UCLV
Universidad Central
"Marta Abreu" de Las Villas

FCA
Facultad de
Ciencias Agropecuarias

TRABAJO DE DIPLOMA

Santa Clara

Copyright©UCLV

UCLV
Universidad Central
"Marta Abreu" de Las Villas

FCA
Facultad de
Ciencias Agropecuarias

Departamento de Agronomía

TRABAJO DE DIPLOMA

Efecto del manejo agrícola sobre la afectación de la enfermedad causada por AG 4 HGI CuLT-Rs-36 de *Rhizoctonia solani* Kühn en frijol común

Autor: Félix Daniel Espinosa Rodríguez

Autores

Tutores: MSc. Héctor Pablo Hernández Arboláez

Dr.C. Edith Aguila Alcántara

Junio 2018

Santa Clara

Copyright©UCLV

Este documento es Propiedad Patrimonial de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, y se encuentra depositado en los fondos de la Biblioteca Universitaria “Chiqui Gómez Lubian” subordinada a la Dirección de Información Científico Técnica de la mencionada casa de altos estudios.

Se autoriza su utilización bajo la licencia siguiente:

Atribución- No Comercial- Compartir Igual

Para cualquier información contacte con:

Dirección de Información Científico Técnica. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Carretera a Camajuaní. Km 5½. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. CP. 54 830

Teléfonos.: +53 01 42281503-1419

Pensamiento

“La naturaleza no cambia, pero sin embargo invariablemente cambia con el tiempo la forma de mirarla. No importa la época, la agricultura natural existe desde siempre como fuente de la agricultura”

Masanobu Fukuoka

Dedicatoria

A mis padres por todo su esfuerzo y amor brindado, además de confiar en mí en todo momento y brindarme todas las facilidades en post de mi formación.

Agradecimientos

Ante todo quiero dar gracias a DIOS y a todas aquellas personas que sin su ayuda no hubiera sido posible el desarrollo de este trabajo. Especialmente a mis padres y familiares por darme el amor y apoyo incondicional cuando más lo necesite. A mis tutores Edith Águila Alcántara y Héctor P. Hernández Arboláez por enseñarme, ayudarme y comprenderme durante mi formación como profesional. A la profesora Yanetsy Ruíz González por el tiempo empleado en los análisis de los resultados, al colectivo de profesores del Departamento de Agronomía de la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas (UCLV), por brindarme sus conocimientos, a mis compañeros de aula que han compartido conmigo durante todos estos 5 años de carrera y a todos aquellos que de una forma u otra contribuyeron en mi formación.

A todos muchas gracias.

Resumen

Para evaluar el efecto de las prácticas agrícolas sobre la afectación de la enfermedad causada por AG 4 HGI CuLT-Rs-36 de *Rhizoctonia solani* Kühn en frijol común, se seleccionaron 30 campos agrícolas agrupados en 3 agroecosistemas de acuerdo al manejo agrícola. Estos se localizaron sobre un suelo Pardo mullido medianamente lavado y se tomaron cuatro muestras compuestas a 20 cm de profundidad y se evaluó la afectación causada por la enfermedad sobre plantas de frijol común. Los resultados muestran que la incidencia de la enfermedad y afectación causada por AG 4 HGI CuLT-Rs-36 de *R. solani* mostró diferencias entre los sistemas agrícolas evaluados. Esta fue menor en aquellos sistemas orgánicamente manejados y mayor en los sistemas privados bajo manejo convencional. El uso previo influyó en la afectación causada por AG 4 HGI CuLT-Rs-36, mostrando en los sistemas orgánicos, las mayores afectaciones estuvieron en las plantas sembradas en suelos orgánicos sin información y menor en aquellos suelos que presentaron pasto. La afectación causada por AG 4 HGI CuLT-Rs-36 en los sistemas convencionales el mayor tamaño de la lesión fue observado en plantas sembradas en suelos convencionales que tuvieron marabú y fue menor en aquellos sin información sobre su uso previo. Las afectaciones causadas por AG 4 HGI CuLT-Rs-36 de *R. solani* aumentaron con el incremento de Na en el suelo según las correlaciones realizadas. Fueron identificados como los géneros de hongos relacionados con la supresión de AG 4 HGI CuLT-Rs-36 *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Rhizopus*, *Cunningamella*, *Phoma*, *Fusarium* y *Phytium*.

Índice

1. Introducción 1

2. Revisión bibliográfica 3

2.1. Generalidades del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) 3

2.1.1. Importancia 3

2.1.2. Problemas de producción 3

2.2. *Rhizoctonia solani* Kühn 4

2.2.1. Enfermedad causada por *Rhizoctonia solani* Kühn 4

2.2.2. Taxonomía 4

2.2.3. Epidemiologia 5

2.3. Control de la enfermedad causada por *Rhizoctonia* spp. 6

2.4. El suelo e indicadores de calidad 7

2.5. Indicadores químicos 8

2.6. Supresión del suelo como indicador de la calidad 9

2.7. Manejo agrícola 10

2.8. Las prácticas agrícolas y sus efectos sobre las propiedades del suelo 11

2.8.1. La agricultura moderna y convencional 12

2.8.2. La agricultura orgánica 13

3. Materiales y métodos 15

Localización del experimento 15

Muestreo de suelos 16

3.1. Caracterización de los suelos 17

3.1. Diseño del experimento en macetas 18

3.1. Análisis de la afectación causada por AG 4 HGI CuLT-Rs-36 de *R. solani* en condiciones semicontroladas 18

3.4. Análisis estadístico 20

4. Resultados y discusión 21

4.1. Efecto del manejo sobre la afectación causada por AG 4 HGI CuLT-Rs-36 de *Rhizoctonia solani* Kühn 21

4.1.1. Incidencia de AG 4 HGI CuLT-Rs-36 de *Rhizoctonia solani* Kühn 21

4.1.2. Efecto del manejo agrícola sobre la longitud de la lesión causada por AG 4 HGI CuLT-Rs-36 de *Rhizoctonia solani* Kühn 22

4.1.3. Efecto del uso precedente sobre la longitud de la lesión causada por AG 4 HGI CuLT-Rs-36 de *Rhizoctonia solani* Kühn 23

4.2. Evaluación de la relación entre los indicadores químicos y la afectación causada por AG 4 HGI CuLT-Rs-36 de *Rhizoctonia solani* Kühn 26

4.3. Análisis multivariado 28

4.4. Identificación de hongos asociados con la supresión de *R. solani* 30

Conclusiones 32

Bibliografía 0

1. Introducción

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es la leguminosa de mayor importancia en Cuba. Junto al arroz y los frijoles constituyen el centro de la dieta diaria del pueblo cubano. Los frijoles representan la principal fuente de proteína y calorías, con una dependencia del cultivo superior al 50% (ONEI, 2010). Una de las causas fundamentales de la disminución del rendimiento es la presencia de patógenos que viven en el suelo (Díaz y Herrera, 2000). Entre las enfermedades más destructivas encontradas en el cultivo del frijol común se encuentran el damping-off o la pudrición de las raíces y tallos, causadas fundamentalmente por hongos del suelos como *Fusarium* spp., *Rhizoctonia* spp., *Pythium* spp., *Macrophomina phaseolina* y *Sclerotium rolfsii* (Mayea *et al*., 1983; González, 1998, Díaz y Herrera, 2000; Nerey *et al*., 2009). Estos patógenos dependen del suelo y pueden infectar solos o en conjunto, causando el síntoma característico de la enfermedad o un complejo de enfermedades (Abawi, 2009). Entre las propiedades del suelo asociadas con la severidad de las enfermedades se encuentran el pH, la composición nutritiva, textura, humedad y la composición de la comunidad biológica (Van Bruggen *et al*., 1996; Teo *et al*., 1988; Herrera *et al*., 1988; Gill *et al*., 2000; Janvier *et al*., 2007; Nerey *et al*., 2009).

El manejo agrícola puede influir sobre los componentes físicos, químicos y biológicos del suelo, donde las interacciones que acontecen en el mismo, alteran el estado fitopatológico del suelo afectando la sobrevivencia, la incidencia y severidad de un patógeno (Janvier *et al*., 2007). En particular los cambios de pH o en el volumen de nutrientes los cuales se encuentran relacionado entre sí y con la microbiota del medio (Tenuta y Lazarovits, 2002). Tradicionalmente el manejo del suelo ha conllevado a una pérdida de supresión, donde la microbiota tiene un efecto directo en la supresión de las enfermedades, relacionada con la influencia de enmiendas orgánicas (Janvier *et al.*, 2007; Weller, 2002).

En este contexto un estudio comparativo del manejo en diferentes sistemas de producción, asociado a la expresión de la enfermedad causada por AG 4 HGI CuLT-Rs-36 de *Rhizoctonia solani* Kühn en frijol común, permitirá seleccionar una estrategia de manejo que conduzca a prevenir o reducir las afectaciones.

Problema

Que efecto tiene el manejo agrícola sobre la afectación de la enfermedad causada por AG 4 HGI CuLT-Rs-36 de *Rhizoctonia solani* Kühn en el cultivo de frijol común en sistemas agrícolas de Santa Clara.

Hipótesis

El manejo agrícola podría influir sobre la afectación de la enfermedad causada por AG 4 HGI CuLT-Rs-36 de *Rhizoctonia solani* Kühn en el cultivo de frijol común en sistemas agrícolas de Santa Clara.

Objetivo general

Evaluar el efecto del manejo agrícola, uso precedente del suelo sobre la afectación de la enfermedad causada por AG 4 HGI CuLT-Rs-36 de *Rhizoctonia solani* Kühn en frijol común en sistemas agrícolas de Santa Clara.

Objetivos específicos

1. Evaluar el efecto del manejo agrícola en condiciones semicontroladas sobre la longitud de la lesión causada por AG 4 HGI CuLT-Rs-36 de *Rhizoctonia solani* Kühn.

2. Analizar la relación existente entre los indicadores químicos del suelo y el tamaño de la lesión causada por AG 4 HGI CuLT-Rs-36 de *Rhizoctonia solani* Kühn.

3. Identificar géneros de hongos relacionados con la supresión enfermedad causada por AG 4 HGI CuLT-Rs-36 de *Rhizoctonia solani* Kühn.

2. Revisión bibliográfica

2.1. Generalidades del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.)

2.1.1. Importancia

El frijol común (Phaseolus vulgaris L.) es una de las leguminosas más importantes dentro del grupo. Esta leguminosa se encuentra distribuida en los cinco continentes y es un componente esencial en la dieta alimenticia en países de Centroamérica y Sudamérica. Muchos investigadores resaltan la importancia de este cultivo para la alimentación de la población cubana siendo también una especie idónea en la rotación y asociación con otros cultivos por el aporte de nitrógeno que esta especie incorpora al suelo y es asimilado por el cultivo asociado (Quintero et al., 1996; Martínez et al., 2008).

