

Abundancia de grupos funcionales de microorganismos del suelo bajo cuatro sistemas de manejo agroecosistémico del municipio de Palmira (Valle del Cauca).

Juan Carlos Hinestroza Vásquez

Helmer Caicedo Cuero

Tesis para optar al título de

Ingeniero Ambiental

Director:

Oscar Eduardo Sanclemente Reyes. PhD.

Línea de investigación:

Gestión Ambiental y sustentabilidad

Universidad Abierta y a Distancia – UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente – ECAPMA

Programa de Ingeniería Ambiental

CEAD Palmira

2018

Abundancia de grupos funcionales de microorganismos del suelo bajo cuatro sistemas de manejo agroecosistémico del municipio de Palmira (Valle del Cauca).

Juan Carlos Hinestroza Vásquez

Helmer Caicedo Cuero

Tesis para optar al título de

Ingeniero Ambiental

Director:

Oscar Eduardo Sanclemente Reyes. PhD.

Línea de investigación:

Gestión Ambiental y sustentabilidad

Universidad Abierta y a Distancia – UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente – ECAPMA

Programa de Ingeniería Ambiental

CEAD Palmira, 2018

Dedicatoria

Primero que todo agradecerle a Dios por la vida y permitirnos contar con personas comprometidas y de buen corazón: dedicado a nuestros padres, hijos, esposas, amigos, familiares y docentes, por transmitirnos sin mezquindad sus conocimientos para que este proyecto se hiciera realidad.

Agradecimientos

- A DIOS por darnos la vida, salud y entendimiento para terminar mis estudios universitarios
- A nuestro director Dr. Oscar Eduardo Sanclemente Reyes. Por el apoyo irrestricto para que este sueño se materializara.
- A los diferentes tutores de la UNAD que hicieron parte de este proceso académico.
- A los familiares y amigos por la confianza depositada para la culminación de esta tarea.

¡Mil gracias!

Resumen

Las prácticas convencionales en la agricultura, caracterizadas por la aplicación excesiva de agroquímicos continúan generando degradación biológica del suelo y pérdida de la sustentabilidad. En el lugar objeto de estudio, se evaluaron algunos grupos funcionales de microorganismos del suelo relacionados con metabolismo nitrógeno (N), solubilización de (P) y descomposición de materia orgánica bajo cuatro sistemas de manejo agroecosistémico: monocultivos convencionales de maíz y tomate, Sistema de manejo agroforestal (leucaena, algarrobo y musáceas), Sistema de manejo forestal (guadual). Se realizó muestreo de suelo rizosférico de 0-20 cm con cuatro réplicas por agroecosistema, las muestras se llevaron a laboratorio donde se realizaron diluciones seriadas y siembra de microorganismos en medios específicos. El conteo se hizo mediante unidades creadoras de colonias por gramo de tierra seca (ufc/gss) tanto en bacterias como en hongos. Se ejecutó estudios de varianza al igual que ensayo de medias de Tukey ($P < 0.05$), detectar diferencias entre poblaciones microbianas de los agroecosistemas evaluados. Los resultados mostraron diferencias significativas para los grupos evaluados. En bacterias totales, el monocultivo de tomate obtuvo 1.1×10^7 ufc/gss siendo significativamente mayor a los demás. Para el caso de hongos totales del suelo, el monocultivo de maíz y el sistema agroforestal registraron los valores más altos con 1.7×10^7 y 1.5×10^5 ufc/gss respectivamente, siendo esto indicador de degradación de materiales orgánicos que se depositan en el suelo. Para el caso de los conjuntos prácticos funcionales participantes, los períodos del N₂ y P, el sistema forestal logró los valores más altos con 7.9×10^5 ufc/gss para bacterias fijadoras de N₂ y 1.3×10^2 ufc/gss para bacterias solubilizadoras de P, siendo esto indicador biológico de sostenibilidad del suelo y punto de referencia para el manejo de los demás agroecosistemas. Este tipo de estudios indican que la simplificación de los sistemas agrícolas va en contravía al desarrollo sustentable, como lo muestran los indicadores biológicos evaluados.

Palabras claves:

Análisis microbiológico, poblaciones microbianas, manejo de cultivos, aislamiento, sostenibilidad.

Abstract

Conventional practices in agriculture, characterized by the excessive application of agrochemicals, continue to generate biological degradation of the soil and the loss of sustainability. In the skid san Isidro corregimiento of the municipality of Palmira Valle del Cauca (Colombia), some functional groups of soil microorganisms related to nitrogen (N) metabolism, solubilization of (P) and decomposition of organic matter under four agroecosystemic management systems were evaluated: conventional monoculture of corn and tomato, agroforestry management system (leucaena, carob and musaceae), forest management system (guadual). A rhizospheric soil sampling of 0-20 cm was performed with four replications per agroecosystem, the samples were taken to a laboratory where serial dilutions were made and microorganisms were planted in specific media. The content was created by units created of colonies per gram of dry earth (ufc / gss) in both bacteria and fungi. Tukey media quality analysis studies were carried out ($P < 0.05$), showing differences between microbial populations of the evaluated agroecosystems. The results were significant differences for the groups evaluated. In total bacteria, the tomato monoculture obtained 1.1×10^7 cfu / gss being significantly higher than the others. For the case of total soil fungi, the monoculture of corn and the agroforestry record system the highest values with 1.7×10^7 and 1.5×10^5 cfu / gss respectively, this indicator being the degradation of organic materials that are deposited on the floor. For the case of the participating functional groups of N_2 and P, the forest system achieved the highest values with 7.9×10^5 cfu / gss for N_2 -fixing bacteria and 1.3×10^2 cfu / gss for P-solubilizing bacteria, this being an indicator soil biological sustainability and benchmark for the management of other agroecosystems. This type of studies indicate that the simplification of agricultural systems goes against sustainable development, as shown by the biological indicators evaluated.

Keywords:

Microbiological analysis, microbial populations, crop management, isolation, sustainability

Contenido

1. Introduccion	12
2. Objetivos	14
2.1 Objetivo general	14
2.2 Objetivos específicos	14
3. Marco conceptual y teórico	15
3.1 El suelo como sistema vivo.....	15
3.2 Diversidad microbiana.....	15
3.3.1 Ciclos biogeoquímicos en el suelo (C, N, P).....	16
3.3.7 Bacterias de vida libre.....	20
3.3.8 Bacterias asimbióticas fijadoras de N ₂	20
3.3.9 Bacterias nitrificantes	20
3.4 Microorganismos solubilizadores de P.....	21
3.4.1 Hongos del suelo	22
3.4.2 Sistemas agroforestales	22
3.4.3 Cultivo de maíz <i>Zea mays</i> L.	23
3.4.4 Enfermedades y plagas del Maíz.....	23
3.4.5 Algunas enfermedades del maíz	24
3.4.6 Cultivo de Tomate <i>Lycopersicon</i> esculentum Mill.....	25
3.4.7 Algunas enfermedades del tomate	25
3.4.8 Algunas plagas del tomate	26
3.4.9 Guadual	27
3.5 Principales agroquímicos empleados en el control de fitopatógenos y plagas de cultivos en el Valle del Cauca	28
3.5.1 Antecedentes	28
3.5.2 Principales agroquímicos para el control de fitopatógenos y plagas.....	28
3.5.3 Contaminación de suelos y cuerpos de aguas por agroquímicos	29
3.5.4 Marco legal	31
3.5.5 Antecedentes de la Investigación:	33
4. Materiales y métodos	34
4.2.1 Preguntas realizadas	34
4.2.3 Materiales para toma de muestras	35
4.2.4 Trabajo de laboratorio	36

4.2.5 Bacterias: Recuento de las unidades formadoras de colonias bacterianas (ufcb).....	36
4.2.6 Hongos: Recuento de las unidades formadoras de colonias fungosas (Ufcf).....	36
4.2.8 Comparación de los resultados de abundancia de microorganismos funcionales del suelo bajos los cuatro sistemas de manejo	37
4.2.9. Socialización de los resultados.....	37
5. Resultados y discusión	38
5.1 Determinación de prácticas culturales en sistemas de cultivos de pequeños productores de zona plana del Municipio de Palmira (Valle del Cauca).	38
5.2 Poblaciones de microorganismos funcionales del suelo bajos los cuatro manejos agroecosistémicos.....	40
5.2.1 Bacterias totales del suelo	40
5.2.2 Hongos totales del suelo	41
5.2.3 Bacterias fijadoras de N ₂ totales	42
5.2.4 Bacterias solubilizadoras de P (ufcb/gss).....	43
6. Socialización de los resultados.....	45
7. Conclusiones.....	46
8. Recomendaciones	47
9. Bibliografía	48
10. figuras.....	53

Lista de tablas

Tabla 1. Normatividad ambiental vigente.....	32
-----------------------------------------------------	----

Lista de figuras

Figura 1. Representación del ciclo biogeoquímico del Carbono.....	17
Figura 2. Representación del ciclo del nitrógeno.....	18
Figura 3. Representación del efecto del fosforo.....	19
Figura 4. L Figura 4. Localización de la finca el Refugio.....	34
Figura 5. Resultados de la encuesta realizada a los agricultores.....	40
Figura 6. Abundancia de bacterias del suelo	41
Figura 7. Abundancia de hongos del suelo.....	42
Figura 8. Abundancia bacterias fijadoras de nitrógeno N ₂	43
Figura 9. Abundancia de Bacterias solubilizadores P.....	46
Figura 10. Socialización de resultados con productores agrícolas.....	53
Figura 11. Recolección de muestras.....	55
Figura 12. Estimación de poblaciones bacterianas de vida libre.....	56

Lista de anexos

Anexo 1. Prueba del rango múltiple de Duncan para BACTERIA.....	57
Anexo 2. Variable dependiente: BACTERIA.....	57
Anexo 3. Prueba del rango múltiple de Duncan para HONGOS.....	58
Anexo 4. Prueba del rango múltiple de Duncan para HONGOS.....	58
Anexo 5. Prueba del rango múltiple de Duncan para BACFIJAD.....	59
Anexo 6. Variable dependiente: BACFIJAD.....	59
Anexo 7. Prueba del rango múltiple de Duncan para BACSOLU.....	60
Anexo 8. Variable dependiente: BACSOLU.....	60
ANEXO 9. Fichas técnicas de agricultores.....	61
Anexo 10. Asistencia socialización con los agricultores.....	62

1. Introduccion

La Universidad Nacional Abierta y a Distancia bajo su proyecto académico pedagógico solidario, reconoce la importancia de atender mediante la e-investigación las necesidades sentidas de la población vulnerable en nuestro país. De esta forma se logra consolidar la alianza estratégica academia- comunidad como modelo favorable dentro del desarrollo sustentable de las poblaciones. El programa de Ingeniería Ambiental, hace parte de la Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA, tiene dentro de sus líneas de investigación: Biotecnología y Gestión Ambiental, en la búsqueda de dar soluciones a problemáticas y/o necesidades de la población colombiana, como son entre otras, la contaminación ambiental, el saneamiento básico y la sostenibilidad de los recursos naturales (Plan maestro del programa de Ingeniería Ambiental, 2009).

Sánchez de Prager *et al.* (2012), define al suelo como recurso natural no renovable y un sistema viviente con participación fundamental en la sostenibilidad de los agroecosistemas. De aquí la importancia de estudiar los diferentes efectos en sistemas de intervención humana (agricultura, ganadería, urbanismo, otros), acerca de las posesiones ópticas, sintéticas, y orgánicas del suelo, así como otras emergentes entre las que se encuentran la sostenibilidad, salud, resiliencia y autorregulación; todo esto con el fin de establecer acciones de manejo y conservación.

De acuerdo con el Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE (2013), cerca del 60% de la población colombiana habita en zonas rurales. Este aspecto es importante, teniendo en cuenta la alta presión que ejerce la población rural sobre los recursos naturales, específicamente del recurso suelo e hídrico. Se estima que Colombia, en su área rural, tiene un potencial de 47 millones de hectárea para uso Agrícola, Pecuario y Forestal. Adicionalmente, según la Encuesta Nacional Agropecuaria ENA de 2016, la zona de labranza en Colombia en ese año fue aproximadamente de 5.1 millones de hectáreas, destacándose los cultivos agroindustriales (café, cacao, tabaco, entre otros) ocupan cerca del 32,4 % de la superficie total, entretanto los cereales (maíz y arroz) ocupan el 19,8% de las hectáreas sembradas. A nivel de pequeños productores, se destaca el área sembrada de hortalizas, verduras y legumbres, que suman cerca de 221 mil hectáreas.

Sin embargo, gran parte de estos sistemas de cultivo utilizan prácticas convencionales como la aplicación de agroinsumos de síntesis química para el manejo de la abundancia del suelo, sobre la intervención de pestes y afecciones, así como el manejo de arvenses, lo que ocasiona efectos adversos en los ecosistemas (Altieri, Nicholls, 2007). Algunos cultivos hortícolas de productos suculentos como el tomate, se destacan por alta incidencia y severidad de plagas (Araña roja- *Tetranychus urticae*, Mosca blanca- *Trialeurodes vaporariorum*, Pulgón- *Aphis gossypii*, Trips- *Frankliniella occidentalis*, Minadores de hoja- *Liriomyza trifolii*, y Orugas- *Spodoptera exigua*) y, enfermedades (*Fusarium oxysporum*, Mildiu- *Phytophthora infestans.*, Alternariosis -*Alternaria solani*, Podredumbre gris- *Botrytis cinérea* y Oídio- *Leveillula taurica*). Para el control de estos problemas, se emplean diversos productos biocidas que recomiendan las casas comerciales, pero que pueden estar ocasionando efectos adversos, entre los que se encuentran, la reducción de poblaciones de algunos grupos funcionales de microorganismos del suelo. Los microorganismos

funcionales son reconocidos por realizar servicios ecosistémicos en el suelo como por ejemplo la solubilización de fosfatos, fijación de N_2 , humificación de la materia orgánica, entre otros (Magdoff y Weil, 2004) de aquí su importancia y necesidad de conservación. Precisamente, esta investigación se centró en evaluar la abundancia de algunos grupos funcionales de microorganismos del suelo bajo diferentes sistemas de manejo agroecosistémico del municipio de Palmira (Valle del Cauca). Para ello, se identificaron comunidades de pequeños productores agrícolas que dentro de sus predios tuvieran sistemas de cultivos bajo aplicación de productos comerciales de síntesis química para el control de problemas fitosanitarios. Seguidamente, se realizaron encuestas para determinar el tipo de productos (fungicidas, plaguicidas y herbicidas) así como las dosis de aplicación, con el fin de establecer su efecto sobre la abundancia de poblaciones microbianas funcionales del suelo.

Se logró seleccionar un predio en el corregimiento del Bolo (municipio de Palmira), que contaba con las características ideales para el estudio, como por ejemplo área (2,2 ha), diversidad de cultivos (monocultivos de tomate y maíz, sistema agroforestal), así como cercanía a un sistema forestal de protección como el gradual. De esta manera, se realizaron muestreos de suelo rizosférico en estos sistemas para evaluar la abundancia de poblaciones de bacterias de vida libre, bacterias asimbióticas fijadoras de N_2 , bacterias solubilizadoras de P y un recuento de Hongos totales, como indicadores biológicos de la calidad agroecosistémica. La comparación de los resultados obtenidos, permitió generar recomendaciones a los productores con miras de generar procesos productivos más amigables con el ambiente, en busca de una agricultura sostenible. Así mismo, estas acciones tendrían efectos positivos en la salud de los consumidores.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Evaluar la abundancia de algunos grupos funcionales de microorganismos del suelo bajo cuatro sistemas de manejo agroecosistémico del municipio de Palmira (Valle del Cauca).

