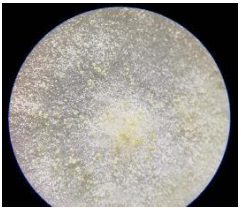

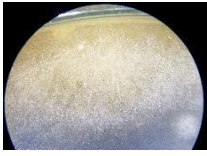
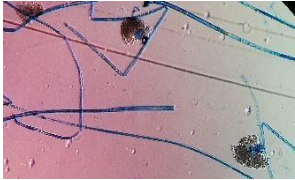
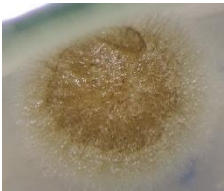
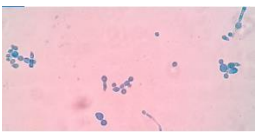

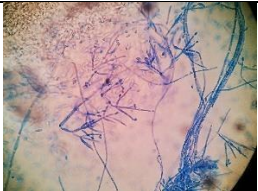

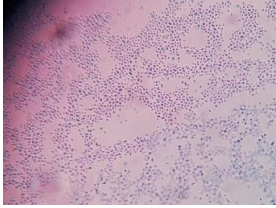
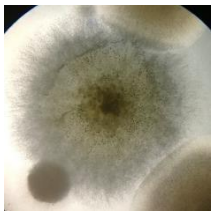
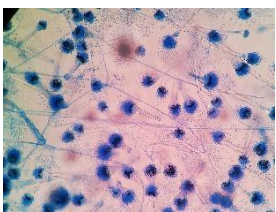
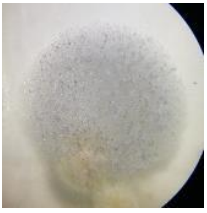
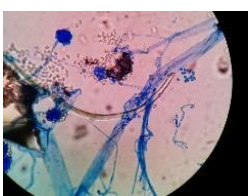
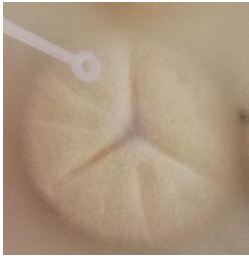
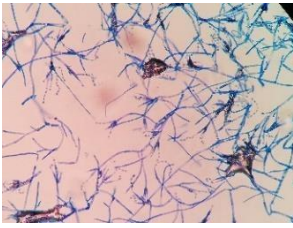

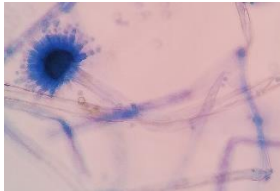

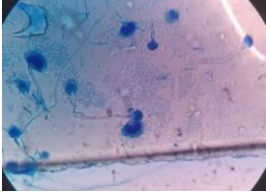



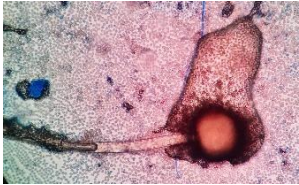

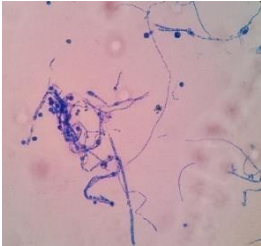





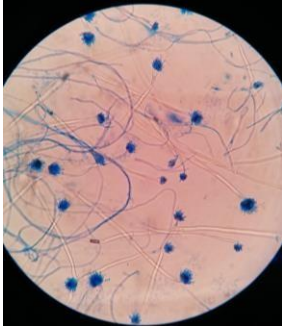
Colonia	Microorganismo	Fotografía		Descripción
		Colonia	Al microscopio	
1	<i>Mucor spp</i>			Algodonosa, borde regular, blanca y opaca en el centro, borde más claro y brillante, convexa
2	<i>Penicillium spp</i>			Algodonosa, borde irregular, redonda, blanca, opaca, centro verde, convexa, atrás beige
3	<i>Aspergillus spp</i>			Fibrosa, blanca con puntas amarillas, borde irregular, convexa en el centro y borde plano


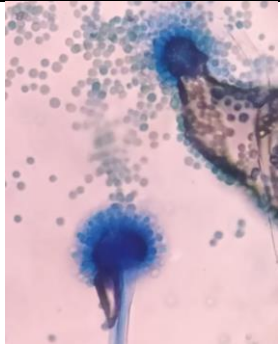

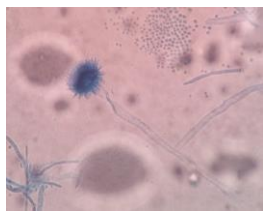



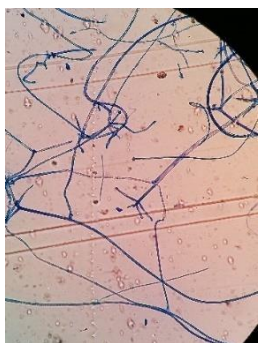
Tabla 6. Continuación (pág. 49,50,51,52,52)

4	<i>Rhizopus spp</i>			Fibrosa, borde irregular, blanca con puntas café, atrás beige
5	<i>Levadura</i>			Mucosa, borde irregular, redonda, brillante, café con puntas más oscuras
6	<i>Verticillium spp</i>			Filamentosa, borde irregular, blanca, opaca centro amarillo, convexa
7	<i>Levadura</i>			Borde regular, brillante, ovalada, blanca, opaca, convexa
8	<i>Aspergillus spp</i>			Algodonosa, borde irregular, redonda, blanca, centro con puntas verdes
9	<i>Cunninghamella spp</i>			Fibrosa, blanca con puntas negras, halo oscuro, centro claro


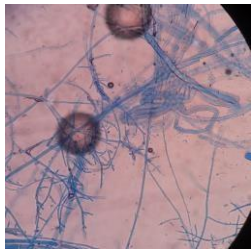
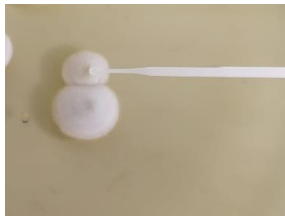

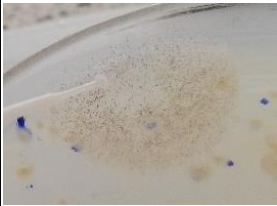


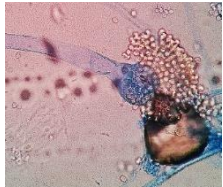
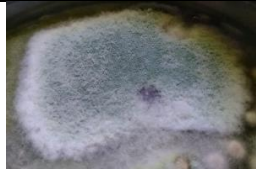

10	<i>Paecilomyces spp</i>			Cuarteada, recogida hacia el centro, borde regular, redonda, amarilla con un centro más claro, convexa, atrás amarilla
11	<i>Aspergillus spp</i>			Filamentosa, borde regular, redonda, beige con halos amarillos y verdes intercalados, termina con un centro verde
12	<i>Aspergillus spp</i>			Filamentosa, borde irregular, redonda, recogida hacia el centro, opaca, rosa claro, atrás borde rosa claro con centro oscuro
13	<i>Trichoderma spp</i>			Algodonosa, borde irregular, halos amarillos y verdes, opaca y plana
14	<i>Aspergillus spp</i>			Borde irregular, filamentosa con puntas cafés, blanca en los bordes, opaca