El frijol común posee propiedades nutritivas excepcionales entre las que se encuentran aquellas relacionadas con su alto contenido proteico que puede variar entre 14 al 33% en correspondencia con la variedad y su aporte en carbohidratos, vitaminas y minerales. Con relación a la aportación de carbohidratos, se puede apreciar que 100 g de frijol crudo pueden contener de 52 a 76 g de carbohidratos, cuya fracción más importante la constituye el almidón (Vilches et al., 2000; Ulloa et al., 2011).

2.1.2. Problemas de producción

Entre las causas fundamentales que provocan la disminución del rendimiento en el cultivo del frijol se encuentran la presencia de patógenos que viven en el suelo (Díaz y Herrera, 2000). Entre las enfermedades más destructivas encontradas en campos de frijol común han sido señaladas aquellas que provocan damping-off o la llamada pudrición de raíces y tallos, ocasionada por agentes patógenos como *Fusarium* spp., *Pythium* spp., *Macrophomina phaseolina* Tassi*, Sclerotium rolfsii* Sacc y *Rhizoctonia* spp. (Mayea *et al*., 1983; González, 1998, Díaz y Herrera, 2000; Nerey *et al*., 2009).

Estos agentes patógenos dependen del suelo y de las condiciones medioambientales, pudiendo infectar solos o en conjunto, causando el síntoma característico de la enfermedad o un complejo de enfermedades (Abawi, 1989).

Entre las principales propiedades del suelo asociadas con la severidad de las enfermedades causadas por estos patógenos se encuentran la composición nutritiva, la composición de la comunidad biológica así como el pH, textura y humedad entre otros (Herrera *et al*., 1988; Gill *et al*., 2000; Janvier *et al*., 2007; Nerey *et al*., 2009).

Rhizoctonia solani Kühn. es considerado en el cultivo del frijol como el patógeno de mayor importancia ya que se encuentra presente en la mayoría de los suelos agrícolas causando pérdidas de las plántulas superiores a un 25% (Díaz, 1999; Herrera, 2004).

2.2. *Rhizoctonia solani* Kühn

2.2.1. Enfermedad causada por *Rhizoctonia solani* Kühn

Rhizoctonia solani Kühn es un patógeno del suelo que ataca a una amplia variedad de plantas. Este microorganismo requiere de especial atención ya que además de sus características polífagas que le asegura una gama de hospederos, sus esclerocios presentan la capacidad de sobrevivir por mucho tiempo en el suelo (Hernández y Quintero, 2002).

2.2.2. Taxonomía

Este patógeno es considerado taxonómicamente como miembro de importancia dentro del orden Agonomicetales con la siguiente ubicación taxonómica (Carone Cede, 1986):

Reino: *Myceteas*

División: *Amastigomycota*

Subdivisión: *Deuteromycotina*

Clase de forma: *Deuteromycetes*

Orden de forma: *Agonomicetales*

Género: *Rhizoctonia*

Especie: *Rhizoctonia solani* Kühn

Ester hongo se encuentra incluido en el orden Agonomycetales donde es denominado por su estado imperfecto o micelio estéril como *Rhizoctonia solani* Kühn, ya que no produce estructuras reproductivas (conidios), también es conocido como *Thanatephorus cucumeris* (Frank.) Donk., incluido en la clase Basidiomicetes como estado perfecto o sexual, caracterizado por reproducirse por fragmentación de las hifas y agregados de estas, denominadas esclerocios (Herrera y Mayea, 1994). Dentro de esta especie han sido identificados diferentes grupos de anastomosis (AG) identificados en base a la morfología de la colonia, requerimientos nutricionales, patogenicidad y homología de su ADN (Nerey, 2009).

2.2.3. Epidemiologia

Este hongo sobrevive de una estación a otra a través de los residuos de cosecha por medio de sus esclerocios y micelio. Es hongo saprofito del suelo que es capaz de colonizar los residuos de cultivos precedentes. El cicIo primario de la enfermedad se inicia bajo condiciones favorables que determinan el desarrollo del hongo, como las altas temperaturas y elevada humedad relativa por causa de la abundante lluvia haciendo salpicar el suelo infestado con esclerocios y micelio hacia las plantas sanas, o a través de las basiodiosporas cuando estas son diseminadas por el viento (Galindo *et al*. 1982). Estos autores en investigaciones realizadas demostraron que la fuente principal del inóculo del hongo en el suelo eran los esclerocios y fragmentos de micelio, los cuales son diseminados en el cultivo por medio de suelo infestado con los propágalos del patógeno. Además este hongo es capaz de crecer y fructificar mejor a una temperatura de 26°C como promedio y su rango de

supervivencia oscila en el rango de 19°C a 30°C, a una humedad relativa mayor de 75% (Hernández, 2005).

2.3. Control de la enfermedad causada por *Rhizoctonia* spp.

Generalmente este patógeno se ha combatido por métodos químicos y culturales. Debido a la reducida persistencia de los fungicidas químicos en el suelo ha dificultado el combate de *R. solani*, ya que este hongo patógeno posee un amplio rango de plantas hospederas, lo cual ha complicado el trabajo de los fitomejoradores en la búsqueda de resistencia genética. Por otra parte la acentuada habilidad saprofita que presenta este hongo hace inefectiva la rotación de cultivos como medida de control cultural (Menzies, 1970; Campell y Pennypaker, 1980; Papavisas *et al*., 1975; Cardoso y Echandi, 1987).

Su carácter polífago permite que afecte a un elevado número de especies cultivadas, además puede asociarse a otros hongos conformando un complejo damping-off, tanto en pre como post-emergencia. Estas condiciones dificultan la obtención de variedades resistentes lo cual resulta extremadamente difícil en *R. solani* por la naturaleza no selectiva de su parasitismo (Leach y Garber, 1970).

El empleo del control químico ha sido el método más empleado en el control de enfermedades causadas por este patógeno con inconvenientes asociados como la toxicidad y efectos contaminantes al medio ambiente, optando por la adopción de métodos y técnicas no agresivas para el medio ambiente, como los métodos físicos de calentamiento artificial y la solarización del suelo. Sin embargo los métodos biológicos también han mostrado ser eficaces sobre la base de la introducción de agentes antagonistas en condiciones experimentales como la inoculación de semillas de algodón con *Trichoderma harzianum* Tochinai y Shimada (Elad *et al*. 1982).

El empleo de enmiendas orgánicas como una práctica cultural adoptada por los agricultores para el mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo

han contribuido al control de enfermedades provocadas por hongos patógenos del suelo entre ellos *R. solani* (Nico, 2003).

El efecto supresivo de algunas enmiendas orgánicas sobre determinados hongos patógenos del suelo ha sido atribuido a diferentes causas entre las que se mencionan la liberación de metabolitos de acción inhibitoria sobre el patógeno (Papavizas et al., 1975) y la ocurrencia de fenómenos de antagonismo como han sido estudiadas dentro del control biológico (Cook y Baker, 1983).

Por otro lado, el uso de plaguicidas ha sido un método muy estudiado en su magnitud y en lo que se refiere a las personas que poseen pequeñas parcelas carecen de normativas que los orienten en su trabajo a un manejo adecuado de estos productos, existiendo un escaso conocimiento sobre el manejo de los mismos. De esta manera, se hace un uso inadecuado e indiscriminado de esas sustancias químicas en el control de patógenos trayendo consigo graves consecuencias para la salud humana y el medio ambiente, debido a que no se utilizan las dosis adecuadas y recomendadas en la aplicación de dichos plaguicidas (González, 2008).

2.4. El suelo e indicadores de calidad

El suelo es un sistema complejo, integrado por diversas estructuras, procesos y componentes, sobre el cual crecen y se desarrollan la mayoría de las plantas (Nuñez, 2000). El mismo se ha definido como el medio natural donde se involucran cambios constantes de las propiedades físicas y químicas, las cuales sirven de soporte a las plantas (Sánchez, 2007).

La calidad del suelo puede definirse como el conjunto de características físicas y químicas relacionadas con el desarrollo agrícola. La misma puede ser evaluada a través de las propiedades del suelo que permitan evaluar su capacidad de realizar sus funciones básicas, así como la capacidad del medio para mantener su productividad biológica, su calidad ambiental, promoviendo además la salud de plantas, animales y el hombre (USDA, 1999; Villarreal, 2010).

Los indicadores del suelo han sido utilizados para evaluar los cambios y tendencias en cada situación en particular (Dumanski, 1994). Estos describen un proceso específico o bajo control, donde no todos se muestran apropiados para todos los sistemas no existiendo un listado universal (Blakkes *et al.,* 1979). Ellos pueden estar constituidos por una sola variable, como comúnmente lo entendemos, pero también por una relación entre variables (Oleschko *et al.,* 1993).

Entre las principales funciones de los indicadores se encuentran la evaluación de condiciones o tendencias, comparar transversalmente sitios o situaciones, evaluar metas y objetivos, además de proveer información preventiva temprana o anticipar condiciones y tendencias futuras (Cantú *et al.,* 2003).

2.5. Indicadores químicos

Tradicionalmente los indicadores químicos han sido utilizados como guía para evaluar de calidad del suelo en el manejo sostenible de las tierras, así como la determinación del grado de degradación de los suelos, además de su importancia para el crecimiento óptimo de los cultivos y la identificación de enfermedades del suelo (Dick *et al.,* 2010).

El pH es un indicador del suelo que controla la movilidad de iones, la disolución de minerales, las reacciones redox y el intercambio iónico, así como también regula la actividad microbiana y la disponibilidad de nutrientes (Di Ciocco *et al*., 2014). El mismo interviene en el desbalance de nutrientes fundamentales tales como el potasio, el calcio y el magnesio causados por la aplicación excesiva de potasio que contribuye con las pérdidas de los elementos Ca y Mg por lixiviación favoreciendo la acidez (Villarreal, 2010).

Por otro lado el carbono orgánico del suelo es considerado un elemento esencial en los suelos agrícolas, ya que forma parte esencial de la materia orgánica (MO) del suelo, convirtiéndose esta última en un componente imprescindible que influye sobre casi todas las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos. De ella depende directamente la presencia y función de microorganismos y la fauna

edáfica, los cuales se encuentran involucrados en el ciclo de los nutrientes dentro del suelo (Abi-Saab Arrieche, 2012).

Ente los nutrientes fundamentales que necesitan las plantas para su crecimiento y desarrollo normal se encuentran el potasio, calcio y magnesio, los cuales son considerados como macronutrientes por su alta demanda, los cuales se encuentran en estrecha relación con el pH, la MO del suelo y la actividad microbiana, los cuales controlan la movilidad de iones y disolución de minerales, las reacciones, el intercambio iónico, y la disponibilidad de nutrientes (Di Ciocco *et al*., 2014).