2.2 Objetivos específicos

- ✓ Caracterizar labores culturales en sistemas de cultivos de pequeños productores de zona plana del municipio de Palmira (Valle del Cauca).
- ✓ Estimar poblaciones de bacterias de vida libre, bacterias asimbióticas fijadoras de N₂, bacterias solubilizadoras de P y de Hongos del suelo bajo sistemas contiguos de manejo convencional de monocultivo (maíz y tomate), agroforestal (leucaena, algarrobo y musáceas) y forestal (guadual), en predio de pequeño productor rural de Palmira.
- ✓ Comparar los resultados de abundancia de microorganismos funcionales del suelo bajos los cuatro sistemas de manejo.
- ✓ Socializar los resultados obtenidos con pequeños productores del corregimiento del Bolo San Isidro- municipio de Palmira (Valle del Cauca).

3. Marco conceptual y teórico

3.1 El suelo como sistema vivo

Al comprender el suelo como un organismo vivo, se acepta entonces su permanente proceso de cambio. De la misma manera que una planta o un animal, el suelo respira, se nutre y se propaga, también se puede enfermar y hasta morir. Por otro lado, no es vivo porque abarca micro y macro organismos sino porque esos organismos son parte indispensable de ese suelo; así mismo se puede decir que no hacen parte del suelo, sino que “en términos generales son” el suelo. Lo que indica que el suelo sin los microorganismos estaría definitivamente muerto, es decir; no podría dar vida a ninguna planta como tal (Sánchez de Prager *et al.*, 2012).

El suelo como superficie viva posee miembros o grupos funcionales, que están constituidos, fundamentalmente, por congregaciones microbianas en forma de territorios y estos a su vez organizados en consorcios que, en cantidad y diversidad adecuadas, cumplen unas funciones especiales, como muestra: fijar el espacio de los nutrientes, estableciendo una forma porosa estable otorgando la oxigenación, filtrar sustancias nocivas, sostener las proporciones apropiadas entre virus para prevenir problemas, estimulando los medios de barrera de las plantas, etc.. Pero es de comprender que cada consorcio microbiano funciona en sintonía y sinérgicamente sólo cuando las exigencias son las apropiadas y todos sus integrantes están presentes, como cualquier equipo (Albert Howard *et al.*, 1947).

3.2 Diversidad microbiana

La variedad de microorganismos es importante porque garantizar el ciclo de nutrientes y procesos de descomposición del material vegetal en cualquier ecosistema terrestre, a causa de los procesos biológicos como pérdida de electrones, la simplificación, el desmonte y la transformación de la materia orgánica, así como las integraciones, es decir; los grupos de individuos que lo componen asentados en el suelo. Se estima que naturalmente existen poblaciones que oscilan entre uno y cien millones de microorganismos por gramo de suelo, donde predominan los hongos y bacilos, provocando relaciones de diversidad microbiana, así como el funcionamiento de los suelos, la calidad de las plantas y la sostenibilidad de los ecosistemas. Por otro lado este ecosistema es manejado por un mecanismo microbiano, debido a que está influenciado principalmente por parámetros físicos y químicos del suelo (Bragg *et al.*, 1994).

La pluralidad microbiana en el suelo se caracteriza por un par de ejes de exploración, la primera enfatiza en la fertilización biológica y la segunda corresponde a la biotecnología ambiental y agrícola. Aislado microorganismos del medio ambiente, clasificarlos y caracterizarlos fisiológicamente, para examinar virtudes degradadoras permitiendo el impulso de procesos tecnológicos aplicables a gran escala e intentar en determinados casos una mejora genética de los microorganismos utilizados con el fin de obtener cepas más eficientes en la degradación de compuestos orgánicos contaminantes. De igual forma se observa que los microorganismos aislados no presentan las mismas capacidades

degradadoras de contaminantes, que el conjunto de poblaciones microbianas que se encuentran en el medio natural. (Bragg et al., 1994).

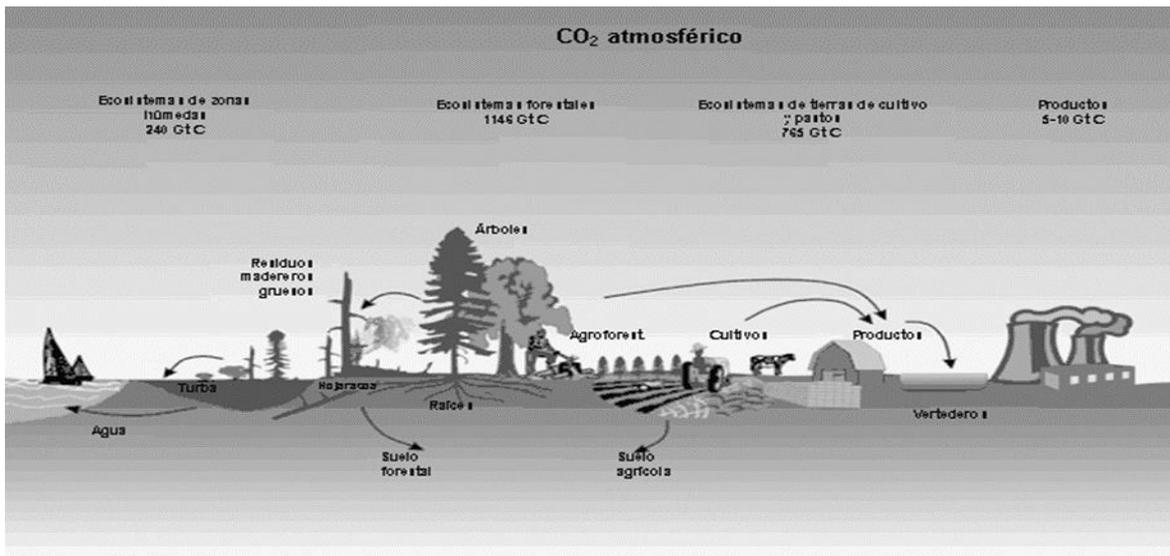
La pluralidad de microorganismos ha mostrado modificaciones considerables en los modelos bacterianos identificados, es posible observar en un mismo patrón de variaciones temporales. La baja diversidad y número de conjuntos bacterianos en octubre, debido a baja temperatura en ese periodo del año (Borneman et al., 1996; Fantroussi et al., 1999; Smit et al., 2001).

3.3.1 Ciclos biogeoquímicos en el suelo (C, N, P).

3.3.2 Ciclo del carbono

El ciclo del carbono se caracteriza por poseer un mecanismo que dinamiza con la biosfera partiendo de la fijación del CO_2 atmosférico (fotosíntesis) y su transformación en biomasa, posteriormente, esta biomasa retorna al suelo como necromasa que es mineralizada por los diversos organismos que la transforman mediante respiración en CO_2 . Finalmente, el CO_2 es devuelto a la atmósfera o tomado como insumo en organismos autótrofos, para que inicie un nuevo ciclo (Figura 1). La suma total del carbono almacenado en el suelo está evidenciada por el balance entre la producción primaria y la descomposición. La transformación de estado armónico a mineral, en el que es conocido como mineralización y se debe en gran segmento a la putrefacción de vegetales y animales, así como los efectos armónicos de la excreción de animales (Sztern & Previo, 1999; Vera, 2004).

Figura 1. Representación del ciclo biogeoquímico del Carbono.

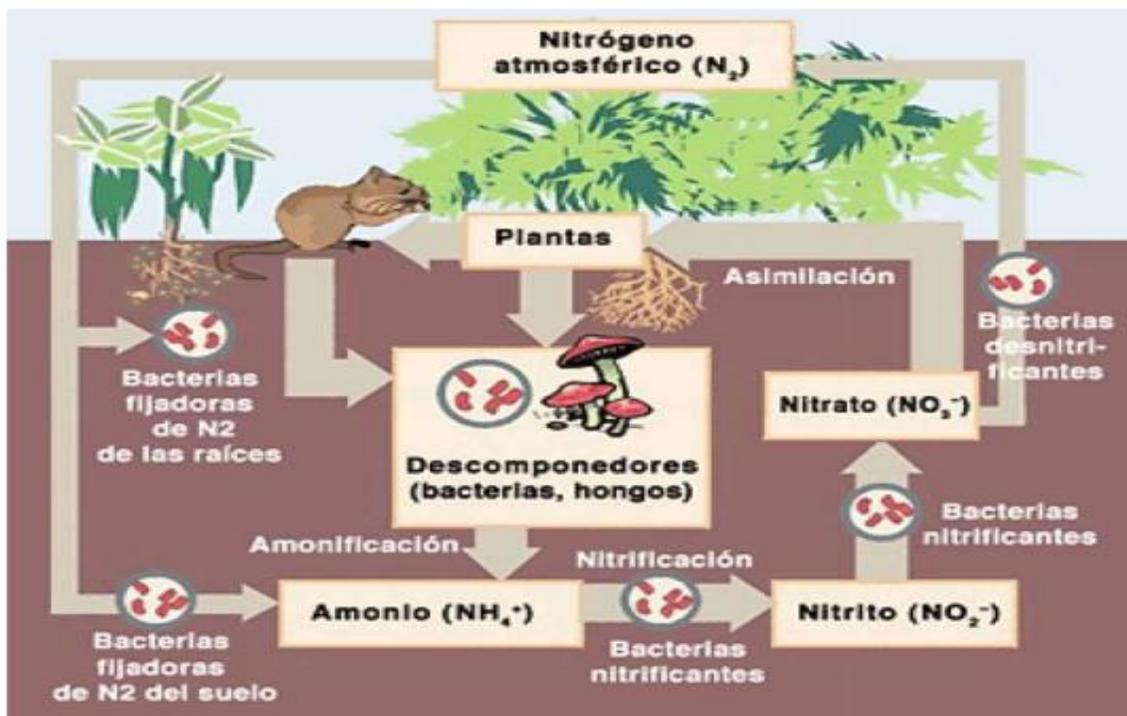


Fuente: (Falkowski et al., 2000). URL: ultimo acceso febrero 22 de 2018.

3.3.3 Ciclo del nitrógeno

Como es sabido el nitrógeno se conoce como el cuarto elemento que más se manifiesta en las biomoléculas, después del carbono, el hidrógeno y el oxígeno (Philipipot & Germon 2005). La biomasa bajo suelo tiende a constituir el 4-8% del nitrógeno total en bosques templados, mientras en bosques tropicales constituye el 32%, por ello el nitrógeno es el elemento limitante en bosques templados y el fósforo en bosques tropicales donde su inmovilización tiene mayor importancia (Schlesinger 1997). El nitrógeno gaseoso es la forma más estable de este elemento y esto explica que el reservorio más importante de nitrógeno de la Tierra sea la atmósfera. Por tanto, la capacidad de utilizar esta forma de nitrógeno es de gran importancia ecológica. Por otro lado, se puede decir que la segunda reserva que se da abundante de nitrógeno en la tierra después del nitrógeno atmosférico, se encuentra en el suelo como nitrógeno orgánico. De ahí el proceso de amonificación se da la conversión de nitrógeno orgánico en amonio (NH_4^+) mediante enzimas microbianas extracelulares como quitinasas, proteasas, ureasas, obteniendo como resultado el amonio. El amoniaco es rápidamente transformado por microorganismos en nitrato por un proceso denominado nitrificación para luego ser asimilada (Figura 2

Figura 2. Representación del ciclo del nitrógeno



Fuente: Iñon (2018).

3.3.5 Microorganismos funcionales del suelo y servicios ecosistémicos

Los microorganismos funcionales son importantes para el desarrollo, producción de las plantas y el aporte de nutrimentos a las mismas, debido a que estos se comunican concisamente con los raigones de las vegetaciones (Matsumoto et al., 2005; Torres y Lizarazo, 2006). Además un sinnúmero de bacterias concurrentes estas prácticas son consideradas Plant Growth Promoting Rhizobacteria PGPR (Kloepper y Schroth, 1978), término que hace reseña a benefactoras que provocan el aumento y desarrollo de las plantaciones.

Las bacterias calificadas también como PGPRs, desempeñan infinidad de situaciones en el suelo, es decir; contribuyen a separar fosfato inorgánico y otros nutrimentos, ampliando el aguante de la planta a la tensión, impulsando a afianzar los agregados del suelo, optimizando la distribución, capacidad y contenido de materia viviente. Además, hay mayor conservación de elemento vegetal de la tierra y distintos alimentos aumentando la independencia, ayudando a la disminución de fijación de abonos nitrogenados y ácido fosfórico (Hayat et al., 2010).

De la misma manera se ha conseguido en métodos de biorremediación de suelos, disminuyendo hasta la mineralización de agregados vegetales, incorregible en asociación con vegetación (Zhuang et al., 2007). De igual forma las PGPRs se han dividido en dos conjuntos significativos, están involucrados en ciclar alimentos y la desintegración de edificadores del suelo, las que son concernientes al biocontrol de patógenos en cultivos (Bashan y Holguin, 1998). Así mismo poseen reporte de especies con bacterias PGPRs como *Azotobacter sp.*, *Azospirillum*, *Klebsiella sp.*, *Bacillus sp.*, *Pseudomonas sp.*, *Enterobacter sp.*, *Serratia sp.*, entre otros, (Kloepper, 1983). Así mismo, se han determinado bacterias como *Pseudomonas putida* y *Pseudomonas fluorescens* (Sanclemente, Patiño y Yacumal, 2017). Por otro lado, las PGPRs como potenciales por su disposición para establecer gas atmosférico en forma asimbiótica, asentar raigones y originar combinados que normalizan las cantidades de bacterias del suelo (Kapulnik, 2002).

3.3.6 Bacterias del suelo

Las bacterias son células vivas unicelulares y más abundantes del planeta, las cuales tienen la capacidad de asentar en diferentes partes de la corteza terrestre. Por tal razón cuando escuchamos la palabra bacteria lo primero que se viene a la mente es suciedad, enfermedad, insalubridad, dolor, sufrimiento, padecimiento, y muerte. Sin embargo, la gran mayoría de ellas son de gran importancia para las plantas y seres vivos (Gray y Smith, 2005).

3.3.7 Bacterias de vida libre

Las bacterias de vida libre son microorganismos fijadores de nitrógeno. Proceso por el cual la materia orgánica es descompuesta por hongos y bacterias, donde los organismos con más variedad, se encuentran en cada uno de los escenarios vivientes. Por otro lado, poseen un crecimiento acelerado y se adaptan a diversos entornos (Allan y Graham, 2002).

Las bacterias están estrechamente ligadas a circunstancias de empapamiento, oxígeno y nutrientes, así como las anaerobias que son predominantes en suelos anegados donde existen condiciones de humedad y materia orgánica. Se estima que el número de bacterias fijadoras de nitrógeno es elevado en la zona adyacente a la raíz, debido a liberación de componentes orgánicos que sirven de nutrimento a la planta (Dugan, 2004).

Las bacterias aerobias emplean un par de engranajes de defensa para la fijación de N_2 y la conservación torácica, donde se realiza una elevada tasa respiratoria, a expensas de un alto consumo de carbono y energía, manteniendo una agrupación intracelular baja de oxígeno, así como la defensa y conformación, en la cual la fijación biológica de nitrógeno cambia de disposición a una forma reversible inactiva (Robson y Postgate, 1980; Segura y Espín, 1998).