15	<i>Staphylotrichum spp</i>			Algodonosa, borde irregular, redonda, brillante, café amarillenta, borde beige
16	<i>Cercospora spp</i>			Algodonosa, bordes irregulares, redonda centro rojo borde blanco, con filamentos con puntas oscuras
17	<i>Fusarium spp</i>			Algodonosa, borde irregular, blanca, opaca, convexa centro, plana en el borde, atrás beige
18	<i>Aspergillus spp</i>			Granulosa, borde regular, redonda, opaca, centro más oscuro, borde claro blanca, atrás amarilla clara

INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE AGROQUÍMICOS



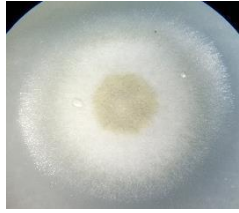
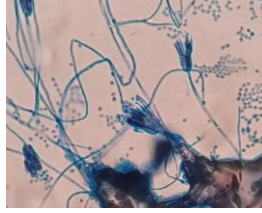

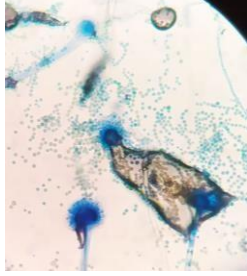
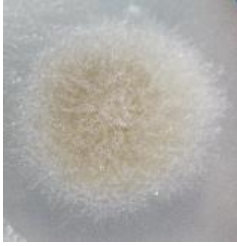

19	<i>Aspergillus spp</i>			Algodonosa, borde regular, redonda, convexa, centro blanco, borde amarillo claro, atrás amarillo oscuro
20	<i>Aspergillus spp</i>			Algodonosa, cuarteada, convexa, blanca, borde regular, redonda atrás café claro
21	<i>Aspergillus spp</i>			Algodonosa, borde irregular, redonda, centro rojizo convexa en el centro, bordes planos, atrás opaca rojiza
22	<i>Rhizopus spp</i>			Fibrosa, lisa, opaca, borde irregular, blanca

Finaliza la Tabla 6. (pag.53)



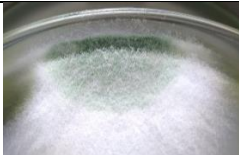
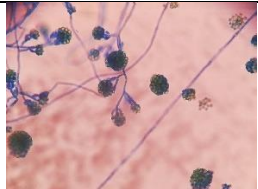

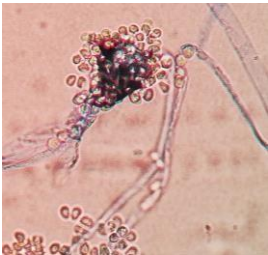

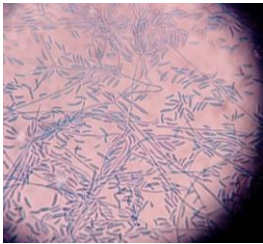
23	<i>Rhizopus spp</i>			Convexa en el centro, plana borde, borde regular, redonda, beige en el centro, beige claro en los bordes
24	<i>Paecilomyces spp</i>			Algodonosa, Borde regular, redonda, convexa, centro oscuro, halo blanco, borde amarillo claro, atrás centro amarillo y borde beige
25	<i>Mucor spp</i>			Algodonosa, filamentos con punta oscura, borde irregular, opaca, blanca
26	<i>Mucor spp</i>			Algodonosa, borde irregular, redonda, centro oscuro verde, blanca, atrás centro amarilla y bordes blancos
27	<i>Tricoderma spp</i>			Algodonosa, borde irregular, verde, con borde blanco, opaca, plana

Nota: Hongos identificados en las muestras de arroz con sus respectivas fotografías y descripciones por María Paredes & Yeimy Mayorga, 2019

Tabla 7. Hongos identificados en el pastizal (pág. 54) Inicia la tabla

Colonia	Microorganismo	Fotografía		Descripción
		Colonia	Al microscopio	
28	<i>Paecilomyces spp</i>			Algodonosa, borde irregular, redonda, opaca, halos blanco, beige, blanco y termina en borde transparente brillante
29	<i>Penicillium spp</i>			Algodonosa, borde regular, beige claro con centro oscuro, atrás amarillo oscuro, convexa
30	<i>Aspergillus spp</i>			Algodonosa, borde regular, rosada, bordes rosado claros, halo transparente rosa, atrás con centro rosado oscuro, opaca
31	<i>Cladosporium spp</i>			Algodonosa, borde irregular, redonda, convexa, borde plano transparentosa, oscura, atrás borde blanco, halo café y centro claro café

Finaliza la tabla 7. (pág. 55)

32	<i>Cercospora spp</i>			Algodonosa, borde irregular y brillante, convexa, rosada, luego un halo rosado oscuro antes del centro, pelitos rojos
33	<i>Glotiocladium spp</i>			Algodonosa, borde regular, centro verdoso, bordes blancos, opaca
34	<i>Mucor spp</i>			Butirosa, borde regular, redonda, transparente el borde, halo blanco centro transparente, atrás beige opaca
35	<i>Fusarium spp</i>			Arenosa, borde irregular, convexa, opaca, beige, centro oscuro café

Nota: Hongos identificados en las muestras de pastizal con sus respectivas fotografías y descripciones por María Paredes & Yeimy Mayorga, 2019.

Análisis de datos

En el sistema productivo de arroz se presentaron 27 colonias, a las cuales se les realizó una descripción con la ayuda del estereoscopio y del microscopio para llegar a la identificación de sus géneros, en el pastizal se encontraron 35 colonias de las cuales al igual que el arroz se

presentaron de la 1 a la 19 las mismas, a diferencia del arroz, en esta área se encontró el género *Gliocladium spp* y *Cladosporium spp*.

Dentro de los géneros encontrados en las dos áreas estudiadas se presentaron en su gran mayoría patógenos, entre los cuales *Aspergillus spp*, fue el hongo que más se presentó, este se expresó en 9 diferentes maneras al observarlo en el esteroscopio. Afecta en su mayoría cultivos cereales, semillas oleaginosas especias y nueces de árbol; esta especie crece saprofiticamente, pero requiere de condiciones para su desarrollo, como la temperatura, tiempo, luz, humedad, presencia de minerales (Parra Lizarazu, Quiroga Selaez, Giménez Turba, & Flores Quisbert, 2018), tienen un beneficio a nivel industrial, ya que este es usado para biodegradar los desechos industriales y elaborar enzimas para gran variedad de productos (López Ríos, Zuluaga Meneses, Herrera Penagos, Ruiz Colorado, & Medina De Pérez, 2006).