2.6. Supresión del suelo como indicador de la calidad

La supresión de la enfermedad se ha definido como el fenómeno donde el cual se disminuye el desarrollo de una enfermedad con la presencia de un hospedero susceptible y un patógeno virulento a la planta, encontrándose bajo condiciones que normalmente conducen la infección (Hornby, 1983).

La supresión de enfermedades en el suelo ha sido clasificada como general y específica (Cook y Baker, 1983). La supresión general está relacionada con el antagonismo y suministro de energía y nutrientes disponibles para el crecimiento del patógeno a través del suelo y en la superficie de la raíz. Esta supresión es dependiente de las comunidades microbianas asociadas con un sustrato en descomposición (Boehm *et al*., 1993). La composición de estos grupos funcionales puede determinar el carácter de la comunidad mientras las especies individuales dentro de un grupo funcional sean intercambiables. Por otro lado la supresión específica se encuentra relacionada con la interacción específica entre un patógeno de la planta y su antagonista, por ejemplo productor antibiótico o parásito (Cook y Baker, 1983; Hornby y Bateman 1997; Hyakumachi *et al*. 1990; Wiseman *et al.* 1996).

Generalmente la supresión de la enfermedad puede ser vista como una de las características de la salud del suelo, y está definida como la capacidad de un suelo de funcionar dentro de los límites del ecosistema para el sostenimiento de la

productividad biológica, el mantenimiento de la calidad medioambiental y la salud de las plantas (Doran *et al*., 1996).

La salud de los sistemas agrícolas se caracteriza por presentar una integridad en el ciclo de nutrientes, su estabilidad y resiliencia al estrés o perturbación. Una elevada biodiversidad o conexión entre los grupos funcionales pueden ser consideradas como indicadores que determinan la inestabilidad y la salud de los ecosistemas. La habilidad de esta comunidad biológica de suprimir los patógenos de las plantas, su densidad de población en el suelo y la incidencia de la enfermedad y severidad (Van Bruggen y Grunwald, 1996), puede funcionar como un indicador estable del suelo y quizás se encuentre entre los principales indicadores de la salud del suelo a la supresión de enfermedades (Pankhurst *et al*. 1995; Workneh *et al*. 1993).

2.7. Manejo agrícola

Los modelos agrícolas intensivos actuales están orientados a los mercados, con una elevada productividad por unidad de superficie y cambiantes en cortos períodos de tiempo, estos se han comportado como aceleradores de la degradación de los suelos a través de prácticas y técnicas de cultivo poco apropiadas para frenar la erosión (Arnáez *et al*., 2012), así como la pérdida de elementos nutricionales como el nitrógeno, fosforo, potasio, calcio, magnesio, entre otros (Suquilanda, 2003).

Dentro del modelo de agricultura convencional el monocultivo intensivo ha provocado cambios en los agroecosistemas, entre los que se pueden mencionar la disminución de la biodiversidad ocasionada principalmente por la alteración de la dinámica natural de los ecosistemas, a través de la ruptura del ciclo de nutrientes, así como la perdida de microorganismos que favorecen el desarrollo de plantas y animales los cuales enriquecen el suelo en dichos sistemas agrícolas, experimentando una disminución de la calidad del suelo y el desequilibrio de sus componentes físicos, químicos y biológicos (Villarreal, 2010). Sin embargo la agricultura orgánica o biológica enmarca todos los sistemas agrícolas que promueven la producción sana y segura de alimentos. Como parte fundamental de

estos sistemas la fertilidad de los suelos es la base para una buena producción (IICA, 2004).

Los recientes enfoques de la agricultura, coinciden en afirmar que un suelo sano, con adecuados contenidos de nutrientes y de materia orgánica, bien estructurado y manejado con visión integral respetando los ciclos y las leyes naturales de los ecosistemas, es una garantía suficiente para obtener altos rendimientos y sostenibles (León, 2003). El mantenimiento y mejora de la fertilidad del suelo juega un papel fundamental en el manejo ecológico de los cultivos, ya que es el soporte físico y nutritivo de los mismos. En los sistemas de manejo orgánico el contenido de materia orgánica y la cobertura vegetal es mucho mayor en comparación con el tipo de manejo convencional, lo que genera a su vez un aumento en la actividad biológica (Gonzales *et al*., 2007).

2.8. Las prácticas agrícolas y sus efectos sobre las propiedades del suelo

El laboreo continuo e intensivo en áreas agrícolas traen como consecuencia la degradación acelerada de los suelos; provocando cambios en sus propiedades llegando afectar la capacidad productiva de los mismos (Cairo y Fundora, 2005).

El uso de especies arbóreas se produce una suplementación regular de MO, incrementándose la actividad biótica del suelo y disminuyendo el impacto de las lluvias (Wildin, 1986; Altieri, 1996; Simón *et al.*, 1998; Corbella, 2006). Además, incorporan nutrientes mediante la descomposición de materiales orgánicos, mejorando el reciclaje y la productividad, sin necesidad de aplicación de cantidades importantes de agroquímicos (Ochoa *et al*., 2007; Gálvez, 2008; Altieri, 2004), evitando la destrucción de los agregados y la compactación, beneficiando la capacidad de infiltración, la capacidad de retención del agua y la restauración y conservación de los micro y macrorganismos del suelo. Por otro lado la compactación del suelo induce cambios en el balance nutricional y por consiguiente en el crecimiento de las plantas. La caída natural de las hojas y las podas ayudan a incrementar la disponibilidad de agua, luz y nutrimentos para todos los componentes del sistema (Simón *et al.*, 1998; Pound, 1999; Kozlowski, 1998).

Numerosas investigaciones indican que las especies de árboles y arbustos asociados a los sistemas agrícolas pueden mejorar las condiciones físicas del suelo como la porosidad, la densidad aparente y ayudan en el mantenimiento de la productividad mediante un manejo planificado, racionalizando el impacto sobre el ambiente (Botero *et al.* 1999; Shibu, 2009). Mientras que un incremento de la MO en la superficie y en el subsuelo favorece las propiedades físicas, químicas y biológicas reflejada la relación existente de MO con la densidad aparente como parte de la estructura del suelo (Murray *et al.,* 2011).

2.8.1. La agricultura moderna y convencional

Para lograr un desarrollo en la agricultura es necesario lograr una estabilidad en el ciclo biológico «clima-suelo-planta» para obtener los máximos beneficios de los recursos de los que se disponen para proteger y conservar el medio ambiente (Cairo *et al*., 1996).

Los métodos de la agricultura convencional moderna se basan en empleo de prácticas inadecuadas, las cuales son utilizadas para mejorar la fertilidad del suelo. Entre las prácticas más empleadas en la agricultura convencional se encuentra la poca diversidad con el empleo de los sistemas de monocultivos, labranza inapropiada o innecesaria, inadecuado manejo de los residuales orgánicos y el excesivo uso de productos químicos (Kolmans y Vásquez, 1996). Además el empleo de fertilizantes químicos y el monocultivo traen como consecuencia un desequilibrio ecológico que transforma el equilibrio existente en la biología de suelo, creando y usando plaguicidas de origen sintético que afectan la fauna edáfica como insectos, malezas, hongos y microorganismos (Allen, 1992).

Por otro lado el uso inadecuado de la maquinaria agrícola provoca el fenómeno de la compactación, que limita absorción de agua de riego y destruye las estructuras internas e invierte los perfiles, llevando a mayor profundidad a los más fértiles y superponiendo a los menos fértiles, efecto este que incide negativamente en la microfauna beneficiosa (Ascanio, 2004, Vrindts *et al*., 2005).

La degradación paulatina de la biodiversidad edáfica y su estructura, atenta no solo contra el crecimiento y desarrollo de los cultivos en el campo; sino también contra todas las actividades de producción en general; desde la preparación de los suelos y la efectividad de tecnologías de cultivo, hasta la cosecha en el campo, su transporte y almacenamiento para la exportación o consumo interno (Arrastía y Limia, 2011).

2.8.2. La agricultura orgánica

La necesidad de enmendar el desequilibrio provocado por la agricultura intensiva en los sistema agrícolas «suelo-planta» desfavorable para el suelo lo que conllevo a su degradación en sus condiciones de vida y potencial productivo; y la necesidad de restituir a los suelos, al menos en parte, surgen los abonos orgánicos que por la forma de obtención y por su composición química resultó el material ideal para mantener las propiedades químicas, físicas y biológicas de los suelos, así como la conservación de su capacidad productiva (Paneque y Calaña, 2004).

Como parte de estos abonos orgánicos surgen enmiendas como el humus que mejora considerablemente las propiedades de los suelos; así como el uso de los abonos orgánicos y abonos verdes que aportan y constituye un importante mejorador para la fertilidad y el potencial de rendimiento de los mismos (Bot y Benites, 2005).

Entre los cultivos más utilizados como abono verde se resaltan principalmente las leguminosas fijadoras de nitrógeno; restos orgánicos de la explotación agropecuaria (estiércol); restos orgánicos del procesamiento de productos agrícolas; desechos domésticos, (basuras de vivienda, excretas); compost preparado con las mezclas de los compuestos antes mencionados (Raaa, 2005).

Entre las ventajas que presentan el empleo de abonos orgánicos se encuentra que permanecen en el suelo por largo tiempo, son más estables que los fertilizantes químicos permaneciendo en el suelo por largo periodo de tiempo. Además estimulan el desarrollo de microorganismos benéficos del suelo y mejoran la

relación suelo, agua, nutrientes, aire y demás elementos. Estos potencializan el suelo y estimulan la disposición de otros nutrientes facilitando la absorción de los otros por parte de las plantas al disponer de mayor cantidad de humedad y retener mayor cantidad de agua en el suelo, evitando la lixiviación (pérdida de otros nutrientes en el suelo) y mejorando las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo. Además se obtienen abonos orgánicos como producto de la descomposición de la MO sometida a la acción aerobia de microorganismos no perjudiciales (Aborgánicos del Huila, 2004).

Es importante indicar que la sustentabilidad de los sistemas de producción depende, fundamentalmente, del mantenimiento de la productividad de los suelos a través del desarrollo, la restauración y mantenimiento de las condiciones físicas, químicas y biológicas, regulada en gran medida por la capacidad de reciclaje de los recursos orgánicos y las actividades de los microorganismos, que deben ser favorecidas por las acciones del manejo que se realicen (Hernández, 2005).

3. Materiales y métodos

Localización del experimento

Este trabajo tuvo como base el análisis de escenarios comparados para lo cual se seleccionaron tres sistemas agrícolas del municipio Santa Clara, provincia Villa Clara, Cuba. Para desarrollar la investigación fueron seleccionados entre dos y tres campos para un total de 30 campos. Todos las áreas agrícolas seleccionadas presentan suelos Pardos mullidos medianamente lavados (Hernández *et al.,* 2015).