3.3.8 Bacterias asimbióticas fijadoras de N_2

Las bacterias asimbióticas facilitan al suelo el intercambio y efecto orgánico que está relacionada estrecha, y permanentemente entre organismos de distintas especies. Son células o seres vivos que necesitan de otra célula u organismo para poder sobrevivir, también hacen parte de las especies eficaces más significativas de la superficie terrestre, componiendo los microorganismos fijadores de N_2 , al ser los únicos organismos que tienen un catalizador que reduce el N_2 a amonio. La adherencia orgánica de N_2 es el primer paso del periodo del N_2 a partir del ambiente hasta el entorno, lo cual es esencial para el rendimiento de las vegetaciones (Barea et al., 2005). Así mismo estas bacterias logran estar o no agrupadas con las raíces de las plantas llegando inclusive a establecer conexiones asociantes (Graham, 1999; Barea et al., 2005).

3.3.9 Bacterias nitrificantes

Se estima que las bacterias nitrificantes fueron los primeros organismos con los que se demostró la capacidad de obtención de energía, de un cuerpo de corroer una sustancia inorgánica como fuente de energía. Winogradsky en su teoría demostró que eran aptos para originar masa orgánica y celular, cuando se les administraba dióxido de carbono como origen ideal de carbono. Además, en las membranas de este tipo de bacterias se sitúa la enzima clave de la oxidación del amoníaco monooxigenasa que oxida el NH_3 hasta la hidroxilamina NH_2OH , este último es oxidado a nitrito mediante el ejercicio de otra enzima en la hidroxilamina oxidoreductasa vigente en el periplasma de las bacterias nitrificantes. (1856-1953).

3.4 Microorganismos solubilizadores de P

La existencia de bacterias de solubilizadoras de fósforo en el suelo es de gran importancia ya que el almacenamiento de este elemento logra ser manejado por las plantas y coloca de ostensible la importancia del papel de los microorganismos en la transformación del P orgánico como unidad mixta en los residuos vegetales y en la materia orgánica del suelo, a formas inorgánicas beneficiosas por las plantas. El sumario que se despliega mediante enzimas que aíslan al fósforo de los sustratos orgánicos y que se designan fosfatasa. Como norma usual una sola fosfatasa puede proceder en varios sustratos diferentes y con esta diligencia los microorganismos pueden contribuir a las plantas entre el 30-60% de sus necesidades de fósforo (Jaizme-Vega, 2009).

Los microorganismos son pieza sistémica de la etapa de P en la superficie y ejercen una función significativa en la intervención de recurso para las vegetaciones. Así mismo la perspicacia del aporte microscópico, para la asimilación fosfórica de las vegetaciones, y congruencias de operación de bacterias determinadas para ampliar el recurso de fosfato en el suelo, el cual ha sido de enorme rendimiento por varios períodos (Ojekami *et al.*, 2011).

Las participaciones de bacterias son activas en la eficiencia del fósforo del suelo, haciendo parte ineludible de su duración, y medio para las vegetaciones. Interviniendo en las metodologías de transformación del componente vegetal a mineral, es decir; la salida del fósforo viviente a inactivo solubilización en la disolución del P que se delimita en compuestos de Ca, Fe o Al. C sujeción a través de la incorporación del fósforo en los tejidos vegetales (Osorno, 2013).

Obedeciendo a la fuente del fósforo, algunos microorganismos tienen componentes que utilizan para la solubilización, logrando con vertiendo el P de agregados minerales en vivientes. Es así que la solubilización de fósforo mineral provee a través de la suma de ácidos orgánicos y la disolución del fósforo orgánico, dándose por medio la de elaboración de fermento como las fosfatasa (Selvakumar *et al.*, 2013).

Los organismos microscópicos viven sujetos a términos que inquietan la evolución del crecimiento de las vegetaciones de la superficie terrestre, previniendo activamente la transformación del pH del entorno que los envuelve, por medio de la secreción de ácidos orgánicos cítrico, láctico, glicólico, maleico, entre otros elaborados por el metabolismo microbiano y la salida de componentes antagonistas como transportadores de hierro (Pérez *et al.*, 2012).

El alcance del trabajo de las bacterias en el ciclo del P, se debe a que estas dominan valioso contenido del componente, por gramo seco en sus enramados. De igual forma los microorganismos presentan entre 2.6 y 1.3% y mohos 0,4 y 1.0%, a disconformidad de las matas que conservan entre 0.1 y 0.6% de P por peso brusco (Pérez *et al.*, 2012).

El poblamiento bacteriano es más efectivo en el método de solubilización de P, debido a que representa de 0 al 38% en balance con las cantidades de mohos solubilizadores que representan de 0.1 al 0.5% de la cantidad (Ali *et al.*, 2009). Las agrupaciones de microorganismos del suelo, concernientes a los géneros, *Rhizobium sp.*, *Agrobacterium sp.*, *Burkholderia sp.*, *Achromobacter sp.*, *Micrococcus sp.*, *Aerobacter sp.*, *Flavobacterium sp.*, y *Erwinia sp.*, *Pseudomonas sp.*, *Bacillus sp.*, son definidas a manera de solubilización eficaces de fosfatos (Paredes y Espinosa, 2010).

La existencia de múltiples poblaciones microbianas solubilizadoras de fosfatos, obedece a circunstancias agroecológicas del suelo, las particularidades fisicoquímicas, volumen de nutriente, fósforo y actividades culturales. La zona de la rizósfera es en donde puede concurrir un resultado preferente a cerca de las bacterias solubilizadores del P (Guzmán, 2011).

3.4.1 Hongos del suelo

Los hongos del suelo son organismos microscópicos que cumplen diversas funciones, destacando la mineralización de los nutrientes, la asociación con las plantas hacia el aumento de la capacidad de absorción de nutrientes y el control de otras poblaciones de microorganismos patógenos (Acevedo, 2005).

Los hongos gozan de particularidades que utilizan las transpiraciones radiculares compuestas por almíbares, molécula orgánica, ácidos orgánicos, nucleótidos, enzimas, componentes y esencias generadoras de avance. Además, los mohos congregan nutrimentos inorgánicos cerca de los raigones de las matas, ampliando el volumen de estancar humedad en sequedad, fijando nitrógeno, fósforo y protegiendo las cepas de organismos perjudiciales por área, exponiendo ingredientes que los cortan. Por otro lado, los mohos son demasíadamente dinámicos en las vegetaciones y optan por los azúcares que estas producen por las raíces. Del mismo modo sintetizar aminoácidos proteicos como los no proteicos (Jeffries y Young, 1994).

3.4.2 Sistemas agroforestales

Los sistemas agroforestales tienen como finalidad sostener prácticas de cultivos, encaminadas a extender al máximo el rendimiento del mismo, armonizando la producción forestal como frutales y otros cultivos arbóreos. Por otro lado, el propósito de estos métodos es mejorar los instrumentos beneficiosos de las interacciones de los componentes boscosos, con el mecanismo de cultivo para alcanzar un esquema fructífero que se comprueba con lo que habitualmente se adquiere de la disponibilidad de recursos en el monocultivo, proporcionando escenarios financieros, medioambientales y generales que destaca el Consejo Nacional del Ambiente (CONAM, 2001)

3.4.3 Cultivo de maíz *Zea mays* L.

Según la reseña histórica el cultivo de maíz aparece como una especie silvestre, la cual e doméstica por el ser humano, de igual manera es utilizado como índice de supervivencia yaqué es un elemento importante para las familiares e industrias, de sus derivados adquirieron diversidades de productos (Srinivasan, 2006)

El cultivo del maíz por ser una planta tierna y de ciclo muy corto, puede ser reciclado o reutilizado en su totalidad, yaqué su aprovechamiento se puede convertir en biomasas, materia prima, fertilizantes orgánicos y acolchonamientos para el suelo. Consecuentemente todas estas prácticas permiten a los pequeños agricultores disminuir costo de producción agropecuarios, convirtiéndose en líderes en manejo de prácticas amigables al medio ambiente (Rodríguez *et al.*, 2008).

Botánicamente el maíz corresponde a la familia de las gramíneas, es un vegetal periódicamente alto con un promedio de 2.3 pies, es una especie muy fácil de reproducirse por su capacidad de adaptabilidad y germinación, sus éxitos se radican desde el proceso de preparación del suelo hasta la cosecha de su grano. Consecuentemente este grano a contribuido en el fortaleciendo de la seguridad alimentaria (elote, mazorca, choclo o espiga) (Alvarado, 2000)

3.4.4 Enfermedades y plagas del Maíz

Generalmente todos los cultivos de maíz sufren en cualquiera de sus etapas de desarrollo algún tipo de ataque por causa de las plagas, los cuales generan desequilibrio ambiental en el agroecosistema. Los controles a tiempo de estas enfermedades son fundamental para intervenir y evitar su expansión en los cultivos.

Algunas Plagas del Maíz

El gusano gris y el gusano verde

Estos insectos requieren de un tratamiento de control biológico, que se debe implementar en el momento que empieza a espigar. Debido a su etapa de desarrollo es más susceptible de ser atacada por sus frutos y sus follajes. Nemece *et al.*, 1998).

El gusano blanco

Conocido también popularmente como “gallinita ciega”. Es una de las plagas que se debe tratar con más seriedad debido a su nivel de destrucción.

Pulgón de maíz

También conocido como Áfidos es un insecto muy común en las plantaciones del maíz, los cuales causa daños en la etapa inicial de las espigas y las hojas. Por ello hay que estar atento para su control preventivo. (Bonilla, 1994).

Oruga de maíz

Es una plaga que también recibe el nombre de taladro debido a que afecta directamente las mazorcas del maíz, Para tratar este bicho es complejo ya que los productos de tratamiento no tienen acción directa sobre el interior de los frutos, por lo tanto, es mejor aplicar el tratamiento cuando las mazorcas estén en proceso de desarrollando (Farinós *et al.*, 2004).

Araña roja

Es una plaga que puede brotar en cualquier momento, pese a su alterabilidad a todas las condiciones climáticas. Algunos productos para combatir este parásito suelen ser muy agresivos, por lo tanto, hay que aplicarlos la dosis recomendada para evidenciar su efecto. (Jacas & Urbaneja 2008).

El gusano de alambre

Es una plaga súper difícil de combatir, debido a que viven bajo tierra por mucho tiempo y a que está formada por larvas. (Sarh-Inifap-Ciapac, 1993).

Mosquitos verdes

Es un bicho que por su tamaño es difícil de identificar y suelen encontrarse en monocultivo de maíz, además tienen un aspecto de triángulo (Carballo y Saunders, 1990).

3.4.5 Algunas enfermedades del maíz

El carbón de la espiga

Este hongo es el encargado de introducir la enfermedad al interior de la planta del maíz, al punto que cuando se logra evidenciar puede ser demasiado tarde y este se observará en forma de espigas con una coloración negra. (Sánchez, 1988; CESAVEM, 2006).

La podredumbre bacteriana

Cuando esta enfermedad se desarrolla en la planta, afecta directamente toda la parte física de la planta. Adicionalmente obtiene como consecuencia la pérdida total de la semilla. (G.J. March. 2010)

Tizón del maíz

Los inicios de esta enfermedad nacen en las superficies de las hojas de forma gradual, entre sus consecuencias encontradas son sus reducciones fotosíntesis. (Giménez, M. 2010).

Virus del mosaico

Es una mancha causante de lesiones relevantes en los cultivos en etapa de desarrollo y se identifica por la decoloración, Por lo anterior se recomienda eliminar la planta que le cae este achaque para evitarle contagio a las demás (Brunt, 1992).

Roya del maíz:

Es una enfermedad muy difícil combatir, Su forma de reconocerla en las plantaciones de maíz es en el envés de las hojas específicamente, les cambia el color originar a una mancha de aspecto amarillento y rugoso (Zwer y Qualset, 1994).

3.4.6 Cultivo de Tomate *Lycopersicon esculentum* Mill.

Planta perenne que tiene su eje de inicio en América del Sur, entre el área de Perú y Ecuador, lugares de donde se expandió a diferentes lugares de América tropical, envolviendo México. Según versiones se dice que esta planta se cultivada hace más de 500 años antes de cristo. También se dice que su finalidad en ese entonces era utilizada como adorno, en el año 1900 fue implementada como complemento para la alimentación humana (Kader, A. 2002).

El tomate posee flores que se presentan en racimo simple, amarillas, conformadas por cinco sépalos, cinco pétalos, cinco estambres y un pistilo con la polinización directa por ser una planta bisexual y autofecundación. Además, sus frutos son bayas carnosas de diferentes formas y colores. Por otro lado, sus semillas aplanadas parecidas a un riñón de color amarillo, con dominio germinativo conservar por varios años. (Enciclopedia agropecuaria 2001).

La planta es una hortaliza aproximadamente 2.5 pies de altura por sus características de crecimiento, necesita un sostén para sus ramas principales, las raíces de este vegetal son pivotante o divididas por ello no se puede sostener solas, consecuentemente estos pueden ser determinados preventivamente a la hora de hacer sus respetivos semilleros y siembras en el suelo (Kader, A. 2002).

3.4.7 Algunas enfermedades del tomate

Oídio

Es un hongo parásito que pertenece a la especie de las erisifáceas, siendo este su primordial padecimiento. Sus señales más patentes es el espectro de sombras amarillas en el haz de las hortalizas que acaban por incitar necrosis en el eje. Además, suele brotar una casta de polvo blanco en el envés de las hojas y puede llegar a provocar defoliaciones. Para evitar este hongo en los tomates es indispensable prescindir de las malas hierbas y las sobras de otras plantaciones existentes y será fundamental la usanza de un procedimiento particular para erradicarlo.

Mildiu del tomate

Este hongo afecta a distintas variedades de las Solanaceas, al igual que daña la planta del tomate en cualquier fase de su desarrollo. La principal sintomatología del Mildiu en tomate es la aparición de manchas irregulares de aspecto aceitoso que invaden casi todo el foliolo. En el tallo también surgen manchas parduzcas, así como en los frutos inmaduros. Para evitar el mildiu es importante ventilar las plantaciones de tomate en el caso de encontrarse en invernadero y controlar que no se quede agua estancada sobre las hojas. También es recomendable el uso de un fungicida como Kdos® de Certis que ayuda a controlar esta enfermedad, además de estar certificado para agricultura ecológica.

Botrytis

También conocida como podredumbre gris, se trata de un parásito que ataca a las plantaciones de tomate pudiendo llegar a provocar muertes en las plantas adultas incita lesiones pardas en el tallo y los peciolos que invaden el interior del tallo creando el colapso y posterior muerte de la planta. En los frutos la Botrytis provoca una podredumbre blanda, y en las hojas y flores lesiones pardas como las del tallo. Para prevenir la Botrytis es importante controlar el nitrógeno de la superficie, retirar las plantas que ya han sido afectadas por la enfermedad y tener un especial cuidado en la poda. Se recomienda llevar un control químico a través de un producto que contribuya a erradicar la enfermedad.

3.4.8 Algunas plagas del tomate

Araña roja

La araña roja es una de las plagas más temidas por los campesinos. Los principales síntomas que provoca en el tomate se reproducen en el dorso de las hojas, donde da lugar a decoloraciones y manchas amarillas. Las arremetidas son peligrosas y pueden llegar a producir la desecación de la planta e incluso la defoliación. Los crecimientos de la araña roja se benefician por las elevadas temperaturas y por el ambiente seco. Para evitar esta afección es aconsejable retirar las dañinas hierbas y los restos de otros cultivos, así como los abonos con superabundancia de N₂.

Pulgones

Son las especies de pulgones más comunes en el cultivo de tomate. Generalmente, estos producen deformaciones y bultos en las hojas, además de segregar una melaza que beneficia el desarrollo de la misma. Los pulgones son capaces de transmitir los virus CMV y PVY en los cultivos de tomate, lo que causará daños mucho más graves. Para evitar que esto suceda hay que eliminar las hierbas malas al igual que la humedad.