Otros de los géneros con mayor cantidad de colonias fueron los *Mucor spp*. Este género comprende alrededor de 40 especies de hongos que se encuentran en el suelo, vegetación podrida y en la superficie de las plantas. Puede crecer en un rango de temperaturas, entre 1-30°C con una óptima de 22°C (Domsch, Gams, & Aderson, 1980). También se identificó el hongo *Fusarium spp*, este se asocia al sistema productivo de arroz, tiene efecto de no germinación y muerte postemergencia. Adicionalmente pueden causar marchitez y coloramiento amarillo del semillero, siendo así uno de los principales responsables de la enfermedad de la panícula sucia en el arroz (Nenínger, Hidalgo, & Barrios, 2003).

Asimismo, se encontró el hongo *Rhizopus spp*, generalmente se encuentra en el suelo, frutas, semillas y nueces. Son fitopatógenos, degradadores biológicos, la exposición prolongada a las esporas, ha generado reportes de problemas respiratorios (Bonifaz Trujillo, Vázquez González, & Araiza, 2012). Presenta un crecimiento rápido en temperaturas de 37°C, pueden

llegar a cubrir el medio de cultivo en su totalidad, en forma de grandes colonias blancas (Rodríguez, 2016).

Además, se identificó el hongo *Cunninghamella spp* está en el suelo y el material vegetal, usualmente en las zonas mediterráneas y subtropicales, es un contaminante común y un hongo oportunista que puede causar infecciones (Mycoses Study Group Educatio Research Consortium, 2000). También se halló el hongo *Penicillium spp*, es un fitopatógeno de importancia económica, que se encuentra abundantemente en los suelos. Produce micotoxinas para poder afianzarse al ambiente, inhibiendo a otros organismos que compiten por el substrato (Carrillo, Microbiología Agrícola, 2003). De fácil proliferación, lo que genera un problema para los alimentos. Algunas de estas especies son capaces de producir toxinas y a escala mundial este es la causa de podredumbre en cítricos (Juárez Becerra, Sosa Morales, & López Malo, 2010). Se encontro el hongo *Cercospora spp*, causante de la cercosporiosis, es comun en cultivos agrícolas y las plantas de huerta como remolacha, zanahoria, café, arroz, maiz, tomate. Esta enfermedad se presenta donde hay escasez de agua, como en los cultivos de arroz secano (Barnett & Hunter, 1998).

Finalmente, el hongo *Cladosporium spp*, son colonizadores frecuentemente de hojas y plantas, especialmente gramíneas, suelo y alimentos. La temperatura óptima de crecimiento se sitúa entre los 18 y 28 °C, pero también pueden desarrollarse en temperaturas bajas como -6°C. A nivel de laboratorio se ha caracterizado por un crecimiento rápido en los medios de cultivos para hongos como Agar Papa Dextrosa, el cual fue utilizado en el presente estudio. Sus colonias son características por una apariencia algodonosa, muchas de las especies de este género son patógenos de plantas o saprofitas (Borrego Alonso, 2012).

INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE AGROQUÍMICOS

En menor proporción se encontraron los hongos benéficos, entre ellos están las levaduras, estas usualmente se presentan una forma imperfecta. Son capaces de mantener la viabilidad de la especie durante cambios adversos del medio ambiente, su presencia depende de la temperatura, el pH, la humedad y la disponibilidad de azúcares libres (Carrillo & Audisio, Manual de Microbiología de los Alimentos, 2007). Las levaduras asociadas a alimentos se clasifican en no perjudiciales y alteradoras, pero alrededor del 25% de las especies identificadas de levaduras se asocia perjudicialmente a los alimentos (Orberá Ratón, 2004). Además, encontramos el hongo *Trichoderma spp*, es un agente de control biológico en las plantas frente al ataque de fitopatógenos, son eficiente en utilización de nutrientes y contribución en el crecimiento de las plantas. Sus diferentes especies se caracterizan por tener un crecimiento micelar rápido y la abundante producción de esporas que incentivan a la colonización de los diferentes sustratos del suelo. Su presencia es muy común especialmente en los suelos ácidos y ricos en materia orgánica (Tovar Castaño, 2008).

Por último, el hongo *Gliocladium spp*, tiene un alto potencial como agente biocontrolador, es productor de un amplio rango de antibióticos, ha sido utilizado como biofungicida, para prevenir y controlar las endermedades en las plantas. Se caracteriza por formar colonias blancas, las cuales con el tiempo se tornan rosa a salmón y durante la esporulación de color verde, tiene un crecimiento optimo en ph en el rango de 4-6, una temperatura de 15°C a 25°C. Es un hongo que tiene la capacidad de producir hidrocarburos para volverlos en micodiésel, además puede ser utilizado para la biorremediación, ya que elimina concentraciones de metales pesados (Castillo, Rojas, & Villalta, 2015).

3.3. Resultados de la Tercera fase: Comparación de los parámetros fisicoquímicos, la diversidad fúngica y bacteriana

Análisis de datos

Para el análisis de los resultados obtenidos en el transcurso del presente trabajo, es importante resaltar que el primer muestreo se realizó en época de verano con una precipitación de 0,6 mm y los tres restantes se realizaron en época de invierno, con precipitaciones de 5,2 mm, 20,2 mm y el último con una de 26,4 mm, como se puede observar en el Gráfico 1. Según el libro “Los plaguicidas agregados al suelo y su destino en el ambiente” la temperatura y las precipitaciones influyen en la actividad microbiológica del suelo, además que el régimen de precipitaciones regula la biodisponibilidad del agroquímico (Aparico , y otros, 2015).

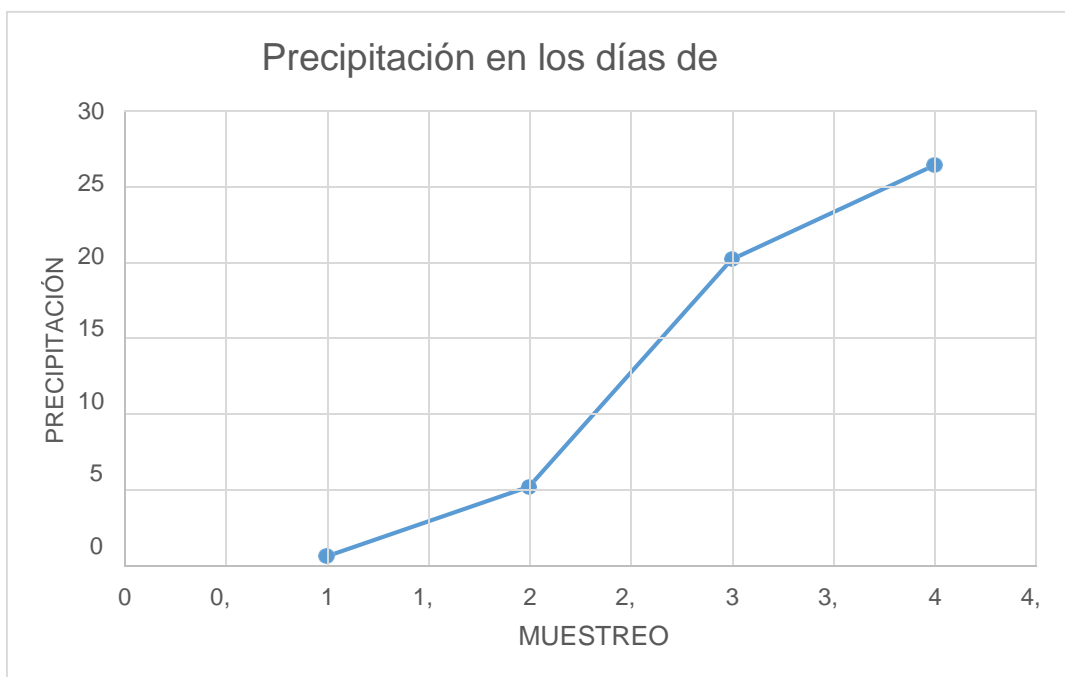


Gráfico 1. Precipitaciones que se presentaron en los días de muestreo por Cormacarena.

INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE AGROQUÍMICOS

En los gráficos 2 y 3 correspondientes a las UFC de bacterias y Hongos, se observa como al inicio del monitoreo (Muestreo 1) la presencia de microorganismos es mayor en el pastizal que en el arroz. Esto se debe a la ausencia de actividades agrícolas en los últimos 5 años en el terreno correspondiente a pastizal, mientras que en el terreno utilizado para la siembra de arroz si ha existido siembra de este cultivo durante este tiempo, alterando la población microbiana, lo cual coincide con lo que se expresa en (Paoletti, 1999).

En el Gráfico 2 se observan las Unidades Formadoras de Colonia (UFC) de las bacterias en las dos áreas estudiadas.

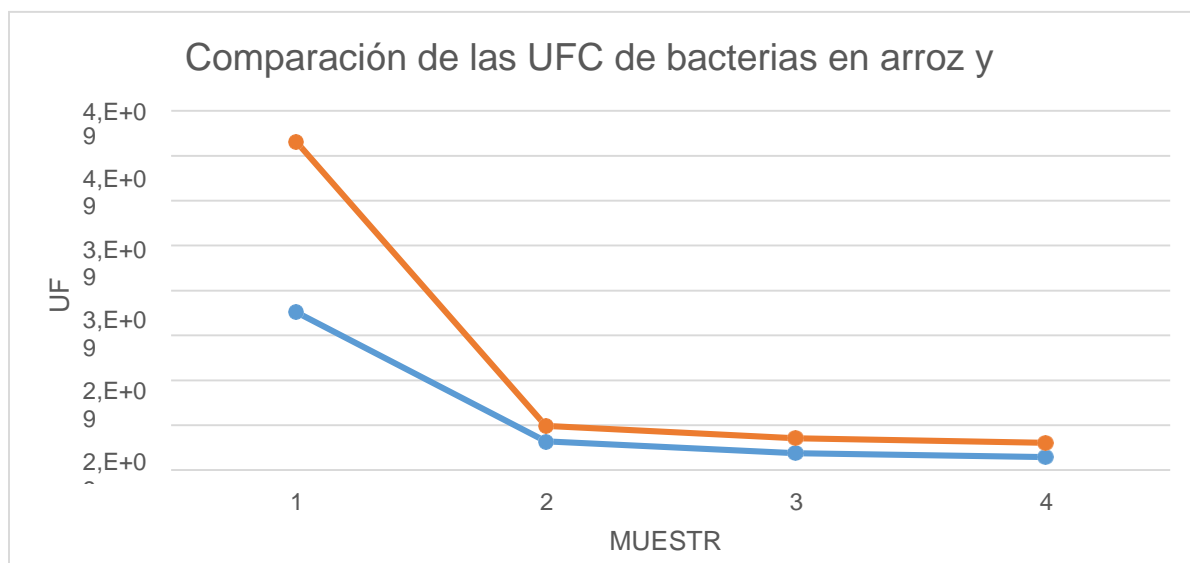


Gráfico 2. Unidades Formadoras de Colonia de bacterias en arroz y pastizal por Yeimy Mayorga, 2019.

En el Gráfico 2 es evidente la disminución significativa en las colonias bacterianas de la primera muestra a la segunda. Este cambio se puede presentar por el secado y rehumedecido de los suelos, el cual genera estrés fisiológico para las colonias bacterianas, provocando la muerte de porciones significativas de la misma, a causa del repentino cambio en el potencial hídrico del suelo (Morillas,

INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE AGROQUÍMICOS

y otros, 2015). Adicionalmente el suelo en la primera muestra no tenía aplicación de agroquímicos a diferencia de la segunda muestra donde ya se empezó la aplicación.

En el Gráfico 3 se observan las Unidades Formadoras de Colonia (UFC) de los hongos en las dos áreas.

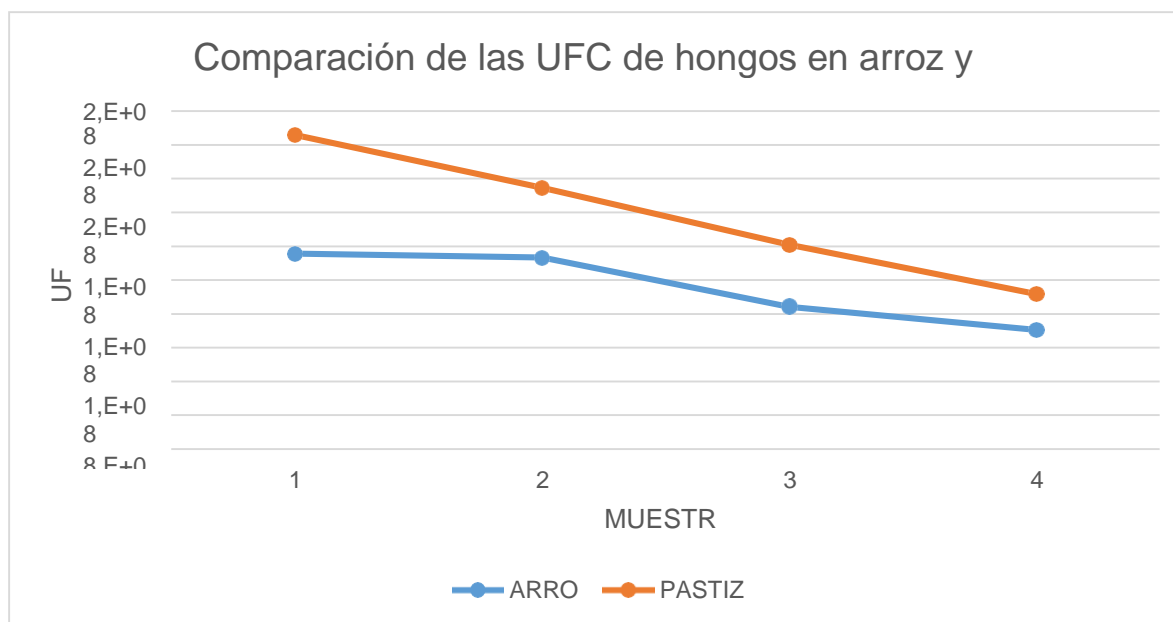


Gráfico 3. Unidades Formadoras de Colonia de hongos en arroz y pastizal por María Paredes, 2019.

En el Gráfico 3 se puede observar como en los diferentes muestreos, las colonias de hongos empiezan a disminuir en ambas áreas sin una diferencia significativa.