Para la selección y caracterización de las áreas agrícolas se revisaron los historiales de campo que se encontraron a la mayoría de los campesinos privados, los cuales presentaron muy poca información por lo que decidió hacer una encuesta para a partir de la información de esta poder caracterizar el manejo. Aunque las áreas estatales tenían historial de campo también se aplicó la encuesta a los productores del área para uniformar y verificar la información obtenida (Anexo 1).

De acuerdo con el uso y manejo, las áreas fueron caracterizadas según las prácticas agrícolas utilizadas en:

PO - Comprende áreas agrícolas privadas bajo manejo orgánico, caracterizada por el empleo de bajos insumos y vinculados al Movimiento Agroecológico "Campesino a Campesino" de la Asociación Nacional de Agricultores Pequeños (ANAP). En este grupo los campos seleccionados se caracterizan por un uso intensivo del área, fertilización de fuentes orgánicas y empleo de biofertilizantes. La preparación de suelo y labores de cultivo con tracción animal, con amplio uso de rotaciones de cultivo y asociaciones, así como no hacen uso de agroquímicos y utilizan microorganismos benéficos en el control de plagas. Para conformar este grupo se tomaron 5 fincas para un total de 13 campos. También fueron identificados tres grupos según sus usos anteriores de la tierra en aquellos que tuvieron pastos y bosque (POP y POF) mientras que en otros no se identificó uso previo (PO).

PC - Comprende áreas agrícolas privadas bajo manejo convencional, caracterizadas por un uso intensivo del área, fertilización química frecuente pero combinada en ocasiones con fertilización de fuentes orgánicas, preparación de suelo y labores de cultivo con tracción animal y en ocasiones con tractores, con rotaciones de cultivo y presencia de asociaciones, aplicaciones frecuentes de agroquímicos. Para conformar este grupo se tomaron 5 fincas para un total de 10 campos. Dentro de este grupo se identificaron dos grupos según el uso anterior de la tierra en aquellos que fueron marabú (*Dichrostachys cinerea* Wight et Arn.) (CPM) y los restantes no se identificó uso previo en CP.

EC - Comprende áreas agrícolas estatales bajo manejo convencional perteneciente a la Empresa Agropecuaria “Valle del Yabú”. Dichas áreas se caracterizaron por presentar un elevado uso de insumos y un uso intensivo del área, fertilización química frecuente y muy limitada fertilización de fuentes orgánicas. La preparación de suelo y labores de cultivo se realizan de forma mecanizada con equipos automotores, y las rotaciones de cultivo son limitadas sin presentar asociaciones de cultivos. Además se utilizan aplicaciones frecuentes de agroquímicos. Este grupo estuvo compuesto por 4 campos de cada una de las 2 granjas seleccionadas, para un total 8 campos.

Muestreo de suelos

El muestre de suelos se realizó en Agosto del 2015. En cada campo seleccionado se colectaron 4 muestras compuestas en cuatro puntos del campo y colecta radial de 10 sub-muestras alrededor del punto central, evitando el efecto borde en el área muestreada. La profundidad de muestreo fue 20 cm. Las muestras fueron mezcladas y homogenizadas antes de trasladarlas al laboratorio del Centro de Investigaciones Agropecuarias de la Facultad de Ciencias Agropecuarias. En total se tomaron 52 de las muestras en OP, 40 muestras CP y 32 muestras de EC.

Posteriormente, estas muestras fueron secadas al aire para montar el experimento en macetas (magentas) se tamizó a 4 mm. Las muestras para los análisis químicos fueron tamizadas a 2 mm y 0,5 mm, respectivamente.

3.1. Caracterización de los suelos

Para determinar las relaciones existentes entre algunas características químicas de los suelos y las afectaciones causadas por la cepa AG 4 HGI CuLT-Rs-36de *Rhizoctonia solani* Kühn, se utilizó la caracterización química de esos suelos realizada por Hernández (2018) (Anexo 2), los cuales fueron analizados según las siguientes metodologías:

El pH del suelo fue medido por el método potenciométrico (Anexo 2). Este fue determinado en 1N KCl en la relación de 1: 2,5 (peso: volumen). Para ello, se pesan 10 g de suelo seco al aire y se pasa por un tamiz de 0,5 mm. El suelo tamizado se coloca en un Beaker de 50 ml y se le añade con una pipeta 25 ml de agua destilada para pH en agua ó 25 ml de KCl 0.1N para pH en KCl. Se agita con una varilla de cristal cada 15 min en el espacio de una hora. Finalmente, se lee en el potenciométrico o pH-metro. La materia orgánica del suelo (MOS) fue determinada colorimétricamente por el método de Wakley y Black (1947).

El fósforo (P) disponible fue extraído por el método de Olsen; usando 0.5 M ($NaHCO_3$) como solución extractora a pH 8.5 y para la solución reductora se disuelven 0,50 g de $C_6H_8O_6$ con solución de molibdato de amonio y se afora con la misma solución a 100 ml (Anexo 2). Esta solución se prepara minutos antes y cada vez que se vaya a realizar la colorimetría. Se pesó 1g de suelo y se adicionaron 50 ml de solución extractora y se agita por 30 minutos a 180 oscilaciones por minuto. Se filtró inmediatamente a través de papel filtro Whatman 5,42. Para la determinación de P se toma una alícuota de 5 ml del filtrado (y se coloca en un matraz aforado de 50 ml, se adiciona agua, 5 ml de solución reductora, agitando durante 10 minutos y se afora. Se lee después de dos horas a 882 nm.

Paralelamente se prepara una curva de calibración de P (0; 0,1; 0.2; 0,3; 0,4; 0,6; 0,8; 1 mg l-1). Se calcula la concentración mediante la fórmula:

P(mg kg-1) = mg l^{-1} x Dm x Dv

Dónde: *mg l^{-1}* = mg l^{-1} en la curva de calibración, *Dm* = dilución de masa (volumen de extractante / g de muestra) y *DV* = dilución de volumen (aforo / alícuota).

Los cationes cambiables (Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+}, Na^{+}) se determinaron por el método acetato de amonio a un pH 7.0 (Chapman, 1965) y los extractos fueron analizados por espectrometría de absorción atómica (AAS).

3.1. Diseño del experimento en macetas

El experimento en macetas (magentas) se realizó bajo un diseño completamente aleatorizado (DCA) en condiciones semicontroladas con 5 réplicas por cada tratamiento. Se utilizó la variedad de frijol Cuba Cueto 25-9N, de color negro de la testa. La esterilización del suelo se realizó fue realizada dos veces por una hora durante dos días, colocando el suelos a esterilizar en una estufa a 117°C. Los tratamientos empelados fueron: suelo NA + AG 4: suelo no autoclaveado e inoculado con AG 4 HGI CuLT-Rs-36 y suelo A + AG 4: suelo autoclaveado e inoculado con AG 4 HGI CuLT-Rs-36.

3.1. Análisis de la afectación causada por AG 4 HGI CuLT-Rs-36 de *R. solani* en condiciones semicontroladas

La cepa de *Rhizoctonia solani* Kühn empleada fue la AG 4 HGI CuLT-Rs-36, aislada de plantas enfermas de frijol común en Cuba e identificada por Nerey (2009) y conservada en laboratorios de UGhent. El inóculo fue producido siguiendo la metodología de Scholten *et al*. (2001) con modificaciones por Nerey (2009). Para ello, fueron tomados discos de 5 mm de diámetro de las colonias crecidas en Agar Dextrosa papa (PDA) a 28°C pasado los 4 días de sembradas, dichos discos fueron colocados en frascos que contenían granos de arroz, previamente autoclaveados

por 1 hora a 121°C. Los frascos fueron encubados por 10 días a 28 grados en la oscuridad.

Para el experimento, fueron usados 5 potes por cada campo los cuales tenían 11 cm de diámetro y 8 cm de altura y 400 g de suelo por cada tratamiento. En cada pote se sembraron 4 semillas de frijol común. Las mismas fueron esterilizadas en 1,0% hipoclorito de sodio comercial por 5 min, y luego enjuagadas con agua desmineralizada. La cepa de *R. solani* fue inoculada al suelo una vez sembradas las semillas de frijol común (Figura 1).

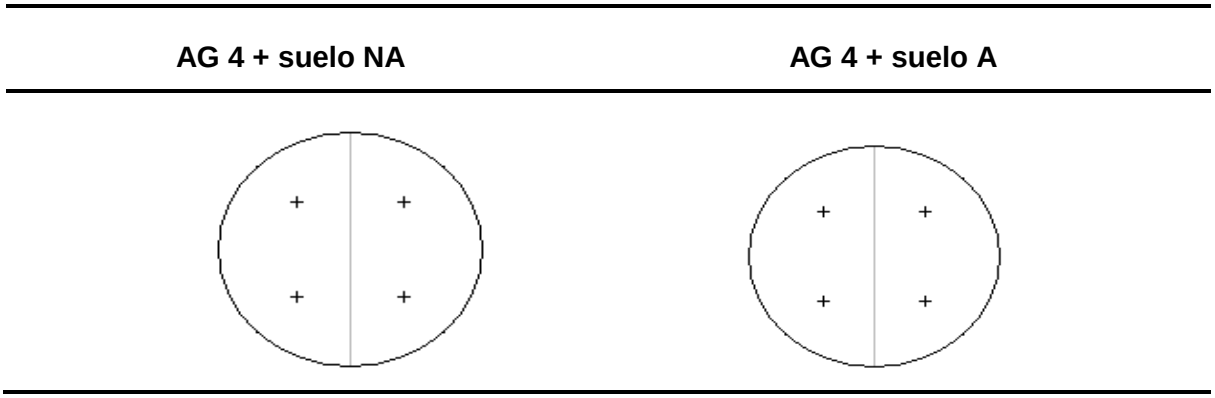

Figura 1. Diseño del pote (+: localización de las semillas de frijol; línea gris: localización los granos de arroz inoculados).

A los 10 días de germinadas, se extrajeron las plantas de las macetas y se lavaron con agua destilada. Se verificó la presencia de la lesión en la planta y se midió con regla graduada la longitud de la misma cuando apareció. La incidencia de la enfermedad se determinó empleando la fórmula propuesta por Meléndez (2001):

$$I(\%) = \frac{n\ x\ 100}{N}$$

dónde: *I (%)* = es el porcentaje de Incidencia; *n* = el número de plantas enfermas y *N* = es el número de plantas evaluadas.