Mosca blanca

Es una plaga que se multiplica muy rápidamente, debido a que los adultos colonizan la parte del envés de las hojas para aumentar su reproducción, surgiendo de estas las larvas móviles iniciales las cuales causan perjuicios eminentes sobre la planta, puesto absorben la savia de las hojas generando amarillamiento y debilitamiento de las plantas. Los frutos también se pueden ver afectados por una negrilla que los mancha, los deprecia y entorpece su desarrollo. Para evitar la plaga de mosca blanca es importante limpiar las malezas de los cultivos.

3.4.9 Guadual

La guadua o bambú, es una gramínea oriunda de “América Latina” donde existen poco más o menos 25 géneros, pero solo en Venezuela, Colombia y Ecuador, existe las variedades conocida por los científicos como “GUADUA. ANGUSTIFOLIA. KUNTW. Es notable que la guadua posee efectos benefactores respecto a la protección del suelo y las aguas de las microcuencas. Consecuentemente sus sistemas de entretejido de raíces, pueden amarra y sostener el suelo en las laderas, orillas de los ríos de tal forma que evita la erosión y los desbanques. (Mejía Gallón 2011)

De igual forma medio de esta planta crecen otras, donde encontramos el acervo de la riqueza biodiversible en animales, bichos, aves etcétera. Por otro lado, esta familia es una valiosa defensora de las riberas de los ríos y quebradas, teniendo además la ocupación de regular la cuantía y pereza del agua, la cual es retornada a su cauce en períodos estándar y seco. Asimismo, es gran fabricante de N_2 y un gran retenedor de CO_2 . En relación a la paisajística surte una impresión embellecedora del entorno donde está se encuentra, creando panoramas merecedores de contemplar (Villa y Agudelo 1998).

Según (Londoño et al., 2003), las altas tasa de renovabilidad en los guaduales permite una generación acelerada de los procesos fotosintéticos, apropiándose de los cambios gaseosos adhiere carbono atmosférico y nitrógeno, además parte del carbono es producto de este intercambio, que luego es almacenado para ser convertido en materia prima o en su efecto ser acumulado en la superficie. Es decir, la función que cumple el guadual es eliminar mediante su captura Dióxido de Carbono (CO_2) que se encuentre en exceso en el ambiente y luego trasladarlo a su ciclo biológico.

3.5 Principales agroquímicos empleados en el control de fitopatógenos y plagas de cultivos en el Valle del Cauca

3.5.1 Antecedentes

Se estima que el uso de los agroquímicos es una práctica que se viene adelantando desde el siglo XIX, con el propósito de mejorar diferentes controles de plagas y enfermedades en la agricultura, sin impórtales sus efectos irreparables causado al medio ambiente. Ya que sus combinaciones de tres o más elementos desnivelan la sostenibilidad del mismo. (Herzfeld & Sargent, 2008).

Según las principales razones para la implementación del agroquímico como fertilizante para el uso del suelo, fue considerado en esa época un éxito en la agricultura convencional. De igual forma sus prácticas de trabajar la tierra son altamente insostenibles e considerable a corto y largo plazo generando unas series de problemáticas ambientales, sociales y económico (Herzfeld & Sargent, 2008).

3.5.2 Principales agroquímicos para el control de fitopatógenos y plagas

Entre los agroquímicos más utilizados para el control de fitopatogenos y plagas de cultivos en el Valle del Cauca se encuentran fungicidas, insecticidas, herbicidas, acaricidas, nematocidas y rodenticidas (Hincapié y Saldarriaga, 2009).

Fungicidas

Los fungicidas son productos de síntesis química utilizados como herramienta para exterminar especies que perjudican tanto las plantas como animales. Consecuentemente se clasifica en funciones convencionales eficaz (Díaz *et al.*, 2009).

Insecticidas

Los insecticidas son productos de síntesis química que permite mitigar el crecimiento de las plagas que son perniciosas, debido a que destrazan todos los cultivos que encuentran a su paso. (Cazorla *et al.*, 2005; Cazorla, 2010).

Herbicidas

Los herbicidas son productos de síntesis química que se utiliza para eliminar las plantas dañinas o ajenas al cultivo para su normal desarrollo, pese a su invaluable beneficio este producto reviste unas derivaciones perjudiciales en las poblaciones y aves.

Bactericidas

Los bactericidas son productos de síntesis química que cortan los metabolismos de las bacterias hasta provocar su exterminio. Así mismo deben ser activos dentro y fuera de la planta. Que dañen a las bacterias fuera de las plantas y dentro de los tejidos. (Hincapié y Saldarriaga, 2009)

Acaricidas

Los acaricidas son productos de síntesis química que se utilizan especialmente para atacar las garrapatas de los cultivos al igual que prevenir, combatir y prever cualquier plaga, incluidas en estas, las que le hacen daño durante todo el proceso a las plantas agrícolas al igual que los alimentos para animales.

Nematicidas

Los nematicidas son productos de síntesis química que se utiliza con la finalidad de acabar n los nematodos (gusanos) que parasitan de las plantas, no obstante, hay que tener en cuenta que controlar esta especie es una tarea compleja, debido a la resistencia respecto a los agentes controladores.

Rodenticidas

Los rodenticidas son productos de síntesis química que permite matar a los roedores como las ratas, que pueden perjudicar un cultivo determinado. De igual forma pueden transmitir enfermedades a los seres humanos.

3.5.3 Contaminación de suelos y cuerpos de aguas por agroquímicos

La contaminación de los suelos en el corregimiento de El Bolo- Palmira, se ha convertido en un peligro ambiental, social y económico. Debido a las altas concentraciones aplicadas de insumos químicos, especialmente para las ejecuciones de monocultivos de tomates, que han generado degradaciones del suelo, afectan su alta producción debido a sus métodos corporales, químicos y biológicos cursado. En consumación de degradación del suelo incita cambios en el nivel de fecundidad de la zona y seguidamente capacidad de soportar la agricultura fructífera (Bertoni y Lombardi Neto, 1985).

El impacto ambiental en esta zona se ubica, especialmente en predio plano donde sus movimientos perjudican la floras, fauna y cuenca hídricas por el volumen de lixiviado manejado, estas actividades agotan la sostenibilidad ambiental. De la misma manera los recursos económicos, como las dinámicas establecidas por la identidad ejecutora del proyecto no instauran política de desarrollo, donde las comunidades puedan tener una vida digna (Sabatini, 1997).

Cuando las comunidades se civilizan respecto a las diferentes problemáticas que generan los agroquímicos como alternativa de producción de alimento. Empiezan a preservar el medio ambiente. Sin embargo, aunque reconozcan las necesidades de solucionar estas problemáticas, sus abordajes son complejo, debido a las complicaciones a causa de ello. Por consiguientemente se trazan que las dificultades de mayores impactos son los conflictos difusos (Sabatini, 1999).

Se llama así porque son ellos los promotores de las externalidades, que asumen costo por los daños negativo que causan estas actividades económicas en la comunidad. Habitualmente esto efecto son directo o indirecto, pero en ocasiones causa grades problemáticas, que en momentos toca intervenir la administración municipal (Claro, 2001).

Las comunidades son resistentes a estas infraestructuras de los rellenos sanitarios por la falta de plantaciones higiénica de las identidades ejecutoras del proyecto. Ya que consecuentemente generan una catástrofe ambiental que afecta directamente el componente social y geográfico. Esta percepción fue fundamentada por el simple hecho que los bienes de los rellenos sanitarios no son distribuidos en las comunidades para sus reparaciones. Así mismo los rellenos sanitarios no son manejados adecuadamente, contaminan las aguas subterráneas (Claro, 2001).

El mantenimiento de los procesos hidrológicos y ecológicos es esencial para asegurar la capacidad del recurso como proveedor de agua para consumo humano con los niveles de calidad adecuados. Tanto la provisión de agua como el procesamiento de sus efluentes son servicios ambientales que el agua subterránea presta. El valor ecológico, social y económico de estos servicios ambientales debe ser incorporado a la gestión ambiental (Bonamy, 2003).

3.5.4 Marco legal

La legislación ambiental relacionada con la temática del uso de agroquímicos y microorganismos en la agricultura, que incluyen parámetros ambientales de sostenibilidad en el territorio nacional. Como se evidencia en la tabla 1.

Tabla 1. Normatividad ambiental vigente, relacionada con el tema de uso de agroquímicos en Colombia.

NORMATIVIDAD	DEFINICIÓN
Ley 99 de 1993	Esta ley crea el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, ente rector del tema ambiental en el país. Así mismo determina las políticas relacionadas con el manejo y conservación medioambiental que incluye los recursos naturales renovables, es decir, está pendiente de cualquier actividad antrópica que le pueda causar daños al ambiente.
Ley 164 del 27 de octubre de 1994	Esta ley permite corroborar de alguna manera lo acordado de las naciones unidas respecto al cambio climático.
Ley 960 de 28 junio de 2005	Esta ley ratifica las correcciones de todos los errores producido a la capa de ozono.(china)
Ley 30 del 5 de marzo de 1990	Ley que convalida los acuerdo para salvaguardar la capa de ozono y buscar evitar los impactos negativos del medio ambiente.
Ley 165 de 9 de noviembre de 1994	Esta ley enfatiza en la preservación de la naturaleza y sus sostenibilidad de los recursos.
Ley 1518 de 2012	Es una ley que permite la aprobación del acuerdo mundial para la protección de los logros vegetal.
Ley 1515 de 2012	Ley que permite aprobar el pacto de Budapest, sobre las creencias universales de los depósitos de microorganismos respecto al procesamiento en materia de patentes.
Ley 7779 de 1998	Esta ley tiene como finalidad la protección, conservación y mejora de los suelos de forma integral y sostenible. Teniendo en cuenta los diferentes aspectos fundamentales agroecológicos y socioeconómicos. Así como la puesta en marcha de un mecanismo adecuado de uso de agroquímicos.
Ley 373 de 1997	Destaca las medidas que se deben impulsar desde el ámbito local y regional para la defensa del recurso hídrico. Por otro lado en los suelos de manejo agrícola indispensablemente debe haber un depósito de residuos sólidos para el control y evitar contaminación del entorno.

Ley 9 de 1979. Código Sanitario Nacional.	Hace referencia a las normas que propenden el control de fabricación de los plaguicidas. También sus acopios y distribuciones en zona de influencia.
Resolución 3028 de 1989 del ICA	Esta obstaculiza el uso de bipiridilo al suelo, ya que es un herbicida demasiado tóxico para la salud humana.
Decreto 1843 de 1991.	Se basa en la reglamentación de la ley 09 de 1979 sobre uso y manejo de pesticidas con el propósito de prevenir daños al ambiente y a la población en general.
Resolución ICA 1023, del 28 de abril de 1997	Está fundamentada en las disposiciones que integra el mercadeo de insumos agrarios certificado.
Ley 101 de 1993 y Decreto 1840 de 1994	Propende por las funciones del ICA respecto al control e inspección al uso de plaguicidas, previniendo posible epidemia en la población.
Decreto 1443, del 07 de mayo de 2004	Fundamenta en la reglamentación parcializada del decreto 2811 de 1974, relacionada con moderada protección e inspección de los plaguicidas y residuos derivados de los mismos.
Decreto 775 del 16 de abril de 1990:	Determina la acción realizada por personal competente que esté asociado o no a una industria, para el control o eliminación química de plagas agrícolas.
Resolución del ICA 3079 de 1995	Determina las aplicaciones de bioinsumos que replacen los semejantes o acondicionamiento con fin agrícola.

Fuente: Los autores (2018).

3.5.5 Antecedentes de la Investigación:

En la presente investigación, el tema de las ciencias de la sostenibilidad entran en juego como disciplina que señala el camino hacia una sociedad sostenible abordando problemas como el de la equidad intergeneracional. La agroecología como ciencia innovadora es la encargada de los estudios de la agronomía a partir del punto de perspectiva su aceptabilidad convencional, estructural, funcional y las interrelaciones que se dan entre el agro biodiversidad presente (Altieri, Funes y Petersen, 2012; Sanclemente, 2013). Según estos autores, existen amplias relaciones entre los organismos que habitan el agroecosistema que en cierta manera generan servicios ecosistémicas como por ejemplo la fijación de N₂ (por rizobios), el aumento en la filtración de agua y nutrientes en las vegetaciones por asociación con hongos micorrícicos arbusculares, la solubilización de fosfatos ligados al material parental por hongos y bacterias, entre otras, que generan economía ecológica al sistema.

Otro aporte que realizan a este trabajo es las ciencias de la sostenibilidad es el abordaje del control biológico de enfermedades en plantas o insectos con microbianos es una posibilidad atractiva, si se tiene en cuenta que las condiciones para que este ecosistema sea sostenible es que se conserve el recurso básico del cual depende, se maneje una minúscula cantidad de insumos compuestos para las producciones, manejo las plagas y enfermedades y que estos sean suministrados mediante mecanismos de regulación, buscando que estos sean lo suficientemente idóneos al punto que las perturbaciones ocasionadas por los mismos, se puedan subsanar.

Según DANE (2013), en Colombia se laboraron 6.867.2 hectáreas, de las cuales se recolectaron 4.161.1 hectáreas que causaron 175.706.5 unidad de capacidad de tomate de mesa, con beneficios promedios de 42,5.1 unidad de capacidad por hectárea cada semestre, existiendo el departamento de Boyacá el mayor productor con 43.224.8 unidad de capacidad, continuo por los departamentos de Cundinamarca, Norte de Santander, Antioquia, Santander, Quindío y Caldas, entre otros., de los cuáles gran porcentaje se dedica a la producción campesina de alimentos, bajo un modelo de agricultura familiar. Se estima que el 80.1% de las provisiones consumida en colombiana, es producido por este tipo de modelo de producción agrícola (Suppans, 2001) que aporta a la soberanía alimentaria de la población. De aquí la necesidad de generar investigación tendiente a solucionar problemas inherentes al sector productivo y atender necesidades económicas y sociales de los productores.

Unos de los problemas que surgen en estos sistemas de producción agrícola, se derivan de la aparición de diferentes problemas de sanidad de los cultivos (enfermedades por microorganismos, virus y plagas), así como de la solución mediática que tienen para atender estos problemas (uso indiscriminado de pesticidas y fungicidas) consecuentemente en su generalidad pueden ocasionar problemáticas como contaminación en el suelos, aire y recursos hídricos, y la afectación de la salud del consumidor, es por lo anterior que (Atlas Barthe, 2002)

4. Materiales y métodos

4.1 Localización

La toma de muestra se realizó en cuatro agroecosistemas diferentes dentro de la finca El Refugio ubicada en el corregimiento el Bolo San Isidro Jurisdicción de Palmira - Valle con coordenadas: 3°27,45.06" N 76°19,53.56" Oeste y 977m.s.n.m (Google Earth) (figura 4). Las muestras de suelo de 0-20cm se tomaron en el mes de febrero de 2018 (época húmeda).

Figura 4. Localización de la finca El Refugio.



Fuente: Google Earth. URL: <https://earth.google.com> ultimo acceso abril 07 de 2018.

4.2 Caracterización de experiencias culturales en sistemas de cultivos de pequeños productores de zona plana.

Esta caracterización se realizó a través del arrimo con pequeños productores del corregimiento del Bolo San Isidro zona plana. Se recolectó información mediante las entrevistas semiestructuradas y la herramienta de observación durante las visitas a los predios de los productores del sector.

4.2.1 Preguntas realizadas

1. ¿A qué Comunidad del corregimiento del Bolo San Isidro pertenece?
2. ¿Cuánto tiempo lleva como agricultor?
3. ¿A Qué tipo de siembra se dedica?