Por ende la aplicación de agroquímicos no es la principal causa de la disminución de las colonias fúngicas y bacterianas que se encuentra en el sistema productivo de arroz, ya que ambas áreas tienen disminución constante de las colonias.

En la Tabla 8 y el *Gráfico 4* se observa las dosis aplicadas y las dosis recomendadas para el sistema productivo de arroz.

Tabla 8. Comparativo de las dosis de agroquímicos aplicados y las recomendadas por (Rotan Agro Colombia S.A.S, 2014), (Inquiport, 2012), (Vecol, 2016), (DVAgro Colombia, 2014), (Syngenta Colombia, 2018), (DVAgro Colombia, 2014), (Nufram, 2018), (DVAgro Colombia, 2014), (DVAgro Colombia, 2014), (ADAMA Andina B.V. Sucursal Colombia, 2017), (Departamento técnico ADAMA, 2017), (NEDERAGRO S.A, 2012), (Syngenta, 2019).

Nombre	Dosis Aplicada	Dosis Recomendada
Diflufenican	0,5	0,5
Propanil	6	7
Pendimetalina	4	4
2-4 D Amina	0,5	1
Vitavax a la semilla	3	4
Amistartop	0,6	0,5
Kasugamicina	1,5	1,5
Mancozeb	3	4
Carbendazin	0,8	0,5
Propiconazol	0,5	0,5
Fipronil	0,3	0,25
Cipermetrina	0,2	0,5
Tiametoxan	0,3	0,25

Nota: Elaborado a partir de manuales de utilización de agroquímicos por María Paredes & Yeimy Mayorga, 2019.

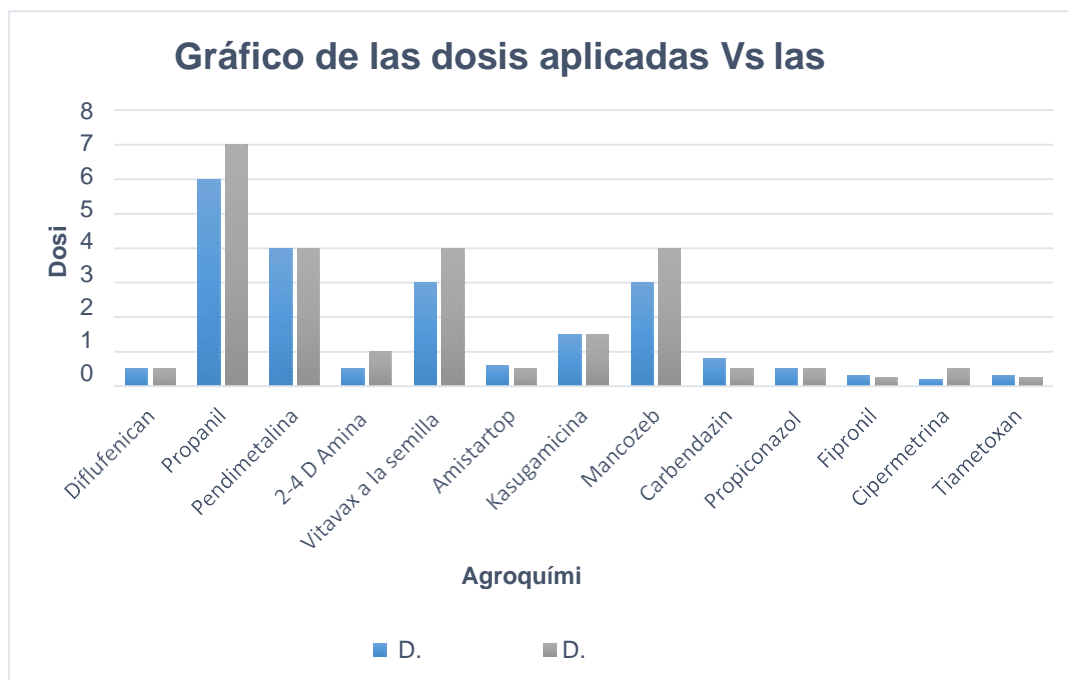


Gráfico 4. Dosis aplicada Vs Dosis recomendada de agroquímicos en el arroz por María Paredes ,2019 a partir de los manuales de utilización de agroquímicos.

Alguna de las razones de este resultado podría ser que las cantidades de los agroquímicos aplicados no excede los rangos establecidos para cada uno de los compuestos, tal es el caso del Diflufenican, para la pre-emergencias y post-emergencia temprana del sistema productivo de arroz para malezas gramíneas, y la cantidad recomendada es 0,5L/Ha. Sí se sigue dicha recomendación no es fitotóxico en los sistemas de producción; además su velocidad de acción depende de la cantidad de la luz (Rotan Agro Colombia S.A.S, 2014).

El uso de la dosis recomendada ha de ser el criterio de elección para garantizar la resiliencia del suelo, por lo cual el impacto de la aplicación de agroquímicos sobre las colonias microbianas y la biota del suelo se minimiza, contribuyendo a la recuperación del ecosistema. Así como se evidencia en el trabajo pionero de Frioni en 1981 (Frioni, 1981), sobre el impacto en las comunidades microbianas, se observó que la aplicación de 2,4-D amina a la dosis recomendada no

INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE AGROQUÍMICOS

presento efectos adversos, a diferencia de cuando se generó un exceso en la dosis, inhibiendo la cantidad de microorganismos (Aparico , y otros, 2015).

El hecho que en el sistema productivo de arroz no se genere un exceso en las dosis recomendadas en la mayoría de los agroquímicos como se puede observar en el Gráfico 4, puede ser una de las causas que influye en la no disminución significativa de la diversidad fúngica y bacteriana en el sistema productivo de arroz, así como lo descrito en el libro “Los plaguicidas agregados al suelo y su destino en el ambiente” (Aparico , y otros, 2015).

Asimismo, que el suelo contenga la adecuada combinación de los diferentes constituyentes y no existan procesos interferentes hace que el mismo sea un medio ideal para los diferentes organismos, debido a que es un medio fisicoquímico donde se desarrolla la vida. Es un componente ambiental el cual no debe ser aislado del entorno que lo circunda. Tiene una extensión limitada, es de difícil y larga recuperación. El uso inadecuado del suelo por actividades de diferentes índoles como los sistemas de producción, ayudan a la degradación de este recurso natural no renovable, el cual se utiliza para satisfacer las necesidades humanas (Mataix Solera, 1999).

Además, es de gran importancia que el conocimiento, estudio e investigación de los diferentes microorganismos de importancia ambiental es indispensable para el desarrollo de posibles soluciones a problemas globales, tales como la contaminación. Además de propiciar nuevas estrategias y proyectos direccionados a la solución de las diferentes problemáticas ambientales (Gutiérrez Barba & Herrera Colmenero, 2001).