3.2. Identificación de hongos aislados de los suelos asociados con la supresión de *R. solani*

La identificación de hongos se realizó tomando muestras de suelos de las macetas no esterilizadas en cada campo donde fueron aislados los géneros de hongos relacionados con la supresión de *R. solani* por cada campo. Los hongos fueron sembrados en medio Agar Dextrosa Papa (PDA) se incubaron por triplicado a 28ºC durante 4 o 7 días (Nakuleshwar *et al*., 2013). Posteriormente fueron analizados morfológicamente su identificación mediantes las claves taxonómicas propuestas por Domsch *et al.* (1980); Humber (1997); Barnett y Hunter (1999); MycoBank (Crous *et al*., 2004) y Seifert *et al*. (2011).

3.4. Análisis estadístico

Para el procesamiento de los resultados se elaboró una base de datos en Excel 2013 sobre Windows 10. Se emplearon los paquetes estadísticos STATGRAPHIC plus 0.5 y SPSS v. 21. Primeramente, se realizó un ANOVA simple empleándose la prueba de Kruskal-Wallis al no existir homogeneidad de varianza para la caracterización de los suelos en ambos manejos. Para el análisis del experimento de incubación se realizó una ANOVA simple y prueba LSD para determinar el efecto del manejo y uso previo sobre la incidencia de la enfermedad causada por AG 4 HGI CuLT-Rs-36 de *R. solani*. Todos los análisis se realizaron para $P<0,05$. Finalmente, se realizó un análisis de correlaciones entre los componentes para evaluar las interacciones entre estas variables. Todos estos análisis se realizaron en STATGRAPHICS plus 0.5.

4. Resultados y discusión

4.1. Efecto del manejo sobre la afectación causada por AG 4 HGI CuLT-Rs-36 de *Rhizoctonia solani* Kühn

4.1.1. Incidencia de AG 4 HGI CuLT-Rs-36 de *Rhizoctonia solani* Kühn

Los resultados muestran diferencias significativas en cuanto a la incidencia de la enfermedad causada por AG 4 HGI CuLT-Rs-36 de *R. solani* (Tabla 2). Entre los sistemas de manejo evaluados en ambos tratamientos, en suelos no autoclaveados e inoculados con AG 4 HGI CuLT-Rs-36 provenientes de aquellos campos de PO mostraron la menor incidencia de la enfermedad con 87,9% de afectación, mientras que las plantas sembradas en suelos de EC mostraron una mayor incidencia (98,8%), no mostraron diferencias con respecto a las restantes áreas aquellas plantas sembradas en suelos de PC (95,5%). En suelos autoclaveados e inoculados con AG 4 HGI CuLT-Rs-36 la incidencia fue menor en aquellas plantas sembradas sobre suelos provenientes de OP (88,3%) y mayor en CP (99,0%), no mostrando diferencias significativas con respecto a estas áreas aquellas plantas sembradas en suelos de EC (55,6%).

Tabla 2. Incidencia de la enfermedad causada por AG 4 HGI CuLT-Rs-36 de *R. solani* según el manejo agrícola

Manejo	Incidencia (%)	
	Suelo NA + AG 4	Suelo A + AG 4
PO	87,9^{b}	88,3^{b}
PC	95,5^{ab}	99,0^{a}
EC	98,8^{a}	95,6^{ab}

Nota: Valores indican la incidencia de la enfermedad. Letras diferentes en la misma columna muestran diferencias significativas entre ecosistemas estudiados según prueba DMS ($P<0.05$).

4.1.2. Efecto del manejo agrícola sobre la longitud de la lesión causada por AG 4 HGI CuLT-Rs-36 de *Rhizoctonia solani* Kühn

El efecto del manejo del suelo incidió sobre las afectaciones causadas por AG 4 HGI CuLT-Rs-36 de *Rhizoctonia solani* Kühn en suelos provenientes de los sistemas evaluados (Figura 2).

Las plantas sembradas en suelos no autoclaveados e inoculados con AG 4 HGI CuLT-Rs-36 provenientes de campos privados bajo manejo convencional (CP) y los campos estatales bajo manejo convencional (CE) mostraron el mayor tamaño de la lesión y las mayores afectaciones sin mostrar diferencias significativas entre sí. Mientras aquellas plantas provenientes de campos privados bajo manejo orgánico (OP) presentaron las menores afectaciones difiriendo significativamente con el resto.

Las plantas sembradas sobre los suelos que fueron autoclaveados e inoculados con AG 4 HGI CuLT-Rs-36 no mostraron diferencias significativas en cuanto al tamaño de la lesión de la enfermedad en los suelos provenientes de CP y CE. Evidenciándose las menores afectaciones en aquellos suelos provenientes de OP.

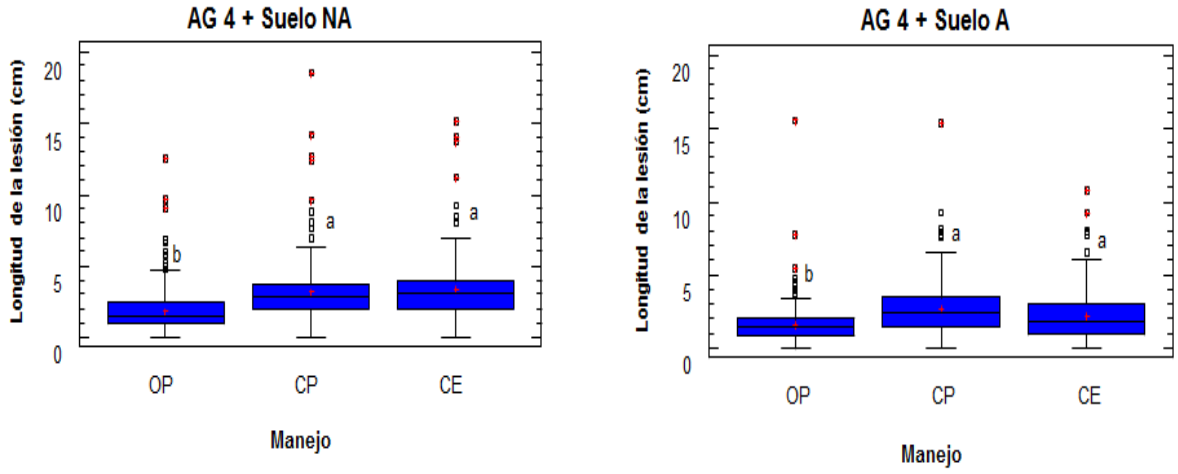

Figura 2. Longitud de la lesión causada por AG 4 HGI CuLT-Rs-36 de *Rhizoctonia solani* Kühn según el manejo agrícola. AG 4 + suelo NA (no autoclaveado) y AG 4 + suelo A (autoclaveado). Diferentes letras indican diferencias significativas entre ecosistemas estudiados según prueba DMS ($P<0.05$).

Los daños causados por *R. solani* en frijol común pueden ser reducidos mediante un manejo eficaz del suelo como ha sido planteado en aquellos sistemas manejados orgánicamente los cuales hacen uso de la rotación de cultivos, considerando el uso de diferentes especies de plantas con diferentes respuestas a los patógenos. *R. solani* es una de las especies de hongos con mayor dificultad para su control debido a que presenta una amplia gama de plantas hospedantes y persistencia en los suelos (Janvier *et al*., 2007).

4.1.3. Efecto del uso precedente sobre la longitud de la lesión causada por AG 4 HGI CuLT-Rs-36 de *Rhizoctonia solani* Kühn

Los resultados obtenidos según manejo en los diferentes campos evaluados mostraron una elevada variabilidad y dispersión por lo que se procedió a un análisis intra-grupal en cada uno de los sistemas privados con diferentes manejos (orgánico y convencional) y se procedió con un análisis en función del uso precedente de la tierra (Figura 3).

En los sistemas orgánicos privados se identificaron tres grupos de acuerdo con su uso previo. Estos fueron pasto (POP), forestal (POF) y finalmente, áreas a las que no se les identificó otro uso anterior (PO).

De acuerdo con los resultados obtenidos en aquellos suelos no autoclaveados e inoculado con AG 4 HGI CuLT-Rs-36, el tamaño de la lesión causada por la enfermedad no mostró diferencias significativas entre los diferentes grupos, no obstante que en aquellos suelos autoclaveados e inoculados con AG 4 HGI CuLT-Rs-36, el tamaño de la lesión fue mayor en aquellas plantas sembradas en los suelos provenientes de aquellos campos sin información del uso pasado del suelo (OP) sin mostrar diferencias significativas con aquellos que fueron foresta (OPFO y este a su vez no mostró diferencias significativas con aquellos suelos que tuvieron pasto (OPP), este último mostró las menores afectaciones por la incidencia de AG 4 HGI CuLT-Rs-36 de *R. solani*.

En aquellos grupos dentro de los sistemas agrícolas convencionalmente manejados fueron identificados dos grupos; en CPM se agruparon aquellos campos que fueron marabú y en CP los que no se les identificó otro uso anterior del suelo. En suelos no autoclaveados e inoculados con AG 4 HGI CuLT-Rs-36 no existió diferencias significativas en cuanto al tamaño de la longitud de la lesión entre los grupos identificados, mientras que en aquellas plantas sembradas en suelos autoclaveados e inoculados con AG 4 HGI CuLT-Rs-36 el tamaño de la lesión fue mayor en aquellos suelos provenientes de CPM que fueron marabú, difiriendo significativamente con CP donde se mostraron las menores afectaciones.