4. ¿Qué tipo de Suelo tiene la parcela?
5. ¿Qué tipo de plaguicidas aplican?
6. ¿Cuál es la historia de la parcela?
7. ¿hace rotación de cultivos?
8. ¿Qué enfermedades afectan a los cultivos?

4.2.2 Estimación de poblaciones de microorganismos funcionales del suelo bajos algunos sistemas de manejo agroecosistémico

El muestreo de suelo se ejecutó mediante transectos en zigzag, de 0-20 centímetros de profundidad, repitiéndose el procedimiento para cada uno de los cuatro agroecosistemas seleccionados. Los materiales utilizados para esta actividad fueron bolsas plásticas con cierre hermético, caja pequeña de icopor, marcadores, palín y cámara fotográfica. Se dispusieron en una nevera de icopor con balas de frío a fin de mantener la temperatura baja hasta ser entregadas al laboratorio para su respectivo análisis. En el laboratorio se procedió a secar las muestras al aire, se homogenizaron con un rodillo, y se tamizaron por una malla de 2 mm.

La estimación de poblaciones de microbios de vida libre, bacterias asimbióticas fijadoras de N₂, bacterias solubilizadora de fósforos y de Setas del suelo bajo sistemas contiguos de manejo convencional de monocultivo (maíz y tomate), agroforestal (leucaena, algarrobo y musáceas) y forestal (guadual), en predio de pequeño productor rural de Palmira. Esta se hizo en el laboratorio de la Empresa Hongos de Colombia Fungicol S.A.S., ubicada en el corregimiento del Buitrera, en ella se prepararon medios de cultivo para aislamiento de microorganismos del suelo, utilizando el método de diluciones de Winogradsky. Para esta actividad se utilizaron los siguientes materiales.

4.2.3 Materiales para toma de muestras

- Tres muestras de suelo rizosferico (500 g) de cada sistema
- Frascos de dilución
- Cajas Petri
- Pipetas de 10, 5 y de un ml
- Solución salina estéril: Winogradsky
- Medios de cultivo:
 - ESGA (extracto de suelo – glucosa – agar) Para bacterias y hongos
 - ASHBY: para bacterias fijadoras de N₂ asimbióticas
 - PVK + Ca₃ (PO₄)₂: para bacterias solubilizadoras de P inorgánico
- Incubadora
- Máquina y vasos de dispersión de suelo
- Microscopio
- Cámara de flujo laminar
- Autoclave

4.2.4 Trabajo de laboratorio

En el laboratorio la determinación de unidades formadoras de colonias microbianas de los suelos, se realizó, con base en la metodología desarrollada por Winogradsky, la cual consiste en preparación de una solución salina en diluciones seriadas de 10^{-1} hasta 10^{-9} y siembra en cajas de Petri conteniendo el respectivo medio de cultivo selectivo (Extracto de suelo- glucosa- agar ESGA). Tomando tres repeticiones por dilución.

En las comprobaciones en unidades formadoras de colonias microbianas, se procedió así: Inicialmente se prepararon los diferentes medios de cultivo y se auto clavaron a 121°C 15 lb de presión por pulgada cuadrada durante 15 minutos. Una vez preparados los medios y con temperatura cercana a 50°C y las de Petri estériles, en la cámara de flujo laminar se dispuso una película del respectivo medio y se dejó enfriar.

Seguidamente, se prepararon las diluciones de las muestras de suelo a evaluar, en la solución salina (dilución de Winogradsky) en tubos de ensayo con 9 ml de la solución, para lo cual previamente se situó en nevera un volumen de agua destilada estéril (200ml) en un vaso de dispersión de superficie.

Luego se cargaron 20g de la muestra de superficie que se adicionaron al jarro de dispersión de suelo con el agua (fría) y de esta forma se obtuvo la dilución 10^{-1} , se agitó con equipo vortex durante 5 minutos. Luego en la cámara o con mecheros de alcohol, se transfirió la dilución 1 ml de 10^{-1} para obtener 10^{-2} y sucesivamente hasta llegar a 10^{-9} . Ya con las diluciones listas, se procedió a inocular cada dilución en las cajas de Petri que contenían la película del medio de cultivo.

4.2.5 Bacterias: Recuento de las unidades formadoras de colonias bacterianas (ufcb).

El recuento de UFCB, se realizó inoculando las diluciones desde 10^{-4} hasta 10^{-9} , por cada dilución en tres repeticiones es decir (tres cajas de Petri), adicionando 1 ml de la dilución agitando previamente el tubo de ensayo, finalizado el proceso, se procedió a adicionar una segunda capa del medio de cultivo, a la cual se le dio baño maría a una Temperatura entre 30 y 35°C , teniendo en cuenta mover la caja de Petri al momento del vaciado para homogenizar el inóculo. Luego se rotularon las cajas y se dispusieron en la incubadora a 28°C por un periodo de tiempo entre 24 y 48 horas. Cumplido este tiempo se procedió al respectivo recuento. Nota: solo se tuvieron en cuenta las unidades experimentales que estuvieran en un rango entre 0 y 100 ufcb.

4.2.6 Hongos: Recuento de las unidades formadoras de colonias fungosas (Ufcf).

El procedimiento para el recuento de hongos del suelo presenta unos leves cambios consistentes en la inoculación de las diluciones en las cajas de Petri se hace desde 10^{-4} a 10^{-7} , su periodo de incubación a la misma temperatura (30 y 35°C) es de 5 a 7 días y la lectura se realizó en las unidades experimentales entre el rango de 0 a 30 ufcf. El medio de

cultivo fue ESGA, pero al momento de la inoculación se le adicionaron gotas de ácido láctico al 25%, para modificar el pH y evitar el crecimiento de bacterias.

4.2.7 Bacterias asimbióticas fijadoras de N₂: Repaso de las unidades formadoras de colonias

El procedimiento fue igual a los demás, se inoculan las diluciones entre 10⁻⁴ y 20⁻⁷, el periodo de incubación fue de 7 días a 28°C, para el conteo de las unidades es necesario colocar las cajas en contra luz ya que las colonias de este grupo son translucidas. El medio de cultivo para evaluar este grupo de microorganismos se fue ASHBY.

4.2.8 Comparación de los resultados de abundancia de microorganismos funcionales del suelo bajos los cuatro sistemas de manejo

El tamaño y la composición de la microbiota rizósferica dependen en gran parte de la vegetación y en particular de las plantas que se encuentren en el sitio de análisis. Aún se desconoce hasta qué punto las plantas son capaces de controlar su microbiota rizósferica, pero se ha visto que existe una gran variación entre especies y aun entre diferentes variedades de la misma especie de planta. Esta, se atribuye a los exudados radicales y a otros compuestos específicos derivados de las plantas (como los flavonoides y ácidos orgánicos), la capacidad para estimular o inhibir selectivamente algunos grupos de microorganismos. Las implicaciones que esta capacidad de las plantas tendría en la comprensión de la variación de las comunidades bacterianas, serian formidables, tanto en lo que concierne a la nutrición y el establecimiento de las plantas, como los elementos de inspección biológico de enfermedades.

En comparación a los resultados cuantitativos de abundancia de microorganismos funcionales del suelo, se realizó mediante análisis estadístico de Varianza (ANDEVA) teniendo como fuente de variación el tipo de sistema de manejo de cultivos. En los casos donde el ANDEVA ($p < 0.05$) presentó diferencias entre sistemas de manejo, se realizó prueba de promedios de Duncan ($p < 0.05$).

4.2.9. Socialización de los resultados

Se convocó a los productores el corregimiento El Bolo San Isidro en un local, para la socialización de los análisis de laboratorio, que determinaron las poblaciones de bacterias de vida libre de los cuatro sistemas de manejo agroecosistémico objeto de estudio. Para esta actividad se utilizó tablero móvil, paleógrafo y marcadores con el fin que los asistentes conocieran de manera más personalizada.

5. Resultados y discusión

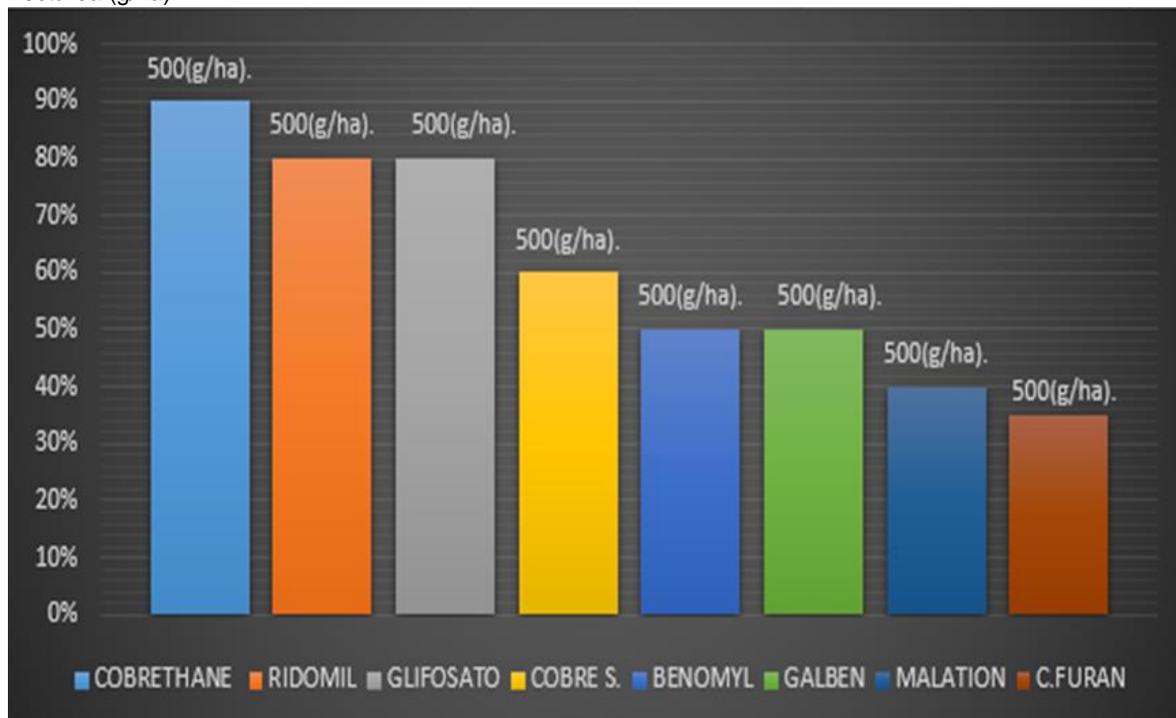
5.1 Determinación de prácticas culturales en sistemas de cultivos de pequeños productores de zona plana del Municipio de Palmira (Valle del Cauca).

Los resultados sobre sondeo e insumos agrícolas por parte de los pequeños agricultores de corregimiento del Bolo San Isidro, arrojaron una alta aplicación de pesticidas caracterizado por diversos productos comerciales los cuáles en su mayoría generan impactos ambientales debidos a que no son específicos para controlar una sola plaga (Figura 5), quedando efecto residual del suelo y aguas superficiales. La intensa aplicación de insumos se presenta como efecto de la simplificación del agroecosistema por siembra de monocultivos que demandan de alta cantidad de fertilizantes, que en muchas ocasiones no alcanzan a ser absorbidos en su totalidad por las plantas o son absorbidos en exceso, factores que incrementan la aparición de plagas y enfermedades. Este enfoque del “factor limitante” genera una serie de demandas de productos comerciales específicos para cada agente nocivo (fitopatógeno, plaga, maleza, otros).

El cobrethane es un agroquímico que puede provocar reacciones alérgicas de la piel, puede irritar los ojos, Puede ser nocivo si es inhalado, puede irritar el tracto respiratorio y puede formar mezclas explosivas de polvo-aire. El Ridomil es un agroquímico de penetración rápida en la planta, que especialmente ataca las enfermedades, patógenos, infecciones, brotes y controla prolongadamente las enfermedades, protegiendo las plantas de las malezas, células vivas sin causar daño al cultivo. El cobre súper plus es un agroquímico dañino para los gremios hídricos, y logran incitar efectos negativos con el tiempo en las fuentes acuáticas.

El glifosato es un agroquímico altamente lesivo, debido que esta sustancia se acumula en las raíces de las plantas y luego se filtra en la superficie y perjudica a las bacterias útiles que controlan biológicamente los patógenos aumentando la virulencia de los patógenos que conducen a enfermedades. El malatión agroquímico que Produce efectos negativos sobre la salud humana, que ataca el sistema nervioso central que logran causar sufrimiento en la cabeza, confusión, desvelo, reducción de la continuidad de la convulsiones y respiración. El Galben M 8-65 producto químico sistemático utilizado de forma preventiva para controlar y curar la peste de hongos peronosporales, que son los encargados de expandir enfermedades tales como la del tizón tardío, mildius y damping off etcétera, que afectan directamente a cultivos de Vid, Papa, Tomate, Tabaco, Cucurbitáceas, Cebolla, Lechuga. Benomyl es un agroquímico sistémico, ligeramente tóxico para el efecto agudo que afecta el sistema nervioso central de la salud humana implicada. Ejemplo Alergias generales, hígado, irritaciones en la piel, sensibilización cutánea y dificultades en la vista. Carbofurán agroquímico que genera efecto de peligrosidad por vía oral. Se absorbe por inhalación, sus distribuidores recomiendan no usarlo en hortalizas con hojas comestibles. Yaqué su efecto ambiental es altamente negativo para pájaros, peces y vida silvestre.

Figura 5. Resultados de la encuesta realizada a los agricultores en los cuatros agroecosistema evaluados, sobre aplicaciones de agroquímicos en sus fincas. Se presentan las cantidades diligenciada en gramos por hectárea (g/ha).



Fuente: Los autores (2018).

Cobrethane: Ingrediente activo: Mancozeb 800 g/Kg, Manganese ethylenbis (dithiocarbamate) (polymeric) complex with zinc salt.

Ridomil: ingrediente activo: (Metalaxyl-M + Mancozeb)

Glifosato: ingrediente activo: (isopropilamonio, potasio)

Cobre súper: ingrediente activo capaz de penetrar las plantas por diferentes contenidos. Cimoxanilo, Mancozeb y Oxidocloruro de Cobre 15%

Benomyl: ingrediente activo: Metil-1-(butilcarbamoil) benzimidazol -2-il-carbamato

Galben: sustancia química con diferentes acciones fungicidas como: Benalaxyl, Metil-N-Fenilacetil, xilil-DL-alanina, Mancozeb, ditiocarbamato y manganeso.

Malathion: Ingrediente activo con un nivel de grado técnico que contiene en su masa Aedethion, deodorizado, etoxicarbonil y dimetilfosforoditioato.