4. Conclusiones

- De los parámetros fisicoquímicos de las muestras antes y después de la aplicación de agroquímicos el fósforo (P) presenta una variación de 37,2 a 43,8 ppm en el sistema productivo de arroz, generando así una contribución en el crecimiento del cultivo y en el pastizal se presentó una disminución de 35,3 a 22,1 ppm creando un limitante en el crecimiento del mismo.
- Se encontró similitud en los diferentes géneros identificados de las bacterias en las dos áreas, se hallaron un total de 12 colonias y a partir de las cuatro pruebas realizadas (H_2O_2 , tinción, oxidasa y movimiento), se lograron identificar dos bacterias benéficas (*Streptomyces spp* y *Bacillus spp*) y una bacteria patógena *Clostridium spp*.
- En el arroz se encontraron 27 géneros de hongos y en el pastizal 27, de los cuales 19 eran iguales al arroz, por ende, se lograron identificar un total de 35 diferentes colonias en las dos áreas de estudio, dentro de las cuales los hongos con mayor número de colonias fueron los *Aspergillus spp*, *Mucor spp* y *Rhizopus spp*.
- De los hongos identificados en las dos áreas, se encontró que 8 de las colonias eran patógenas, altamente perjudiciales tanto para el suelo como para el sistema productivo de arroz, pero de igual manera se encontraron que 3 de las colonias de hongos eran benéficos, entre los cuales está *Gliocladium spp* el cual puede llegar a emplearse para biorremediación y el *Tricoderma spp* como agente de control biológico de hongos fitopatógenos.

- Se pudo determinar que la mayoría de las dosis aplicadas en el sistema productivo de arroz se encuentran en los rangos recomendados para los diferentes agroquímicos, lo que posiblemente influyó en los resultados que se obtuvieron de la diversidad fúngica y bacteriana, ya que se pudo establecer que, si se presentan diferencias numéricas en las Unidades Formadoras de Colonia, pero estas no llegan a ser diferencias significativas.

5. Recomendaciones

- En el momento de realizar la caracterización se debe hacer un aislamiento de las diferentes colonias fúngicas y bacterianas, para llegar a determinar características más específicas de las mismas y poder analizar la influencia que puedan tener en las áreas abordadas.
- En el momento de sembrar en los medios de cultivo, se recomienda exponer una caja Petri al medio ambiente, para poder discriminar los microorganismos que se pueden encontrar en el ambiente y no precisamente en la muestra de suelo.
- Para poder describir de una manera más detallada las colonias, se facilita la observación de las mismas por medio de un estereoscopio.
- Si no se cuenta con el conocimiento necesario para la caracterización de las colonias fúngicas y bacterianas, es importante tener el apoyo de un profesional idóneo en el tema, además de tener buenos referentes bibliográficos, para que la caracterización logre hacerse de una manera correcta.

Bibliografía

- ADAMA Andina B.V. Sucursal Colombia. (7 de Marzo de 2017). *ADAMA Andina B.V. Sucursal Colombia*. Obtenido de https://www.adama.com/documents/392363/398678/FT+VITAVAX+400+WP_tcm104-56830.pdf
- Albert, L. A. (2013). *Curso básico de toxicología ambiental* (Segunda ed.). Mexico DF: Limusa S.A, de C.V.
- Altamirano Valero, H. A. (2015). *Efecto de los agroquímicos sobre la microbiota edáfica en dos tipos de textura en macetas con cultivo de papa (Solanum tuberosum), en ambiente controlado en Viacha, Provincia Ingavi, La Paz*. La Paz-Bolivia: Universidad mayor de San Andrés.
- Alvarez Jaramillo, R. J. (2014). Instructivo de uso del multiparametrico WTW. *Tesis de Grado*. Huaraz, Perú: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.
- Aparico , V., De Géronimo, E., Hernández Guijarro, K., Pérez, D., Portocarrero, R., & Vidal, C. (2015). *Los plaguicidas agregados al suelo y su destino en el ambiente*. Buenos Aires: INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). Obtenido de https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_plaguicidas_agregados_al_suelo_2015.pdf
- Arévalo, A. C., Bacca, T., & Soto , A. G. (2014). Diagnóstico del uso y manejo de plaguicidas en fincas productoras de cebolla junca *Allium fistulosum* en el municipio de Pasto. *Revista Luna Azul*(38), 132-145. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n38/n38a08.pdf>
- Barnett, H. L., & Hunter, B. B. (1998). *Illustrated genera of imperfect fungi* (Cuarta ed.). St. Paul, Minnesota, Estados Unidos: APS PRESS The American Phytopathological Society.
- Bonifaz Trujillo, J. A., Vázquez González, D., & Araiza, J. (2012). *Micología médica básica* (Cuarta ed.). México: McGraw-Hill Interamericana.
- Borrego Alonso, S. F. (2012). Cladosporium: Género fúngico que deteriora soportes documentales y afecta a la salud del hombre. *Boletín del Archivo Nacional*, 18.20, 104-118.
- Burgos Ramírez , A. (2014). *Estudio de la diversidad fúngica en el suelo del viñedo de la finca La Grajera*. España: Universidad de la Rioja.
- Carreira, D. (2010). *Carbono orgánico (Método de Walkley & Black)*. INTA Castelar.
- Carrillo A, O. (2017). *Pasto Mombaza*. San José, Costa Rica: Oficina Nacional de Semillas.
- Carrillo, L. (2003). *Microbiología Agrícola*. Salta, Argentina: Universidad Nacional de Salta.
- Carrillo, L., & Audisio, C. M. (2007). Manual de Microbiología de los Alimentos. En *Levaduras* (Primera ed., págs. 40-45). San Salvador de Jujuy: Asociación Coperadora de la Facultad

de Ciencias Agrarias UNJU. Obtenido de

<http://www.unsa.edu.ar/biblio/repositorio/malim2007/4%20levaduras.pdf>

Castaño Zapata, J., Saldarriaga Cardona, A., Botero Ospina, M., & Castro Toro, Á. (2016).

Manual Práctico de bacteriología vegetal. Manizales, Colombia: Universidad de Caldas.

Castillo, H., Rojas, R., & Villalta, M. (2015). Gliocladium sp, agente biocontrolador con aplicaciones prometedoras. *Tecnologías en marcha*, 65-73.

Cerón Rincon, L. E., & Aristizábal Gutiérrez, F. A. (Junio de 2012). Nitrogen and phosphorus cycles dynamics in soils. *Revista Colombiana de Biotecnología*, XIV(1), 285-295.

Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/biote/v14n1/v14n1a26.pdf>

Chaves Bedoya, G., Ortiz Rojas, L., & Ortiz Moreno, M. L. (2013). Efecto de la aplicación de agroquímicos en un cultivo de arroz sobre los microorganismos del suelo. *Bdigital portal de revista Universidad Nacional*, 62(1), 66-72.

CIAT y Corporación Biotec. (2010). *Guía Práctica para la caracterización del suelo y del terreno*. Cali, Colombia.

DANE. (10 de Febrero de 2016). *4° Censo Nacional Arroceros 2016*. Recuperado el 24 de Septiembre de 2018, de <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/censo-nacional-arrocero/presentacion-4to-censo-nacional-arrocero-2016.pdf>

DANE. (2017). Características que se destacan en el cultivo de arroz seco (Oryza Sativa L.) en Colombia. *Boletín mensual Insumos y Factores Asociados a la Producción Agropecuaria*. 58, págs. 1-6. Bogotá: Área de Comunicación del Departamento Administrativo.