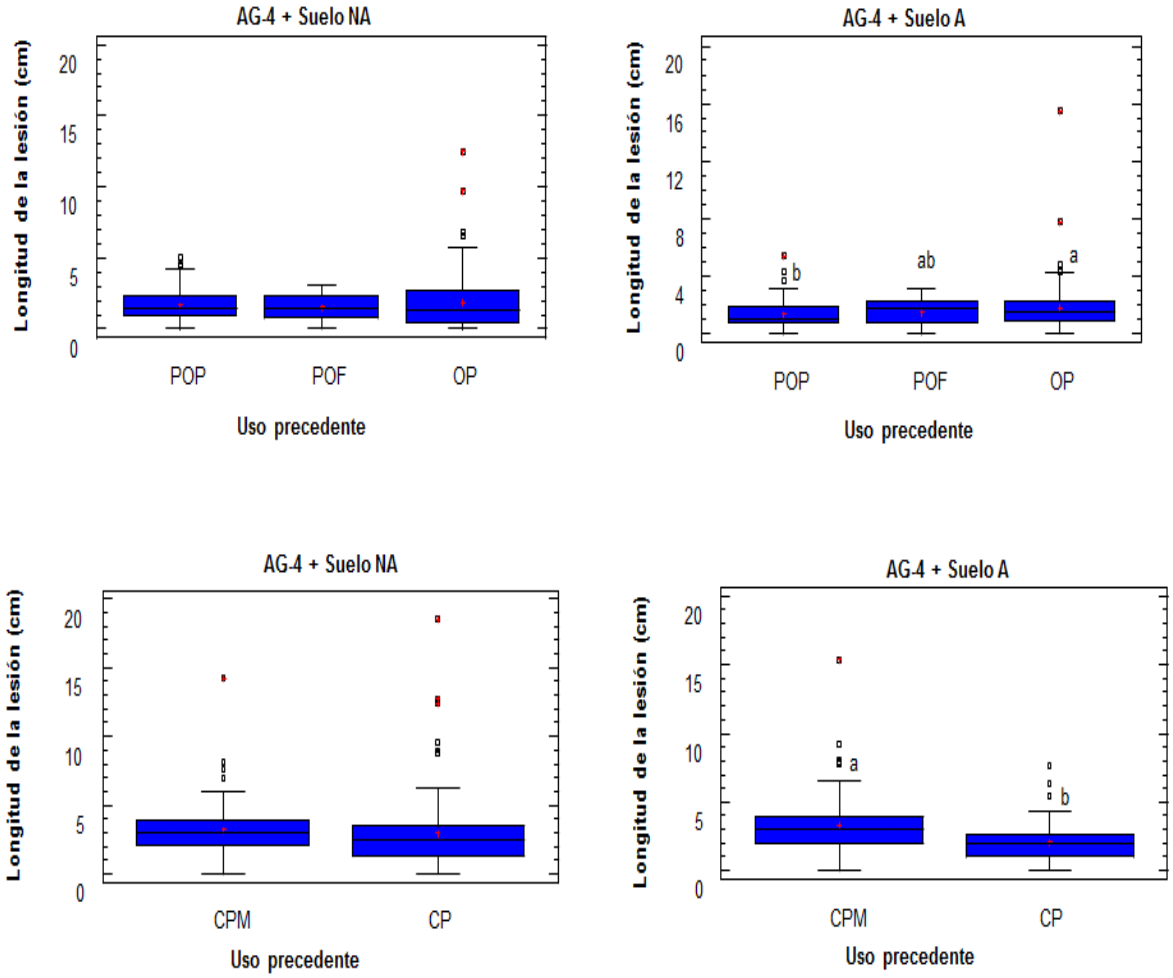

Figura 3. Longitud de la lesión causada por AG 4 HGI CuLT-Rs-36 de *R. solani* según el uso precedente del suelo. AG 4 + suelo NA (no autoclaveado) y AG 4 + suelo A (autoclaveado). Diferentes letras indican diferencias significativas entre ecosistemas estudiados según prueba DMS (P<0.05).

En estudios realizados por Voland y Epstein (1994) obtuvieron una mayor supresividad del daño provocado por *R. solani* en suelos abonados con compost, en relación con otros fertilizados con enmiendas inorgánicas. Por su parte Pankhurst *et al*. (2002) y Raaijmakers *et al*. (2009) consideran el carácter supresor a algún componente del suelo, como la compleja interacción que pueda existir entre ellos,

las cuales podrían explicar el efecto supresor o no y la eficacia del agente patógeno a través de mecanismos como competencia, antagonismo y parasitismo.

La supresión de una enfermedad está relacionada con las prácticas de manejo agrícola, donde la alta variabilidad mostrada está en dependencia a las prácticas culturales utilizadas en cada caso. El uso de enmiendas orgánicas, con un amplio espectro de prácticas como la fertilización orgánica y el uso de productos biológicos para el control de plagas como *Trichoderma*, *Beauveria bassiana*, *Verticillium*, *Bacillus turingiensis*, entre otros, favorecen la supresión de la enfermedad, comparado con aquellas áreas agrícolas donde el uso de insecticidas y fungicidas como productos químicos alteran la biología del suelo y favorecen el desarrollo de la enfermedad (Van Bruggen, 2000; Janvier *et al*., 2007).

Autores como Nico (2003) y Ros *et al.* (2010) refieren que el empleo de enmiendas orgánicas puede contribuir al control de enfermedades provocadas por hongos de suelo como una práctica cultural adoptada por los agricultores, además de mejorar sus propiedades físicas y químicas.

4.2. Evaluación de la relación entre los indicadores químicos y la afectación causada por AG 4 HGI CuLT-Rs-36 de *Rhizoctonia solani* Kühn

Del análisis general de las correlaciones realizadas puede concluirse que en los suelos no autoclaveados e inoculados con la longitud de la lesión causada por AG 4 HGI CuLT-Rs-36 disminuye cuando ascienden los niveles de MO en el suelo en ambos tratamientos, mientras que el incremento en el contenido de Na provoca un aumento en el tamaño de la lesión provocada por la cepa AG 4 HGI CuLT-Rs-36 de *R. solani* (Tabla 3).

Tabla 3. Correlaciones generales

		AG 4 + suelo NA	AG 4 + suelo A
pH-KCL	Pearson Correlation	.260	.027
	Sig. (2-tailed)	.165	.887
	N	30	30
P- Olsen (mg kg^{-1})	Pearson Correlation	.183	.345
	Sig. (2-tailed)	.334	.062
	N	30	30
MO (%)	Pearson Correlation	-.209	-.125
	Sig. (2-tailed)	.268	.511
	N	30	30
Ca (cmol kg-1)	Sig. (2-tailed)	.352	.002
	Pearson Correlation	-.056	.033
	Sig. (2-tailed)	.768	.863
	N	30	30
Mg (mg kg-1)	Pearson Correlation	-.227	-.143
	Sig. (2-tailed)	.227	.451
	N	30	30
K (mg kg-1)	Pearson Correlation	-.002	.061
	Sig. (2-tailed)	.993	.747
	N	30	30
Na (mg kg-1)	Pearson Correlation	.176	.552**
	Sig. (2-tailed)	.352	.002
	N	30	30
	N	30	30

** Correlaciones significativas para (P<0.01) * Correlaciones significativas para (P<0.05)

Estos resultados sugieren que el manejo realizado sobre el suelo influye sobre la longitud de las lesiones que ocasiona este hongo fitopatógeno, donde el empleo de enmiendas orgánicas puede contribuir al control de enfermedades provocadas por hongos de suelo (Nico, 2002). Por su parte Nerey (2009) explica que prácticas culturales como el laboreo del suelo, la rotación de cultivos, aplicación de enmiendas orgánicas, entre otras, pueden ser alternativas viables para el control de *R. solani*.

Según Orozco *et al*. (2016) el incremento en el contenido de MO refleja un aumento de los cationes intercambiables como Ca y Mg, mientras que el K y Na se ven disminuidos. Entre los principales aportes del uso de material orgánico pueden mencionarse la retención y liberación de nutrientes como N, P, K, Ca, Mg, entre otros; así como la mejora de las características físicas del suelo como la porosidad, densidad aparente, el incremento en el contenido de MO, beneficiando la aireación, controlando la acidez del suelo y multiplicando la actividad microbiológica del suelo, con un aumento significativo en las bacterias benéficas (Restrepo, 1996).

Sin embargo la toxicidad metabólica del Na está asociada con perturbaciones en la membrana celular y con la competencia por los sitios de enlace del potasio (K) esencial para el metabolismo (Bhandal y Malik, 1988; Cerdá *et al*., 1995), una alta concentración de Na desplaza los iones de calcio (Ca) de los sitios de enlace de la membrana celular en la raíz y altera su permeabilidad, lo que causa una salida de K de las células y favorece la entrada de Na favoreciendo el aumento del tamaño de la lesión y las afectaciones por patógenos en los tejidos celulares de las plantas (Cramer *et al*. 1994; Alam, 1994).

4.3. Análisis multivariado

El análisis de componentes principales (PCA) se basó en el agrupamiento de los grupos según el análisis de las componentes químicos y la incidencia de la enfermedad causada por AG 4 HGI CuLT-Rs-36 de *R. solani* (Figura 4).

Los resultados muestran los diferentes grupos según las prácticas de manejo. Las granjas privadas orgánicamente manejadas y estatales se concentran en una área menos dispersa del PCA, en comparación con aquellas granjas privadas convencionalmente manejadas las cuales se concentraron en un área más grande y dispersas dentro del PCA, como consecuencia de las diferentes prácticas de manejos usadas dentro de este sector.

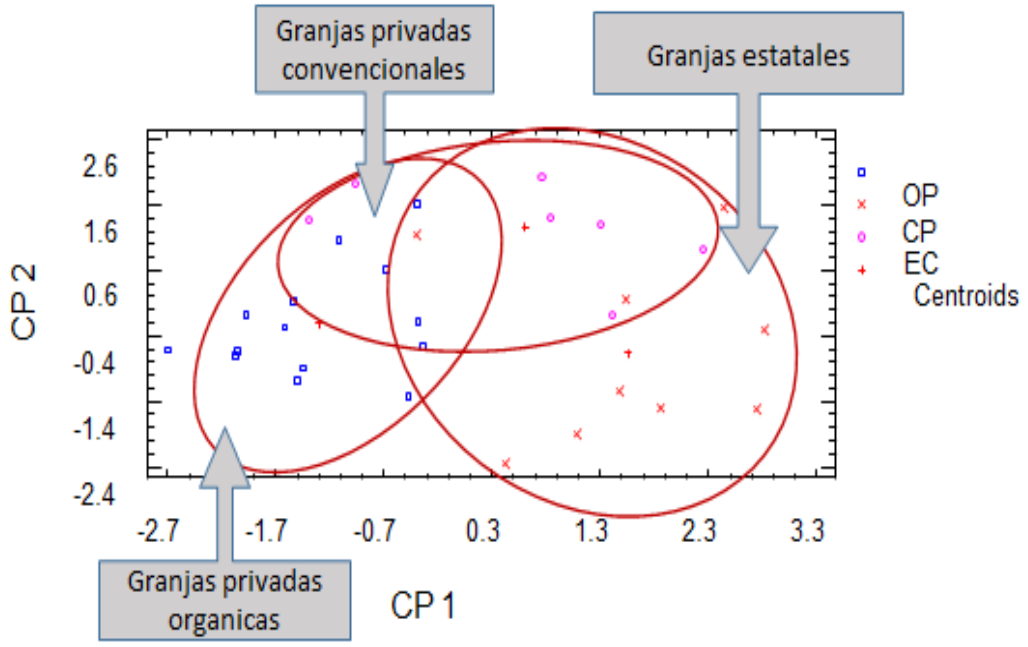

Figura 4. Análisis Multivariado (PCA) de los indicadores por sistema agrícola.

El contenido de materia orgánica en sistemas agrícolas bajo diferentes manejos está en correspondencia con las prácticas de suelo realizadas, mostrando un incremento en aquellos sistemas con baja intervención además de un contenido intermedio de MO en los agroecosistemas estatales (Valladares, 2016).