Cloruro de furan: es un componente eficaz con alto contenido de Carbofuran, dihidro, dimetil, benzofuranil y metil. Por su parte, un enfoque sistémico “Agroecológico” del cultivo presenta diferentes componentes que enriquecen su estructura y función. A nivel estructural, este modelo implica el uso de policultivos en lugar de monocultivos, donde no sólo se privilegia el cultivo comercial sino la siembra de otras especies funcionales como por ejemplo leguminosas para fijación de N₂ atmosférico, barreras vivas, coberturas vegetales, plantas angiospermas para atracción de insectos predadores o parasitoides de plagas, plantas alelopáticas, integración de componente animal para reciclar nutrientes mediante prácticas de compostaje, abonos verdes, entre otras. De la misma manera el nivel

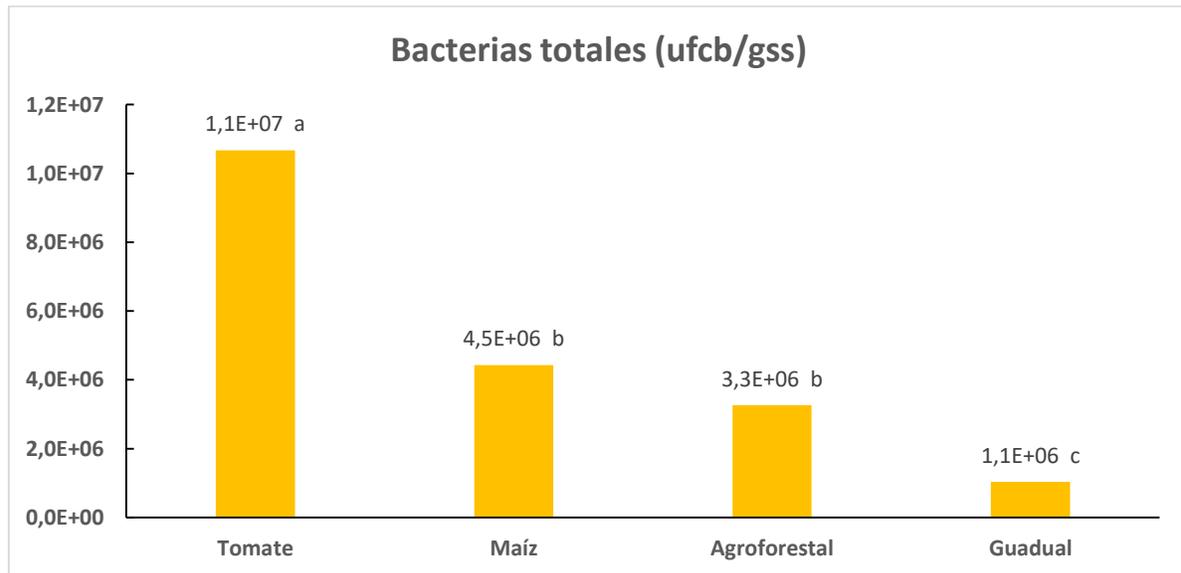
de función, de la especie dentro de los policultivos juega un rol significativo, destacándose por el aporte de la materia orgánica, Biomasas y amarres en la superficie terrestre.

5.2 Poblaciones de microorganismos funcionales del suelo bajos los cuatro manejos agroecosistémicos.

5.2.1 Bacterias totales del suelo

Dentro del ciclaje de materia orgánica y nutriente del suelo, las bacterias cumplen un papel fundamental debido a su alta capacidad reproductiva, alta adaptabilidad al medio y generación de rutas metabólicas mediadas por enzimas intra y extracelulares. En este estudio registró las variantes relevantes en las poblaciones bacterianas totales en los cuatro agroecosistemas evaluados (anexo 1). El ensayo con la medida en Duncan ($p < 0.05$), registró poblaciones de bacterias significativamente altas en el monocultivo de tomate con 1.1×10^7 ufcg/gss (anexo 2) como lo muestra la figura 6. Por su parte, el gradual obtuvo las menores poblaciones de bacterias totales en los agroecosistemas evaluados, con 1.1×10^6 ufcg/gss.

Figura 6. Abundancia de bacterias del suelo en bloques creado de colonia en medida de tierra seca en cuatro agroecosistemas evaluados, durante el mes de febrero de 2018.



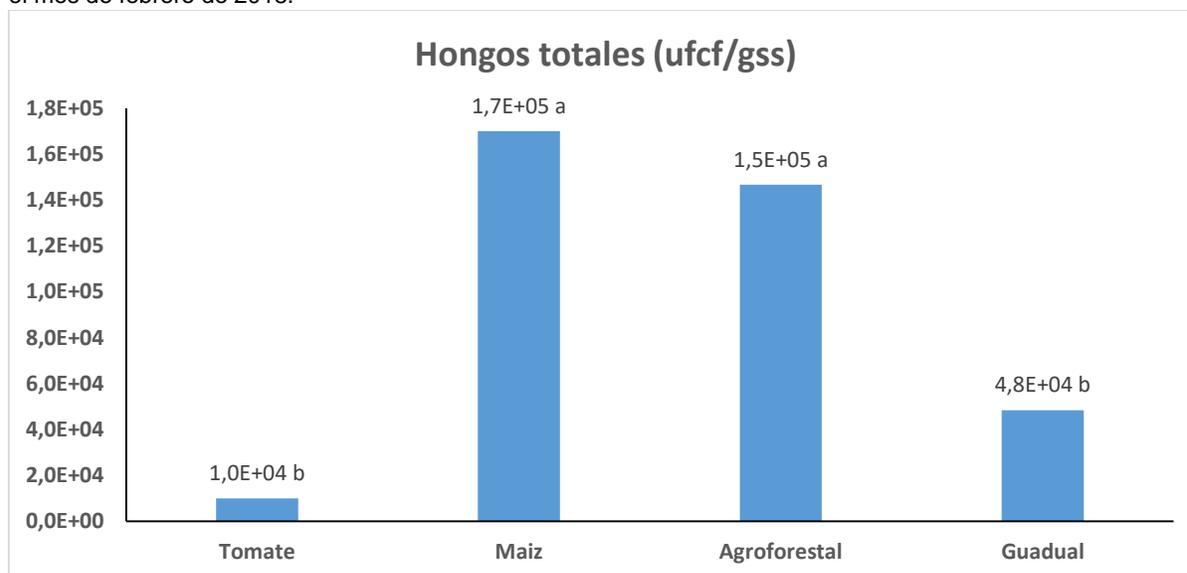
Fuente: Los autores (2018).

Estos resultados pueden deberse a varios factores como son el manejo intensivo del suelo, el tipo de especies vegetales y su grado de succulencia, así como la alta aplicación de agroquímicos en el monocultivo de tomate, los cuales unidos a la estacionalidad productiva generan mayor disponibilidad de nutrientes en el suelo que son rápidamente aprovechados por las bacterias mediante diferentes rutas metabólicas. Esto puede evidenciarse casi que de manera inversa con la reducción de las poblaciones bacterianas vs la complejidad del agroecosistema siendo de menor a mayor: monocultivo de tomate, monocultivo de maíz, sistema agroforestal y sistema forestal.

5.2.2 Hongos totales del suelo

Dentro del ciclaje de materia orgánica y nutriente del suelo, los hongos cumplen un papel fundamental debido a procesos ligados a la transformación de materiales necróticos y algunos incluso, realizan asociaciones simbióticas con las plantas (el caso de los Glomeromycota- realizan asociación micorrízica en diversas plantas). Estos factores aportan a la conservación de los agroecosistemas, como se evidencia en el (anexo 3). Hay un amplio espectro las poblaciones de hongos totales en los cuatro agroecosistemas evaluados. La prueba de medias ($p < 0.05$), registró poblaciones de hongos significativamente altas en el monocultivo de maíz con 1.7×10^5 ufcf/gss (anexo 4) como lo muestra la Figura 7. Por su parte, el tomate obtuvo las menores poblaciones de hongos totales en los agroecosistemas evaluados, con 1.0×10^4 ufcf/gss.

Figura 7. Abundancia de hongos del suelo en las UFCF/GSS en los cuatro agroecosistemas evaluados, durante el mes de febrero de 2018.



Fuente: Los autores (2018).

Las mayores poblaciones de las muestras de suelo fueron de los géneros: *Penicillium sp.*, *Aspergillus sp.*, *Cladosporium sp.* y *Rhizopus sp.* Estos resultados pueden deberse a varios factores como son el manejo intensivo del suelo, los tipos de especies vegetales y su grado de producción biomásica. Del mismo modo, la producción de hojarasca que se deposita en superficie en forma de mucho, tanto en maíz como en el sistema agroforestal estaría generando unas condiciones de micro hábitat idóneo para que se reproduzcan diversos hongos. Entre estas condiciones están: baja luminosidad, alta humedad, baja temperatura, y diversidad de residuos vegetales.

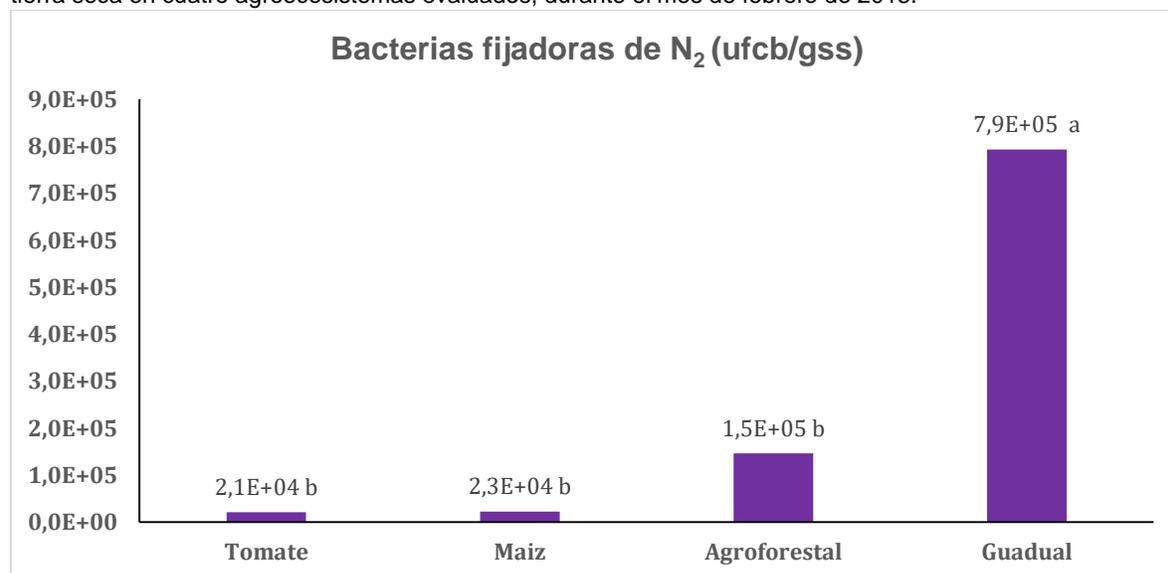
Por su parte, el monocultivo de tomate por su alta succulencia y bajo aporte de hojarasca a suelo no genera un ambiente favorable para que se incrementen las poblaciones de

hongos. Así mismo, el guadual como sistema natural parece regular las poblaciones fúngicas que estarían menos activas en procesos de degradación de sus residuos con alta relación C/N, que incluso ralentizan procesos ligados a la descomposición de ligninas y hemicelulosa, presentes en algunas gramíneas como la guadua.

5.2.3 Bacterias fijadoras de N₂ totales

Dentro del ciclaje de materia orgánica y nutriente de suelo, las Bacterias fijadoras de N₂ totales cumplen un papel fundamental debido a sus catalizadores extraen el N₂ en su representación volátil del aire y con su sustancia logran que las plantas, establezcan el N₂ adentro de las biomásas bacterianas. Es de esta forma que los microbios indemnizan sus escaseces de N₂ y luego la transita al vegetal transformándose en aminoácidos proteínas que se acumulan en la biomasa. En el estudio en mención registró las poblaciones Bacterianas fijadoras de N₂ totales en los cuatro agroecosistemas evaluados (anexo 5). La prueba de medias de Duncan, registró poblaciones de Bacterias fijadoras de N₂ totales significativamente altas en el monocultivo de guadual con 7.9×10^5 ufcg/gss (anexo 6) como lo muestra la Figura 8. Por su parte, el tomate obtuvo las menores poblaciones de Bacterias fijadoras de N₂ totales en los agroecosistemas evaluados, con 2.1×10^4 ufcg/gss.

Figura 8. Abundancia de Bacterias fijadoras de N₂ totales del suelo en bloques creado de colonia en medida de tierra seca en cuatro agroecosistemas evaluados, durante el mes de febrero de 2018.



Fuente: Los autores (2018).

Estos resultados pueden deberse a varios factores como son el no manejo intensivo del suelo, el tipo de especies vegetales y su grado de succulencia, así como las no aplicaciones de agroquímicos en el monocultivo de guadual, los cuales unidos a la estacionalidad productiva generan mayor disponibilidad de nutrientes en el suelo que son rápidamente aprovechados por las Bacterias fijadoras de N₂ totales mediante diferentes rutas metabólicas. Esto puede evidenciarse casi que de manera inversa con la reducción de las poblaciones de Bacterias fijadoras de N₂ totales vs la complejidad del agroecosistema siendo de menor a mayor: monocultivo de guadual, monocultivo de sistema agroforestal, monocultivo maíz y tomate.

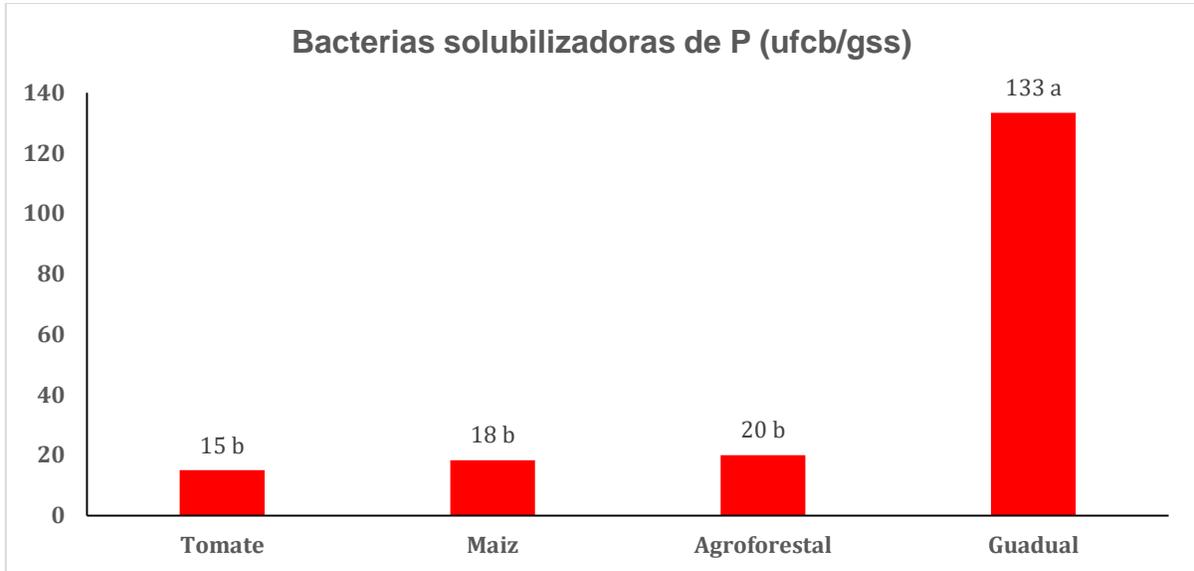
En el tema de nutrientes, la aplicación de N soluble vía fertilización estaría afectando negativamente estas poblaciones. De acuerdo con Sanclemente (2013) los altos contenidos de nitratos y amonio en la solución del suelo inhiben la actividad de bacterias simbióticas y asimbióticas fijadoras de N_2 ya que el sistema no requiere de invertir energía en transformar el N_2 atmosférico (mediado por la actividad de la enzima nitrogenasa) en estas moléculas solubles para absorción radical. Esto pudo ocurrir en esta investigación, donde el productor reportó usar tanto en el cultivo de tomate como en el de maíz los fertilizantes que contienen Nitrógeno en, factor que inhibió la actividad de bacterias fijadoras de N_2 , llegando a niveles mínimos.