Departamento técnico ADAMA. (07 de Marzo de 2017). *ADAMA*. Obtenido de https://www.adama.com/documents/381468/389602/FT+Fiprogent+200+SC_tcm100-69003.pdf

Devine, G. J., Eza, D., Ogusuku, E., & Furlong, M. J. (2008). Uso de insecticidas: Contexto y consecuencias ecológicas. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 27.

Domsch, K. H., Gams, W., & Aderson, T.-H. (1980). *Compendium of soil fungi* (Vol. I). London: ACADEMIC PRESS.

Duarte Torres, O., Ríos Gallego, G., & Zakzuk, S. (2017). Conceptos básicos sobre la metodología de sistemas de producción. En *Guía Sistemas Productivos* (pág. 16). Barranquilla, Colombia: Universidad Simón Bolívar.

DVAgro Colombia. (23 de Septiembre de 2014). *DVAgro Colombia*. Obtenido de <http://www.dva.com.co/wp-content/uploads/2014/07/FICHA-TECNICA-24-D-AMINA-720-SL-DVA.pdf>

- DVAgro Colombia. (23 de Septiembre de 2014). *Ficha tecnica Carbendazim*. Obtenido de <http://www.dva.com.co/wp-content/uploads/2014/07/FICHA-TECNICA-CARBENDAZIM-500-SC-DVA.pdf>
- DVAgro Colombia. (23 de Agosto de 2014). *Ficha tecnica Kasugamicina*. Obtenido de <http://www.dva.com.co/wp-content/uploads/2014/07/FICHA-TECNICA-KASUGAMICINA-20-SL-DVA.pdf>
- DVAgro Colombia. (03 de Octubre de 2014). *Ficha tecnica Propiconazol*. Obtenido de <http://www.dva.com.co/wp-content/uploads/2014/07/FICHA-TECNICA-PROPICONAZOLE-25-EC-DVA.pdf>
- Espinosa, J., & Molina, E. (1999). *Acidez y encalado de los suelos* (Primera ed.). IPNI (International Plant Nutrition Institute).
- Federacion Nacional de Arroceros. (2003). *Ministerio de Medio Ambiente Sociedad de Agricultores de Colombia SAC*. Recuperado el 27 de Octubre de 2018, de <http://www.fedearroz.com.co/normas/Guia%20Ambiental%20para%20el%20subsector%20arrocero.pdf>
- Fernández Olmos, A., García de la Fuente, C., Saéz Nieto, J. A., & Valdezate Ramos, S. (17 de 03 de 2013). *Sociedad Española de Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*. Obtenido de <https://www.seimc.org/contenidos/documentoscientificos/procedimientosmicrobiologia/seimc-procedimientomicrobiologia37.pdf>
- Finch, H. C. (1974). *Los hongos comunes que atacan cultivos en América Latina*. México: Trillas.
- Froni, L. (1981). Efecto de atramizina, linurón y 2,4-D amina sobre algunas propiedades biológicas de un suelo. *Revista Argentina de Microbiología*(13), 9-16.
- Garcés De Granada, E., Coba De Gutiérrez, B., & Castillo O, N. I. (1996). *Identificación de bacterias fitopatógenas* (Primera ed.). Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- García Galvis, J., & Ballesteros, M. (2 de Junio de 2006). Evaluación de los parámetros de calidad para la determinación de fósforo disponible en el suelo. *Revista Colombiana de química*, XXXV(1), 81-89. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rcq/v35n1/v35n1a08.pdf>
- García, J. (2013). *Las propiedades bio-orgánicas del suelo*. San Pedro, Costa Rica: Universidad De Costa Rica.
- Godoy, E. V. (2010). *Diccionario de ecología* (Segunda ed.). Buenos Aires, Argentina: Valletta ediciones S.R.L.
- Gómez Rodríguez, M. d., & Rincón Cardenas, M. L. (2017). *Microbiología del Suelo*. Universidad de Pamplona.

- Grijalva Calderón, A. C. (2015). Evaluación de *Bacillus Spp* y sus metabolitos en el control biológico de *Ovularia* y *Fusarium* en CHOCO (*Lupinus mutabilis Sweet*). *Tesis de Grado*. Quito, Ecuador: Universidad de las Américas.
- Gutiérrez Barba, B. E., & Herrera Colmenero, N. I. (2001). *La ingeniería ambiental en México*. México D.F: Limusa.
- Hussain, S., Siddique, T., Saleem, M., Arshad, M., & Khalid, A. (2009). *Impact of Pesticides on Soil Microbial Diversity, Enzymes, and Biochemical Reactions* (Vol. 102). San Diego, Estados Unidos : Elsevier Inc.
- Ibáñez, J. J. (2012). Hongos del Suelo (Ascomicetos y Basidiomicetos), su Biodiversidad y Potencial como Indicadores de la Contaminación del Medio Edáfico. España, Madrid: Fundación para el conocimiento Madrid.
- Inquiport. (18 de Noviembre de 2012). *FEDEARROZ (Progreso para el Agro)*. Obtenido de <http://www.inquiport.net/files/folletos/Inquiport%20-%20Propanil%20500.pdf>
- Intriago, M., García, B., Peláez, G., Estupiñán, I., & Villao, F. (1991). Unidades de aprendizaje para la capacitación en tecnología de producción de arroz. En *Principales enfermedades del arroz en el Ecuador y su manejo*. República de Ecuador: CIAT .
- Introducción al control de hongos patógenos en plantas superiores. (s.f.). Bogotá: SCHERING Agricultura.
- Investigación y desarrollo agroalimentario-IDEAGRO. (2 de Enero de 2015). *IDEAGRO*. Recuperado el 05 de 01 de 2018, de <http://www.ideagro.es/index.php/noticias/75-la-importancia-de-las-bacterias-en-la-agricultura>
- Juárez Becerra, G. P., Sosa Morales, M. E., & López Malo, A. (2010). *Hongos fitopatógenos de alta importancia económica: descripción y métodos de control*. Puebla, México: Fundación Universidad de las Américas Puebla.
- León Velandia , D. (2006). *Evaluación y caracterización de micorrizas arbusculares asociadas a yuca (Manihot esculenta sp) en dos regiones de la Amazonía Colombiana*. Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana.
- López Jácome, L. E., Hernández Durán, M., Colín Castro, C. A., Ortega Peña, S., Cerón González, G., & Franco Cendejas, R. (2014). Las tinciones básicas en el laboratorio. *Medigraphic*, 9.
- López Ríos, C. A., Zuluaga Meneses, A., Herrera Penagos, S. N., Ruiz Colorado, A. A., & Medina De Pérez, V. I. (2006). *Producción de ácido cítrico con Aspergillus niger NRRL 2270 a partir de suero de leche*. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co/13341/1/832-4846-1-PB.pdf>
- Manual de fisiología, patología post-cosecha y control de calidad de frutas y hortalizas. (s.f.). En *Patología post-cosecha de frutas y hortalizas*.