Según Karlen *et al*. (1997) la materia organica es un indicador que es afectado por varios procesos en el suelo relacionados con el ciclo de nutrientes, la retención de agua y la estructura del suelo los cuales también se ven afectados por el uso intensivo de pesticidas fertilizantes y prácticas de cultivo. Por su parte John (2003) refiere que los mecanismos por los cuales se estabilizan los contenidos de MO en el suelo han sido poco comprendidos, debido al rol y complejidad de numerosos factores que interactúan entre sí, entre los cuales podemos mencionar los factores climáticos, la propia naturaleza de los suelos, el manejo agrícola y la biota edáfica.

4.4. Identificación de hongos asociados con la supresión de *R. solani*

Los hongos aislados de los diferentes campos se muestran en la tabla 2. En aquellos suelos provenientes de OP fueron identificado el género *Aspergillus* sp. y *Penicillium* en todos los campos orgánicamente manejados, mientras *Trichoderma* fue identificado en OP1, O2, OF2 y O6.

Los géneros de hongos pertenecientes a los géneros *Cunningamella* y *Phytium* fueron los menos representativos y en aquellos suelos provenientes de CP se identificó a *Fusarium* con una mayor representatividad, seguido de *Trichoderma.* Los géneros *Aspergillus Penicillium* y *Rhizopus* fueron identificados con baja representatividad.

Finalmente en los suelos provenientes de EC se identificó a *Aspergillus* y *Fusarium* con mayor representatividad comparado con otros géneros de hongos identificados como *Penicillium*, *Rhizopus*, *Cunningamella* y *Trichoderma* los cuales tuvieron una baja representatividad.

Tabla 4: Identificación de los hongos aislados de los sistemas agrícolas

Identificación de hongos	**Lugar de origen**
Aspergillus vesicolor	OP2, O5
Aspergillus fumigatus	CPM2
Aspergillus terreus	CPM3
Aspergillus flavus	OP4
Aspergillus sp.	O1, OP2, O4, OP3, OP4, OF2, O5, CP2, CPM1, CP5, CS5
Penicillium italicum.	OP2, O3, CPM2, CP5
Penicillium sp.	O1, O3, OF1, O6, CP1, CP3, CPM3, CS1
Trichoderma sp.	O2, O5, CPM2, CP6, CPM3, CPM4, CS1, CS2, CS3, CS6
*Rhyzopus*sp.	O2, OF1, CP4, CS8
Cunningamella sp.	OP2, CS7
Fusarium sp.	O6, CP3, CP4, CP5, CP6, CPM3, CPM4, CS5, CS7
Pytium sp.	O6, CPM2, CPM3

Autores como Upadhyay y Bharat (1987) muestran el antagonismo entre *Fusarium udum* Butler y la microflora saprofitica en la región de la raíz de plantas hospederas. Esta interacción entre las colonias ha sido tomada como referencia identificando algunas especies de hongos en el género *Aspergillus* y *Penicillium* como antagonistas eficaces contra hongos patógenos del suelo (Nakasaki y Suzuk, 2007).

Rachid y Mohamed (2010) identifican a *Trichoderma viride*, *Phomosis, Aspergillus* y *E. nigrum* como los géneros de hongos con una elevada inhibición en dependencia al tipo de antagonismo, señalando a *Trichoderma viride* como el hongo con la más alta acción inhibitoria a *R. solani*. Autores como Herrera y Chet, (1999) señalan que *Trichoderma* ha sido reportado por la forma especializada de sus estructuras bajo contacto con estos, en particular los coloides micoparasíticos alrededor de la hifa del hospedero.

El efecto supresivo de enmiendas orgánicas sobre determinados hongos patógenos de suelo ha sido atribuido a diferentes causas entre las que se mencionan la liberación de metabolitos con acción inhibitoria sobre el patógeno y la ocurrencia de fenómenos de antagonismo dentro del control biológico (Nico *et al*., 2003). Por otro lado Whipps (2001) también menciona que la competencia por los nutrientes y el espacio es otro posible mecanismo por la supresión o reducción de la infección por el patógeno.

Conclusiones

1. La incidencia de la enfermedad y afectación causada por AG 4 HGI CuLT-Rs-36 de *R. solani* mostró diferencias entre los sistemas agrícolas evaluados. Esta fue menor en aquellos sistemas orgánicamente manejados y mayor en los sistemas privados bajo manejo convencional.

2. El uso previo influyó en la afectación causada por AG 4 HGI CuLT-Rs-36, mostrando en los sistemas orgánicos, las mayores afectaciones estuvieron en las plantas sembradas en suelos orgánicos sin información y menor en aquellos suelos que presentaron pasto.

3. La afectación causada por AG 4 HGI CuLT-Rs-36 en los sistemas convencionales el mayor tamaño de la lesión fue observado en plantas sembradas en suelos convencionales que tuvieron marabú y fue menor en aquellos sin información sobre su uso previo.

4. Las afectaciones causadas por AG 4 HGI CuLT-Rs-36 de *R. solani* aumentaron con el incremento de Na en el suelo según las correlaciones realizadas.

5. Los géneros de hongos identificados en los suelos de estos sistemas asociados a la supresión de AG 4 HGI CuLT-Rs-36 de *R. solani* fueron *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Rhizopus*, *Cunningamella*, *Phoma*, *Fusarium* y *Pytium*.

Recomendaciones

1. Continuar los estudios para evaluar los efectos de las prácticas agrícolas sobre el efecto supresivo de los suelos sobre la enfermedad causada por AG 4 HGI CuLT-Rs-36 de *R. solani* así como sus interacciones con indicadores de calidad del suelo.

Bibliografía

Abawi, G.S. 2009. Root rot diseases of beans, management options, and the connections between soil health and root health. Disponible en: http://www.congresofrijol.com/uploads/resumenes/abawi.abstr.zac09.pdf

Aborgánicos del Huila. 2004. Fertilizantes orgánicos, Preparación de fórmulas y mezclas especiales de acuerdo al análisis de suelo y tipo de cultivo. Copyright 1999-2004. Buenos Aires, Argentina.

Alam, S.M (1994) Nutrient uptake by plants under stress condition. In: Handbook of Plant and Crop Stress. M Pessarakli (ed). Dekker, New York. pp:227-243.

Allen, P. 1992. La agricultura sostenible biológica. Asociación Vida Sana Barcelona. Documentación, Pp. 1-18.

Altieri, A.M. 1996. Bases Agroecológicas Para una Agricultura Sustentable. Agroecología y Agricultura Sostenible. Módulo 1. 122-149.

Altieri, M.A. 2004. Linking ecologists and traditional farmers in the search for sustainable agriculture. . Frontiers in Ecology and the Environment. 2, 35–42.

Arnaez, N., Arzadun, P. y Gómez Pescador, I. 2012. Mondragon: integrando la RSE en su Modelo de Gestión Corporativo, VII Congreso Internacional Rulescoop, Valencia – Castellón.

Arrastía y Limia. 2011. Energía y Cambio Climático. Soil Cone Penetrometer. Ed. Editorial Academia, La Habana, Cuba, Asae. 313.1.

Ascanio, M.O. 2004. Suelos cañeros en Veracruz y Oaxaca, cambios globales y ambiente. . México: Editora Univ. Veracruzana. 285 pp.

Barnett, H.L. y Hunter B.B. 1999. Illustrated genera of imperfect fungi. The American Phytopathological Society Press. USA. 218 p.

Bautista, C.A., Etchevers, J.B., Del Castillo R.F. y Gutiérrez C. 2004. La calidad del suelo y sus indicadores. Ecosistemas 13 (2): 90-97. (url: http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?id=149 consultado: 11/06/2016; 15:18 horas).

Bhandal I S, C P Malik. 1988. Potassium estimation, uptake and its role in the physiology and metabolism of flowering plans. Internat. Rev. Cytol. 110:205-254

Blakes PA, Merson H, Weave RE, Aollis DG, Heublein PC. 1979. Disease caused by a marine Vibrio: Clinical characteristics and epidemiology. N Engl J Med;300:1-5

Blakkes, J.A; Van Den Bom, G.J.; Helder, J.C.; Swart, R.J.; Hope, C.W. y Parker, J.D.E. 1994. An overview of environmental indicators. State of the art and perspectives.

Boehm, M.J., Madden, L.V y Hoitink, H.A.J. 1993. Effect of organic matter decomposition level on bacteria species diversity and composition in relationship to Pythium damping-off severity. Applied and Environmental Microbiology 59: 4171-4179. Cook, RJ. y Baker, KF. (1983)-The Nature and Practice of Biological Control of Plant Pathogens. The American Phytopathological Society, St. Paul, MN.

Bot y Benites, J.R. 2005. The importance of soil organic matter. Key to drought-resistant soil.

Botero, R., y Russo, O.R. 1999. Utilización de árboles y arbustos fijadores de nitrógeno en sistemas sostenibles de producción animal en suelos ácidos tropicales. en conferencia electrónica de la FAO sobre agroforesteria para la producción animal en latinoamérica.

Cairo y Fundora, H., O. 2005. Edafología. Editorial Félix Varela. La Habana, 382 pp.

Cairo, P.; Carvajal, M. y Machado, J. 1996. Como mejorar la bioestructura de suelos degradados de la provincia de Santis Espíritus. Rev. Agric. Orgánica. N. 3. Pp. 7.

Campell, C.; Pennypacker, P. 1980. Distribution of hypocotyl rot caused in snap bean by *Rhizoctonia solani*. Phytopathology 70:521-525.

Cantú, M.P.; Analia; Bedano, J.C. y Schiviavo, H.F. 2007. Evaluación de la calidad de suelos mediante el uso de indicadores e índices. Ciencias del Suelo. 25 (2): 173-178.

Cantú, MP; AR Becker y JC Bedano. 2003. Aplicación del modelo Presión Estado y Respuesta (PSR) para evaluar la calidad ambiental en la región central de Argentina. Medio Ambiente Siglo XXI (MAS XXI) CD. Editorial Feijóo. 8 pp.

Cardoso, J.E.; Echandi, E. 1987. Biological control of Rhizoctonia root of snap bean with bi-nucleate Rhizoctonia like fungi. Plant Disease 71:167-170.

Chacón Iznaga, A. 2014. Vis/NIR spectroscopic measurement of selected fertility parameters of Cuban agricultural soils. Tesis de doctorado. Universidad Católica de Lobaina, Bélgica.

Cook, R.J. y Baker, K.F. 1983. The nature and practice of biological control of plant pathogens. The American Phytopathological Society, St. Paul, Mn.

Corbella, R. 2006. Materia Orgánica del Suelo. Facultad de Agronomía y Zootecnia. Argentina, Universidad Nacional de Tucumán.

Cramer, G.R., Alberico, G.J. y Schmidt, C. 1994. Salt tolerance is not associated with sodium accumulation of two maize hybrids. Aust. J. Plant Physiol. 21:675-692.

Crous, P.W.; Gams, W.; Stalpers, J.A.; Robert, V. y Stegehuis, G. 2004. MycoBank: an online initiative to launch mycology into the 21st century. Studies in Mycology, 50: 19-22.