En el caso del sistema agroforestal, la presencia de leucaena y otras leguminosas, así como la inexistente fertilización de síntesis química, pudo incrementar la actividad de bacterias fijadoras de N_2 sobre todo las de tipo simbiótico, por asociación con su sistema radical. Finalmente, el guadual que obtuvo las mayores poblaciones de fijadoras de N_2 a pesar de ser una gramínea logra incidir positivamente en bacterias de vida libre en el suelo que al parecer le proveen gran parte del nitrógeno absorbido.

5.2.4 Bacterias solubilizadoras de P (ufcb/gss)

Dentro del ciclaje de materia orgánica y nutrientes del suelo, las Bacterias solubilizadoras de P (ufcb/gss) totales cumplen un papel fundamental debido a sus incorpora bacterias nuevas promotora de crecimiento vegetal y mejora la capacidad de (P) en las plantas. También le ofrece posibilidad de adquirir biofertilizantes basados en descomposiciones en microorganismo logrando un impacto ecológico y sostenible en el medio ambiente. El ($p < 0.05$) registro discrepancias relevantes las poblaciones de Bacterias solubilizadoras de P (ufcb/gss) totales en los cuatro agroecosistemas evaluados (anexo 5). La prueba de medias de Duncan, registró poblaciones de Bacterias solubilizadoras de P (ufcb/gss) total es significativamente altas en el monocultivo de guadual con 1.3×10^3 ufcb/gss (anexo 6) como lo muestra la Figura 9. Por su parte, el tomate obtuvo las menores poblaciones de Bacterias solubilizadoras de P (ufcb/gss) totales en los cuatro agroecosistemas evaluados, con 1.0×10^5 ufcb/gss.

Figura 9. Abundancia de Bacterias solubilizadoras de P (ufcb/gss) totales del suelo en bloques creado de colonia en medida de tierra seca en cuatros agroecosistemas evaluados, durante el mes de febrero de 2018.



Fuente: Los autores (2018).

Estos resultados pueden deberse a varios factores como son el no manejo intensivo del suelo, el tipo de especies vegetales y su grado de succulencia, así como las no aplicaciones de agroquímicos en el monocultivo de gradual, los cuales unidos a la estacionalidad productiva generan mayor disponibilidad de nutrientes en el suelo que son rápidamente aprovechados por las de Bacterias solubilizadoras de P (ufcb/gss) totales mediante diferentes rutas metabólicas. Esto puede evidenciarse casi que de manera inversa con la reducción de las poblaciones de Bacterias solubilizadoras de P (ufcb/gss) totales vs la complejidad del agroecosistema siendo de menor a mayor: monocultivo de gradual, monocultivo de sistema agroforestal, monocultivo maíz y tomate

6. Socialización de los resultados

Para llevar a cabo el objetivo específico 4, se realizó socialización de los resultados obtenidos en un local de propiedad de uno de los productores del corregimiento El Bolo San Isidro. Esto se hizo con el fin que los asistentes reconozcan el suelo como un organismo vivo de la corteza terrestre, el cual requiere prácticas amigables con el medio ambiente. Así mismo mostrar resultados parciales de los valores cuantitativos de microorganismos funcionales del suelo bajo cada sistema de manejo de cultivos. El encuentro comprendió dos etapas, en la primera se realizó un acercamiento con los diferentes agricultores del sector (**anexo 9**), con encuesta de 8 preguntas relacionadas con la temática.

En la segunda etapa se evaluó el conocimiento previo de los asistentes en la materia, y se procedió a explicar la importancia y cuidado que se debe tener con el suelo. Así mismo se habló del daño que producen las prácticas convencionales en la agricultura, caracterizadas por la aplicación excesiva de agroquímicos, generando degradación biológica del suelo y pérdida de la sustentabilidad. Por otro lado, se socializaron resultados de abundancia de grupos funcionales de microorganismos del suelo relacionados con metabolismo nitrógeno (N), solubilización de (P) y descomposición de materia orgánica bajo cuatro sistemas de manejo agroecosistémico: monocultivos convencionales en maíz y tomate, Sistema de manejo agroforestal (leucaena, algarrobo y musáceas), Técnicas de operación forestal (guadual), ver en figura 10 la socialización de los resultados.

Se logró concientizar a los productores acerca de la importancia de complejizar el agroecosistema, empleando prácticas como policultivos con siembra de especies funcionales, sustitución de agroquímicos por uso de moléculas orgánicas, emplear control biológico de plagas y hacer rotaciones periódicas para suministro de materia orgánica y nutrientes, así como romper ciclos biológicos de plagas, enfermedades y plantas acompañantes “arvenses”.

7. Conclusiones

- La caracterización de productores agrícolas del corregimiento del Bolo San Isidro mostró que se emplean por agroecosistema más de ocho productos de síntesis química destacándose diversos plaguicidas, algunos con niveles de toxicidad altos y baja selectividad, siendo estos aspectos nocivos para el ambiente.
- El estudio de abundancia de microorganismos del suelo, registró altas poblaciones de bacterias totales en el monocultivo de tomate, seguido de maíz, sistema agroforestal y gradual. Pero esta relación fue inversa para bacterias funcionales del suelo (fijadoras de N₂ y solubilizadoras de P) las cuáles fueron significativamente altas en el gradual, evidenciando procesos de regulación biológica y uso eficiente de nutrientes en este sistema natural.
- Las poblaciones de hongos del suelo, se vieron favorecidas por el aporte biomásico en superficie tanto en el monocultivo de maíz como el sistema agroforestal. El aporte biomásico incidió positivamente en la retención de humedad e interceptación de luz solar favoreciendo la dominancia de los géneros *Penicillium sp.*, *Aspergillus sp.*, *Cladosporium sp.* y *Rhizopus sp.*
- En la socialización de resultados del estudio con productores agrícolas del corregimiento del Bolo San Isidro, se logró evidenciar alta disposición en adoptar mejoras de sus sistemas productivos, destacándose el uso de policultivos, rotaciones, sustitución de insumos por orgánicos, entre otras prácticas productivas.

8. Recomendaciones

Se recomienda disminuir el uso de agroquímicos convencionales y adelantar prácticas amigables con el medio ambiente como abonos verdes y rotación de cultivo, permitiendo la preservación de suelos, microorganismos y aumento de la productividad. Además, contribuye a la disminución de costos asociados al uso de productos externos.

Se recomienda adelantar estudios posteriores que permitan que los microorganismos funcionales sean reconocidos por realizar servicios ecosistémicos en el suelo como por ejemplo la solubilización de fosfatos, fijación de N₂, humificación de la materia orgánica.

9. Bibliografía

- Agropecuaria, E. (2001). *Taxonomía generalmente aceptada es: Reino: Plantae División: Traqueophytas Subdivisión: Anthophyta Clase: ... Las hojas son compuestas, anchas, ovaladas, dentadas, vellosas, glandulosas, pecioladas, con distribución alterna.* Recuperado:<https://es.scribd.com/doc/94850597/Introduccion-a-Espermatofitas>.
- Agudelo, V. y. (1998). *En los estudios sobre biodiversidad en guaduales de Colombia Villa.* Recuperado:http://www.sigguadua.gov.co/sites/default/files/archivos/Ospina_Rodriguez.PDF Colombia.
- al., F. e. ((2004)). *El dañado por el taladro, los agricultores pueden cosechar más rápidamente y cosechar más paja por hectárea cultivada (Fundación Antama) .* Recuperado: <http://fundacion-antama.org/wp-content/uploads/2016/10/INFORME-BENEFICIOS-1998-2015.pdf>.
- Altieri MA, N. C. (2007). *Altie Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. Ecosistemas 16 (1): 3-12.* <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/7681>. Altieri MA, Nicholls CI. 2007b. *Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción:* Recuperado:<http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/7681>.
- Altieri, F. y. (2012). *Agroecologically efficient agricultural systems for smallholder farmers: contributions to food sovereignty. In Journal .* Colombia.
- Alvarado, R. (2000). *Plan Estratégico de la cadena productiva de Maíz Amarillo Duro-Avícola-Porcícola.* Recuperado: <https://es.scribd.com/doc/37754822>.
- Alvear et al. (2006). *persistencia y dispersión de estos compuestos en el suelo depende de las propiedades físicoquímicas del agroquímico.* Recuperado: https://www.researchgate.net/publication/240990351_Efecto_de_la_Aplicacion_de_Herb.
- Atlas y Barthe. (2002). *El suelo es un ecosistema vivo y dinámico, posee una amplia variedad de organismos que realizan múltiples funciones, entre ellas la degradación de la materia orgánica (M.O.) .* Recuperado:https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agro.
- Bonamy. (2003). *El valor ecológico, social y económico de estos servicios ambientales debe ser incorporado a la gestión ambiental.* Recuperado:https://www.google.com.co/search?rlz=1C1SQJL_esCO779CO779&q=Bonamy+2003+El+valor+ecol%C3%B3gico,+social+y+econ%C3%B3.
- Borneman et al. (1996). *Borneman et al., 1996; Fantroussi et al. La diversidad de las proteobacterias con los niveles tróficos del suelo.* Recuperado: <dhttp://www.redalyc.org/pdf/302/30238602.pdf>.
- Bragg et al. (1994.). *Este limitado conocimiento de la ecología microbiana y de las relaciones metabólicas entre los microorganismos constituyentes de estos consorcios microbianos ha hecho que los consideremos como "cajas negras" con*

- capacidades degradadora. Recuperado.:
<https://sites.google.com/site/turismosostenibleggoe/4-gestion-ambiental-en-el-sector-turistico/4-3-biotecnologia-ambiental-en-el-turismo>.
- Brunt. (1992). *Esta enfermedad produce retardo en el crecimiento y disminuye los rendimientos, hasta el 60%, en cultivos de maíz*. Recuperacion:
<http://www.agritotal.com/nota/como-afecta-el-rendimiento-la-fecha-de-siembra>.
- Caldiz et al. (2007). *El aumento en las especies de oxígeno reactivo del miocardio después de la transactivación del receptor del factor de crecimiento epidérmico es un paso crucial en la activación autocrina paracrina de la angiotensina*. Recuperado:http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/65046/Documento_completo.pdf?sequenc.
- CARBALLO, M., & SAUNDERS, J. L. (1990.). *Manejo del suelo, rastrojo y plaga: interacciones efecto sobre el maíz*. Recuperacion:
<https://books.google.com.co/books?id=21RLT3WlclWC&pg=PA291&lpg=PA291&dq=CARBALLO,+M;+SAUNDERS,+J.+L.+1990.+Manejo+del+suelo,>
- Cazorla et al. (2005). *Compatibilidad de 13 aislamientos de Beauveria bassiana patógenos para Rhodnius prolixus (Triatominae) con insecticidas químicos*. Dalmiro. Recuperado:https://www.researchgate.net/publication/262739766_Compatibilidad_de_13_aislamientos_de_Beauveria_bassiana_patogenos_para_Rhodnius_prolixus_Triatominae_con_insecticidas_quimicos.
- Cepal. (2013). *Comisión Económica para Balance preliminar de las economías de América Latina y el Caribe*. Recuperado el 11 de abril de 2014. América Latina y el Caribe.
- Claro, E. (2001). *Relaciona todos los impactos negativos que provocan los grandes proyectos y la forma en que las personas afectadas al medio ambiente*. Recuperado:http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2007/ugarte_a/sources/ugarte_a.pdf.
- DANE. (2009). *DANE. Departamento Administrativo Nacional de estadística. Encuesta experimental nacional de desempeño agropecuario (ENDA)*. . Bogota .
- Dardis y Walsh. (2000). *Los agroquímicos son fuente de carbono y nitrógeno y se degradan principalmente por la actividad microbiana. La entrada continua de estos compuestos en el ecosistema del suelo puede afectar los microorganismos*. Recuperado:https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/30023/43633.
- Development., S. (2012). *Development. 2012. Vol. 32: 1–13*. Recuperado:<https://link.springer.com/article/10.1007/s13593-011-0065-6>.
- Dugan. (2004.). *Biodiversidad de Hongos: Inventario y Métodos de Monitoreo*, Mueller, GM, GF Bills, y MS Foster eds., Elsevier Academic Press, Amsterdam. Amsterdam.
- Giménez, M. (2010.). *Tizón foliar (Exserohilum turcicum) y Mancha ocular (Kabatiella zaeae*. Recuperacion: <https://www.forrtec.com.ar/manuales/pdfs/176-20171102191752-pdfEs.pdf>.

- Hayat et al. (2010). *la promoción del el suelo, entre ellas, ayudan a solubilizar fosfato mineral y otros nutrientes, aumentan la resistencia de la ... reducción de la aplicación de fertilizantes nitrogenados y fosfóricos.* Recuperado:https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/36956/46411.
- Hernández., O. J. (2009). *Plan maestro del programa de Ingeniería Ambiental, 2009.* Omar Javier Ramírez Hernández. *Plan maestro del programa de Ingeniería Ambiental.* <http://scienti.colciencias.gov.co>. Palmira: Editor.
- Herzfeld D., S. K. (2008). *Private Pesticide Applicator Training Manual – 19th Edition - Chapter 4- Pesticide Formulations . University of Minnesota – Extension.* Recuperado: http://www.extension.umn.edu/agriculture/pesticide-safety/ppat_manual/Chapter%2.
- Hincapié y Saldarriaga. (2009). *Según el agente nocivo a combatir: Insecticidas, Herbicidas, Fungicidas, acaricidas, bactericidas, rodenticidas, molusquicidas. De acuerdo con el Grupo Químico: Organofosforados, carbamatos y organoclorados.* Recuperado:<https://www.ssaver.gob.mx/citver/files/2017/04/ORGANOFOSFORADOS.pdf>.
- Jaizme-Vega, M. (2009). *Las micorrizas, una simbiosis de interés en agricultura. En: Homenaje al profesor Dr. Wilfredo Wildpret de la Torre.* Colombia.
- Kader, A. (2002.). *Fruit and vegetable producers seek to ensure a high-quality product with a long shelf life, which can be transported over long distances. Effective postharvest management requires a thorough knowledge of the product's characteristics, and.* Recuperado:<http://helvia.uco.es/bitstream/handle/10396/9925/2013000000724.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- KAPULNIK. ((2002)). *Promover el crecimiento de las plantas mediante la bacteria rhyzosphaera. La planta enraiza la mitad escondida.* KAPULNIK, Y. (2002). *Promover el crecimiento de las plantas mediante la bacteria rhyzosphaera.* LaEstados Unidos de América.
- Lizarazo. (2006). *Evaluar el efecto de algún tipo de perturbación sobre grupos funcionales.* Lizarazo, 2006. *evaluar el efecto de algún tipo de pe* Recuperado: [file:///C:/Users/equipo/Downloads/490-1-1524-1-10-20161110%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/equipo/Downloads/490-1-1524-1-10-20161110%20(1).pdf).
- Magdoff, F. y. (2004). *Soil Organic Matter in Sustainable Agriculture.* CRC Press. 398 pp. . Recuperado: <https://www.certifiedcropadviser.org/files/certifications/certified/education/self-study/exam-pdfs/154.pdf>.
- March., G. M. (2010). *Las podredumbres son hongos necrotrofos que atacan las raíces y base del tallo de las plantas de maíz.* Recuperacion:<http://www.fao.org/docrep/003/x7650s/x7650s10.htm>.
- Matsumoto et al. (2005). *Interactions among functional groups in the cycling of carbon, nitrogen and phosphorus in the rhizosphere of tree successional species of tropical Wood trees.* Matsumoto et al., 2005. *Interactions among functional groups in the*

cycling of carbon, nitrogen and phosphorus in the rhizosphere of tree successional Recuperado: <https://esajournals.onlinelibrary.wi>.