- Mataix Solera, J. (1999). *Alteraciones físicas, químicas y biológicas en suelos afectados por incendios forestales. Contribución a su conservación y regeneración*. Alicante, España: Biglioteca virtual Miguel de Cervantes.
- Medina Mendoza, S. A., & Vélez Medina, A. d. (2018). *Evaluación de la calidad del suelo por el empleo de agroquímicos en sistemas productivos de arroz y plátano de la trocha cuatro del Municipio de Granada (Meta)*. Villavicencio: Universidad Santo Tomas. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/13684>
- MERCK KGaA. (2007). *Microbiología Bactident Oxidasa*. MERCK KGaA.
- Morillas, L., Roales, J., Gallardo, A., Durán, J., Rodríguez, A., Groffman, P. M., & Lovett, G. M. (16 de Abril de 2015). Los efectos de cambio climático en los microorganismos del suelo dependen de la deposición atmosférica de nitrógeno. Coímbra, Portugal .
- Mycoses Study Group Educatio Research Consortium . (2000). Obtenido de MSGERC DoctorFungus: <https://drfungus.org/knowledge-base/cunninghamella-species/>
- NEDERAGRO S.A. (20 de Julio de 2012). *NEDERAGRO S.A Cultivando un mejor mañana*. Obtenido de <http://www.nederagro.com/images/stories/pdf/Insecticidas/cipermetrina%2025.pdf>
- Nenínger, H. L., Hidalgo, E. I., & Barrios, L. (2003). Hongos presentes en semillas de arroz. *Fitosanidad*, 6.
- Nufram . (06 de Junio de 2018). *Nufram* . Obtenido de <https://cdn.nufarm.com/wp-content/uploads/sites/18/2017/12/06051546/MANCOZEB80-1.pdf>
- Orberá Ratón, T. (2004). Acción perjudicial de las levaduras sobre los alimentos. *Revista Cubana de salud publica*, 7.
- Owen Barletto, E. J. (1995). Características físico-químicas del suelo y su incidencia en la absorción de nutrimentos, con énfasis en el cultivo de la palma de aceite. *Revista Palmas*, XVI(1), 31-39.
- Pacheco, R. M., & Itatí Barbona, E. (2017). Manual de uso seguro y responsable de agroquímicos en cultivos frutihortícolas. Argentina-Bella Vista: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).
- Paoletti, G. (1999). *The role of earthworms for assessment of sustainability and as bioindicators*. Padua, Italia: ELSEVIER.
- Parra Lizarazu, C. D., Quiroga Selaez, G., Giménez Turba, A., & Flores Quisbert, E. (2018). Aflatoxina B1 de *Aspergillus* SPP generado en arroz, su detección y cuantificación por métodos flurométricos y HPLC. *Revista Boliviana de Química*, 35(5). Obtenido de <https://www.redalyc.org/jatsRepo/4263/426358213003/html/index.html>

- Pereira Morales, C. A., Maycotte Morales, C. C., Restrepo, B. E., Francesco, M., Calle Montes, A., Velaverde, M. J., . . . Guarín Portela, H. (2011). *Edafología 1*. Caldas, Colombia: Espacio gráfico comunicaciones S.A.
- Pérez Morales , L., Hidaleysi, Q. H., & Barletta del Castillo, J. E. (2013). Mionecrosis por clostridio. Presentación de un caso Clostridial myonecrosis. A case report. *Revista de Ciencias Médicas de Cienfuegos*, XI(2), 222-225. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/ms/v11n2/ms15211.pdf>
- Pérez Vélez, J. P. (2014). *Uso de los fertilizantes y su impacto en la producción agrícola*. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias.
- Pérez, G. (2014). *Cuantificación de la microbiota fúngica y bacteriana en el suelo arenado de un cultivo bajo plástico en Almería*. Cambridge, Inglaterra: Universidad de Almería.
- PortalFruticola. (10 de Julio de 2017). *PortalFruticola*. Obtenido de <https://www.portalfruticola.com/noticias/2017/07/10/como-determinar-el-ph-de-los-suelos-usando-un-ph-metro-rango-optimos-por-especies/>
- Quiñones Aguilar, E. E., Evangelista Martínez, Z., & Rincón Enríquez, G. (2016). Los actinomicetos y su aplicación biotecnológica. *Elementos: Revista de Ciencia y Cultura*, 6.
- Rodríguez Limach, V. J. (2004). *Efecto antagónico y biocontrolador de algunos microorganismos saprofitos contra Rhizoctonia Solani un fitopatógeno causante del (damping off) en plantas de tomate*. Lima, Perú: Tesis Digitales UNMSM.
- Rodríguez Pérez, R., Larreal Ríos, M., & Moreno Larreal, J. J. (2012). Comportamiento de la conductividad eléctrica en dos series de suelo del sector caño San Miguel, municipio Mara, estado Zulia, Venezuela durante un periodo de tres años. *Revista Científica UDO Agrícola*, IV(12), 881-889.
- Rodríguez, B. (18 de Marzo de 2016). *Atlas de identificación micológica*. Obtenido de <https://atlasdemicologia.wordpress.com/2016/03/18/rhizopus-spp/>
- Rotan Agro Colombia S.A.S. (Febrero de 2014). Ficha técnica Tuken. Bogotá D.C, Colombia.
- Stanier, R. Y., Ingraham, J. L., Wheelis, M. L., & Painter, P. R. (1996). *Microbiología* (Segunda ed.). Barcelona, España: Reverté S.A.
- Syngenta. (3 de Julio de 2019). *Syngenta*. Obtenido de file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/engeo_ficha_tecnica.pdf
- Syngenta Colombia . (02 de Noviembre de 2018). *Syngenta Colombia* . Obtenido de https://www.syngenta.com.co/sites/g/files/zhg481/f/amistar_top_0.pdf?token=1541175924
- Torres Duggan, M. (2010). *Fertilizando*. Recuperado el Enero de 2019, de <http://www.fertilizando.com/articulos/Analisis%20de%20Suelo%20-%20Herramienta%20Clave.asp>

INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE AGROQUÍMICOS

- Torres, D., & Capote, T. (2004). Agroquímicos un problema ambiental global: Uso del análisis químico como herramienta para el monitoreo ambiental. *Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente*, 2-6.
- Tovar Castaño, J. C. (2008). *Evaluación de la capacidad antagonista "in vivo" de aislamiento de Trichoderma spp frente al hongo fitopatogeno Rhizoctonia solani*. Bogotá D.C, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana.
- Valencia Zapata, H. (2004). *Manual de prácticas de microbiología básica* (Primera ed.). Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Vargas Flores, T., & Villazante Condori, L. G. (2014). Clasificación de los microorganismos. *Revista de actualización clínica*, 44(4), 5.
- Vecol. (10 de Marzo de 2016). *Vecol (Línea Agrícola)*. Obtenido de <https://www.vecol.com.co/uploads/productos/agroquimicos/herbicidas/f3.pdf>
- Zapata Hernández, R. D. (2004). Química de la acidez del suelo. En R. D. Zapata Hernández, *Casos especiales de acidez* (págs. 179-194). Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.