Mougeot., C. y. (1999). *Agriculture urbaine pour l'assainissement et la création de revenus dans l'agglomération de Fortaleza*. Recuperado: <https://books.google.com.co/books?id=eAyBRSVBB04C&pg=PA99&lpg>.

Nelson Pérez et al. (2012.). *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*., Recuperado:<https://www.feedipedia.org/node/23538>.

Nemec et al. (1998). *Del mismo modo se ha utilizado en el tratamiento de semillas de cereales, algodón y maíz. En general Bacillus subtilis es utilizado como un organismo antagonista en aplicaciones agronómicas*. Recuperado:<http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis404.pdf>.

Neto, B. y. ((1985)). *Fertilidad del suelo y consecuentemente en su capacidad de sostener una agricultura productiva*. Recuperacion: <http://www.fao.org/docrep/t2351s/T2351S06.htm>.

Sanclemente, O., Patiño, C. y Yacumal, V. (2017). *Solubilización de fosfatos por bacterias nativas aisladas en tres agroecosistemas*. Valle del Cauca (Colombia).

Patiño, C. y. (2014). *Los microorganismos solubilizadores de fósforo (MSF): una alternativa biotecnológica para una agricultura sostenible*. *Entramado*, vol. 10, núm. 2, julio-diciembre, 2014, pp. 288-297. Universidad Libre. Cali, Colombia. h. Recuperado:<http://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/3822/3/1113620733.pdf>

Philippot, L. y. (2005). *Contribución de las bacterias al aporte inicial y al ciclo del nitrógeno en los suelos*, p. 159-176. En Buscot, F., y Varma, A. (eds.). *Microorganismos en suelos: roles en génesis y funciones*, Springer, Nueva York, EEUU. . Philippot, L. y J.C. Germon. 2005. *Contribución de las bacterias al aporte inicial y al ciclo del nitrógeno en los suelos*, p. 159-176. En BNueva York, EEUU. .

Prager, M. S. (2012). *Prager, M., Sanclemente, O. E. Abonos verdes: Tecnología para el manejo agroecológico de los cultivos*. *Murcia Rev. Agroecología* 7:53 - 62. . Prager, M., Sanclemente, O. E., Sánchez de Prager, M., Gallego, J. M.; y Ángel, D. I. 2012. *Abonos España*.

Pravia, S. &. (1999; citado por Vera, 2004).). *Sztern & La fijación de CO2 atmosférico y su transformación en biomasa, y otro en el suelo a partir del litter que es ... de los restos vegetales y animales, así como de los productos orgánicos de la excreción de anim*. Recuperado:<https://books.google.com.co/books?id=OfFPAwAAQBAJ&pg=PA15&lpg=PA15&dq=Sztern+%26+Pravia>.

Restrepo, N. J. (2006). *Abecedario Ecológico. La más completa guía de términos ambientales* . Bogota Colombia.

Rodríguez, E. V. (2006). *Fijación simbiótica del Nitrógeno, San José (Costa Rica)* . Costa Rica.

- Sabatin. (1999). *Participación ciudadana para enfrentar los conflictos ambientales urbanos: una estrategia para los municipios*”, en *Ambiente y Desarrollo Vol.15 #4* . Recuperado: <http://stratas.cl/wp-content/uploads/2016/09/Participacion-Ciudadana-para-Enfrenta>.
- Sabatini. (1997). *Conflictos ambientales y desarrollo sustentable de las regiones urbanas. Revista EURE - Revista De Estudios Urbano Regionales, 23(68). El Comendador.* Recuperado:<https://www.eure.cl/index.php/eure/article/view/1157>.
- Saldarriaga, H. y. (2009.). *Avances de investigación en la exploración de alternativas para el manejo integrado de las principales enfermedades en el tomate.* Recuperado:http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-87062013000100008.
- Sánchez de Prager et al. (2012). *Todo ser vivo, por pequeño e insignificante que pueda parecer, tiene alguna función en el ciclo de la vida.* Sánchez de Prager et al., 2012 *Todo ser vivo, por pequeño e insignificante que pueda parecer, tiene alguna función en el ciclo* Recuperado: <http://www.uneditorial.net/uflip/El-suelo-los-organismos-que-lo-habitan/pubData/source/El-suelo-los-organismos-q>.
- Sánchez de Prager et al., 2. (Sánchez de Prager et al., 2012). *Sánchez de Prager et al., 2012* . Sánchez de Prager et al., 2012 : Sánchez de Prager et al., 2012 .
- Sánchez, C. (1988). *SancAfectando maíces criollos y mejorados; actualmente se halla distribuido en 38 municipios, en donde se presentan pérdidas que pueden alcanzar 20% del rendimiento de grano.* Sánchez, 1988; CESADEM, 2006. *Afectando maíces criollos y mejorados; actualmente se halla distribuido en 38 municipios, en donde se presentan p* Recuperado:<http://www.scielo.org.mx/pdf/rmfi/v29n1/v29n1a4.pdf>.
- Sanclemente, O. ((2013)). *Según este autor existen amplias relaciones entre los organismos que habitan el agroecosistema.* Recuperado:<http://www.bdigital.unal.edu.co/12754/1/9510009.2013.pdf>.
- Sarh-Inifap-Ciapac. (1993). *Guía para cultivar maíz de riego en el estado de Colima. Instituto Nacional de investigaciones Forestales y Agropecuarias. Centro de Investigaciones del Pacífico Centro Colima.* Recuperación: <http://inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/7>.
- Schlesinger. (1997). *La biomasa bajo suelo tiende a constituir el 4-8% del nitrógeno total en bosques templados, mientras en bosques tropicales.* Recuperado:<https://books.google.com.co/books?id=OfFPAwAAQBAJ&pg=PA26&lpg=PA26&dq=La+biomasa+bajo+suelo>.
- Schroth. (1978). *plant growth promoting rhizobacteria, fue propuesto para describir a las bacterias que habitan la rizósfera de las plantas y que pueden tener un efecto positivo sobre los cultivos.* Schroth, 1978. *plant growth promoting rhizobacteria, fue propuesto para describir a las bacterias que habitan la rizósfera de las plantas y* Recuperado: <http://www.redalyc.org/pdf/612/61224107.pdf>.
- Soriano et al. (2007). *Los pesticidas disminuyen la actividad de enzimas del suelo y pueden influir en la mayoría de las reacciones bioquímicas, entre ellas: la mineralización de*

la M.O., la nitrificación, la denitrificación, la. Recuperado:<http://www.compostandociencia.com/2014/02/factores-y-enzimas-del-nitrogeno-htm>.

Suppans. (2001). *Soberanía alimentaria en la era de la liberalización del comercio: ¿son viables los procedimientos multilaterales?* IATP, Ginebra-. Recuperado: <https://www.fuhem.es/media/ecosocial/fil>.

Urbaneja., J. &. (2008). *La araña roja, Tetranychus urticae Koch (Acari: Tetranychidae) es una de las plagas más perjudiciales que pueden ser adecuadas para el control de ácaros plagas.* Recuperado: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/17804/tesisUPV3987.pdf>.

Urbaneja., J. &. (2010). *Abad-Moyano et al. 2010a; Aguilar-Fenollosa et al. 2011a.* Recuperado: <http://repositori.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/62748/>.

Z.G., B. (1994.). *Los pulgones tienen gran importancia ecológica y agronómica porque comprometen el valor de los cultivos y plantas ornamentales.* Bonilla Z.G. 1994. Los pulgones tienen gran importancia ecológica y agronómica porque comprometen el valor de Recuperado: <https://www.croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/pulgones-de-la-espiga>.

Zwer y Qualset. (1994). *Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) ubicado en El. Batán, Texcoco ... roya amarilla. Palabras claves: P. striiformis.* Recuperado: file:///C:/Users/equipo/Downloads/art%C3%ADculo_redalyc_30215551009.pdf.

Anexos

Figura 10. Socialización de resultados con Productores agrícolas.



Fotografías: Los autores (2018).

Figura 11. Recolección de muestras



Fuente: Los autores (2018).

Figura 12. Estimación de poblaciones bacterianas de vida libre



Fuente: Los autores (2018).

Anexo 1. Prueba del rango múltiple de Duncan para BACTERIA

Prueba del rango múltiple de Duncan para BACTERIA

NOTA: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05		
Error Degrees of Freedom	8		
Error de cuadrado medio	8.248E11		

Número de medias	2	3	4
Rango crítico	1709962	1781942	1822175

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	TTO
A	10700000	3	TOMATE
B	4453333	3	MAIZ
B	3293333	3	AGROFORE
C	1060000	3	GUADUA

Fuente: Los autores (2018).

Anexo 2. Variable dependiente: BACTERIA

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	1.5349293E14	5.1164311E13	62.03	<.0001
Error	8	6.5983333E12	824791666667		
Total, corregido	11	1.6009127E14			

Fuente: Los autores (2018).

Anexo 3. Prueba del rango múltiple de Duncan para HONGOS

Prueba del rango múltiple de Duncan para HONGOS

NOTA: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05		
Error Degrees of Freedom	8		
Error de cuadrado medio	1.5979E9		

Número de medias	2	3	4
Rango crítico	75265	78433	80204

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	TTO
A	170000	3	MAIZ
A	146667	3	AGROFORE
B	48333	3	GUADUAL
B	10000	3	TOMATE

Fuente: Los autores (2018).

Anexo 4. Variable dependiente: HONGOS

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	53072916667	17690972222	11.07	0.0032
Error	8	12783333333	1597916667		
Total corregido	11	65856250000			

Fuente: Los autores (2018).

Anexo 5. Prueba del rango múltiple de Duncan para BACFIJAD

NOTA: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05		
Error Degrees of Freedom	8		
Error de cuadrado medio	2.186E10		

Número de medias	2	3	4
Rango crítico	278387	290106	296656

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	TTO
A	793333	3	GUADUAL
B	146667	3	AGROFORE
B			

B	22667	3	MAIZ
B			
B	21000	3	TOMATE

Fuente: Los autores (2018).

Anexo 6. Variable dependiente: BACFIJAD

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	1.2298309E12	409943638889	18.75	0.0006
Error	8	174888000000	21861000000		
Total, corregido	11	1.4047189E12			

Fuente: Los autores (2018).

Anexo 7. Prueba del rango múltiple de Duncan para BACSOLU

NOTA: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05		
Error Degrees of Freedom	8		
Error de cuadrado medio	866.6667		

Número de medias	2	3	4
Rango crítico	55.43	57.76	59.07

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	TTO
A	133.33	3	GUADUAL
B	20.00	3	AGROFORE
B	18.33	3	MAIZ
B	15.00	3	TOMATE

Fuente: Los autores (2018)

Anexo 8. Variable dependiente: BACSOLU

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	30083.33333	10027.77778	11.57	0.0028
Error	8	6933.33333	866.66667		
Total, corregido	11	37016.66667			

Fuente: Los autores (2018).

ANEXO 9. Fichas técnicas de agricultores del sector del bolo san isidro - Palmira valle

Ficha técnica	
Comunidad	
Nombre del Agricultor	Corregimiento Bolo San Isidro
Tipos de cultivos anteriores	Gustavo Adolfo Silva Salazar
Tipo de suelo	Platano, habichuela y pepino
Tiempo de práctica del Cultivo	liviano-arcilloso y orgánico
Tipo fungicida	4 años
Historia del lote	Cobethane, Ridomil y Sidoruro
Si se realiza rotación de cultivos	Platano, Maiz, Tomate y noni
Tipo de enfermedades	Si
Responsables:	Mildiu, Fusarium y Botrytis <ul style="list-style-type: none"> Juan Carlos Hinestroza Helmer Calcedo Cuero

Ficha técnica	
Comunidad	
Nombre del Agricultor	Bolo la Italia
Hectáreas	Juan Bautista Jaso
Tipo de suelo	4.3
Tiempo de práctica del Cultivo	Franco-arenosos Arcillo-arenosos
Tipo fungicida	10 años
Historia del lote	Cobre Super, Dethia, Galben H
Si se realiza rotación de cultivos	Noni, Piñas, Tomates y Maiz
Tipo de enfermedades	Si
Responsables:	Didio, Mildiu, Botrytis y Bolor <ul style="list-style-type: none"> Juan Carlos Hinestroza Helmer Calcedo Cuero

Ficha técnica	
Comunidad	
Nombre del Agricultor	Corregimiento Bolo San Isidro
Hectáreas	Luis Fernando Saavedra Cuero
Tipo de suelo	2.5
Tiempo de práctica del Cultivo	liviano arcilloso arenoso y orgánico
Tipo fungicida	8 años
Historia del lote	Dalonil, Milraz H y Anobal
Si se realiza rotación de cultivos	Habichuela, Tomate y Platano
Tipo de enfermedades	Si
Responsables:	Alternariosis Fusarium oxysporum <ul style="list-style-type: none"> Juan Carlos Hinestroza Helmer Calcedo Cuero

Ficha técnica	
Comunidad	Corregimiento Bolo San Isidro
Nombre del Agricultor	Eerson Llano
Hectáreas	6.5
Tipo de suelo	liviano arcilloso
Tiempo de práctica del Cultivo	7 años
Tipo fungicida	Sidoruros, cobethane, ridomil
Historia del lote	plátano habichuela, pepino y tomate
Si se realiza rotación de cultivos	Si
Tipo de enfermedades	pasador de Fruto, Fusarium y peca bacteriana
Responsables:	<ul style="list-style-type: none"> Juan Carlos Hinestroza Helmer Calcedo Cuero

Fuente: Los autores (2018)

Anexo 10. asistencia socialización con los agricultores

Asegúrese que se encuentre utilizando la versión actualizada de este registro. Consulte en <http://calidad.unad.edu.co>

REGISTRO DE ASISTENCIA A ENCUENTRO TUTORIAL Y DE ASESORÍA ACADÉMICA											
1. ENCUENTRO TUTORIAL:		ASISTENCIA A EN GRUPO <input type="checkbox"/>		ASISTENCIA PEQUEÑO GRUPO <input type="checkbox"/>		ASESORÍA INDIVIDUAL <input type="checkbox"/>		2. CEAD / UDR CCAV / CERES		3. FECHA	
4. CURSO		5. CÓDIGO		6. DOCENTE		7. FASE DE APRENDIZAJE:		8. ACTIVIDAD EVALUATIVA		9. TEMA DESARROLLADO	
						RECONOCIMIENTO <input type="checkbox"/>		PROFUNDIZACIÓN <input type="checkbox"/>		TRANSFERENCIA <input type="checkbox"/>	
N°	10. CÓDIGO	11. NOMBRES	12. APELLIDOS	13. PROGRAMA ACADÉMICO	14. ST / CV	15. CORREO ELECTRÓNICO	TELEFONO DE CONTACTO	16. PRODUCTO ENTREGADO	17. FIRMA		
1	1.113.674.413	Gustavo Adolfo	Silva Solarte	Ing Amb					<i>[Firma]</i>		
2	1.428.107	Vicente	Hernández						<i>[Firma]</i>		
3	1.110.214.012	Fernando	Hernández						<i>[Firma]</i>		
4	16.892.846	Eduardo	Libreiros	Tecnología					<i>[Firma]</i>		
5	10.385.314	Arnulfo	Contreras						<i>[Firma]</i>		
6	4.216.332	Jose	Castano						A contra. Jose Castano		
7	16.320.489	Luis	Montano						<i>[Firma]</i>		
8	10388556	Ademar	Calcedo	Ing Am					<i>[Firma]</i>		
9	10.386.776	Juan Carlos	Hinestroza						<i>[Firma]</i>		
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											

Asegúrese que se encuentre utilizando la versión actualizada de este registro. Consulte en <http://calidad.unad.edu.co>

Fuente: Los autores (2018).