Di Ciocco, C.A.; Sandler, R.V.; Beatriz falco, L. y Coviella, C.E. 2014. Actividad microbiológica de un suelo sometido a distintos usos y su relación con variables físico- químicas. (Spanish). Microbiological activity of a soil under different uses and its relation with physico-chemical variables. (English), 46(1), 73–85. Retrieved

from http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=zbh&an=97517008&lang=e s&site=ehost-live

Díaz, C.M. y Herrera, I.L. 2000. Incidencia de *Rhizoctonia solani* kühn, *Sclerotium rolfsii* sacc. y *Macrophomina phaseolina* (tassi) goid. En diferentes variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), en tres épocas de siembra. Centro agrícola 2:56.

Domsch, K., Gams, W. y Anderson, T. 1980. Compendium of soil fungi. Academic Press. London. 859 pp.

Doran, J.W. y Parkin, T.B. 1996. Quantitative indicators of soil quality: a minimum data set. In J.W. Doran and A.J. Jones, eds. Methods for assessing soil quality. Sssa, inc., Madison, Wisconsin, USA. In: http://soilquality.org/indicators.html

Dumanski, J. 1994. Sustainable and management for the 21st century. International workshop on sustainable and management for the 21st century.

Elad, Y., Chet, I. y Henis, Y. 1982. Degradation of plant pathogenic fungi by Trichoderma harzianum. Canadian Journal of Microbiology 28, 7 19-725.

Galindo, J.J. Abawi, G.S. y Thurston, H.D. 1982. Web blight of beans on small farms in Central America. New York's Food and Life Sciences Quarterly 14:21-25.

Gálvez, I. 2008. Efecto del uso del suelo sobre la descomposición de la hojarasca y grupos funcionales microbianos (Cuenca del Río La Vieja, Quindío). . Trabajo de Grado., Bogotá, CO: Pontificia Universidad Javeriana. Escuela de Microbiología Agrícola y Veterinaria.

Gill, J.S., Sivasithamparam, K. y Smettem, K.R.J. 2000. Soil types with different texture affects development of Rhizoctonia root rot of wheat seedlings. Plant and soil 221:113-120.

González, A.M. 1998. Enfermedades fungosas del fríjol en Cuba. Científico Técnica, La Habana. 152 p.

González, Y. 2008. Aplicación de ceniza y otras prácticas como alternativa a la utilización de agroquímicos portadores de fósforo y potasio. Universidad central "Marta Abreu" de las villas facultad de ciencias agropecuarias.

Hernández M, Carlos A y Quintero, E. 2002. Posibilidad de uso de la rotación de cultivos como parte de un sistema de manejo integrado de *Sclerotium rolfsi* Sacc. para el cultivo del fríjol en la zona central de cuba." Cuadernos de fitopatología. Revista de Fitopatología y Bromatomología. 2002, 74(4to trimestre) pp 124-126.

Hernández, A.J.; Pérez, J. M.; Bosch, D.I.; Castro, N. 2015. Clasificación de los suelos de cuba 2015. Ediciones inca, cuba, 2015. ISBN: 978-959-7023-77-7.

Hernández, A.M.F. 2005. Función ecológica de los suelos y su transformación de los ecosistemas a agro-sistemas. Suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados. Conferencia. En: Encuentro Nacional De Papa. Inca, La Habana (6:2005).

Hernández. H. 2018. Comunicación personal.

Herrera, Estrella A. y Chet I. 1999. Chitinases in biological control. E 87: 171–184.

Herrera, I.L., Camara, M. y Galantai, E. 1988. Bioecología y métodos de lucha contra hongos fitopatogenos del suelo en cuba. Tesis. Universidad central de las villas. 68 p.

Hornby, D. 1983. Suppressive soil. Annual review of phytopathology 21: 65-85.

Hornby, D. y Bateman, G.L. 1997. Potential use of plant root pathogens as bioindicators of soil health. In Biological Indicators of Soil Health (Eds. Pankhurst, B.M. Doube and VVS.R. Gupta), pp. 179-200. CAB International, Wallingford, UK.

Humber, R.A. 1997. Fungi: Identification. In: Lacey, L. (ed.) Manual of Techniques in Insect Pathology. San Diego, California. Academic Press. 153-185.

Hyakumachi, M., Kanzawa, K. y Ui., T. 1990. Rhizoctonia root rot decline in sugar beet monoculture. In Biological Control of Soil-borne Plant Pathogens (Ed D. Hornby), pp. 227-247. CAB International, Wallingford, UK.

Janvier, C.; Villeneuve, F.; Alabouvette, C.; Edel-Hermann, V.; Mateille, T. y Steinberg, C. 2007. Soil health through soil disease suppression: Which strategy from descriptors to indicators? Soil Biology and Biochemistry, 39: 1-23.

John. 2003. Carbon turnover in aggregated soils determined by natural 13C abundance. PhD University of Goettingen.

Karlen, D., Mausbach, M, Doran, J, Cline, R, Harris, R. y Schuman, G. 1997. Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. Science Society of America J. 61: 4-10.

Kolmans y Vásquez, D. 1996. Manual De Agricultura Ecológica. Ed. Enlace. Managua. 219 p.

Kozlowski, D. 1998. El avance de la agricultura sostenible en América latina. En www.cied.org.pe/bae/b62ed.htm. Agroecológica y desarrollo 10.clades.

Leach, L.D. y Garher, R.H. 1970. Control of Rhizoctonia. In: Biology and Pathology of Rhizoctonia solani (Ed. by J. R. Parmeter, Jr.), pp 189-198, Univ. of Calif. Press, Berkeley

Martínez, R.; López M.; Dibut B.; Parra C. y rodríguez J. 2008. La fijación biológica del nitrógeno atmosférico en condiciones tropicales. Servicio autónomo de sanidad agropecuaria, ministerio del poder popular para la agricultura y tierras, gobierno bolivariano de Venezuela, caracas, Venezuela. 172 p.

Mayea, S.; Novo, R.; Boado, I.; Silveira, E.; Soria, M.; Morales, Y.; Valiño, A. 1983. Microbiología agropecuaria. Tomo I-II. Editorial Félix Varela. La Habana. Cuba.

Menzies, J. 1970. The first century of *Rhizoctonia solani* In: Parmeter, J. ed. *Rhizoctonia solani*, biology and patology. Berkeley, University of California. p. 3-5.

Murray, N., R.M., Bojórquez, S.J., Hernández, J.A. Orozco, M.G., García, J.D., Gómez, A.R., Ontiveros, G.H., y Aguirre, O.J. 2011. .Efecto de la materia orgánica sobre las propiedades físicas del suelo en un sistema agroforestal de la llanura costera norte de Nayarit, México. Revista Bio Ciencias, Vol. 1 No. 3 Año 2, 27- 35. Issn.

Nakasaki K., Saito M.; Suzuk N. 2007. Coprinellus curtus (Hitoyo-take) prevents diseases of vegetables caused by pathogenic fungi. Federation of European Microbiological Societies Published by Blackwell Publishing Ltd. 286–29. DOI:10.1111/j.1574-6968.2007.00899.x.

Nerey, Y. 2009. Characterization, pathogenicity and control of Rhizoctonia spp. Associated with bean in various Cuban soil types. PhD thesis, Ghent University, Gent, 157 pp.

Nico, A.I., Mónaco, C.I., Dal Bello, G.; Alippi, H. 2003. Efecto de la adición de enmiendas orgánicas al suelo sobre la capacidad patogénica de Rhizoctonia solani: test de patogenicidad y actividad biológica de metabolitos volátiles y difusibles. RIA, 32 (3): 173-192 ISSN 0325 – 8718. INTA, Argentina.

Ochoa. 2007. Actividades enzimáticas como indicadores de la calidad del suelo en agro-ecosistemas ecológicos. Revista electrónica de la Universidad de Jaén, INIINV, 2:rl (1-10).

Oleschko, K.; Etchevers, B.J.D.;Osorio, J.L. 1993. Pedological features as indicators of the tillage effectiveness in vertisoils. Soil and Tillage Research.

ONEI. 2010. Oficina Nacional de Estadística. www.one.cu/aec2010.htm

Orozco C.A.L.; Valverde F.M.I.; Martínez T.R.; Chávez Bustillos C.; Benavides H.R. 2016. Propiedades físicas, químicas y biológicas de un suelo con manzano biofertilizado. Terra Latinoamericana 34: 441-456.

Paneque M.; Calaña, J. 2004. Conceptos prácticos para su evaluación y aplicación. La Habana. Primera Edición. Abonos Orgánicos., 7-22p.

Pankhurst, C.E.; McDonald, H.J.; Hawke, B.G.; Kirkby, C.A. 2002. Effect of tillage and stubble management on chemical and microbiological properties and the development of suppression towards cereal root disease in soils from two sites in NSW, Australia. Soil Biology and Biochemistry, 34: 833-840.

Papavisas, G.; Adams, R.; Lumsden, J.; Lewis, R.; Dow, R.; Ayers, A.; Kantzes, G. 1975. Ecology and epidemiology of *Rhizoctonia solani* L. in field soil. Phytopathology 65: 871-877.

Pound, B. 1999. Cultivos de cobertura para la agricultura sostenible en américa. Conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica.

Quintero, E. 1996. Manejo de algunos factores Fitotécnicos en fríjol común en condiciones de una agricultura sostenible. Tesis en opción al grado de master en ciencias agrícolas. UCLV, 77 pp.

Raaa, 2005. Red de acción en alternativas al uso de agroquímicos.

Raaa. 2005. Red de acción en alternativas al uso de agroquímicos.

Raaijmakers, J.M., Paulitz, T.C.; Steinberg, C., Alabouvette, C.; Moënne-Loccoz, Y. 2009. The rhizosphere: a playground and battlefield for soil-borne pathogens and beneficial microorganisms. Plant and Soil. 321: 341-361.

Rachid L. y Mohamed H. 2010. Screening, identification and evaluation of potential biocontrol fungal endophytes against Rhizoctonia solani AG3 on potato plants. Federation of European Microbiological Societies Published by Blackwell Publishing Ltd. In website http://femsle.oxfordjournals.org

Restrepo, J. 1996. Abonos orgánicos fermentados. Experiencias de agricultores en Centro América y Brasil. CEDECO-OIT. San José de Costa Rica.

Ros, M., I. Rodríguez, C. García, and Hernández, T. 2010. Microbial communities involved in the bioremediation of an aged recalcitrant hydrocarbon polluted soil by using organic amendments. Bioresour. Technol. 101: 6916-6923.

Ruiz G., Águila E.A., Fernández O. M., Moeskop B., Buchand D., De Hasse L., De Hasse M. and De Neve S.. 2013. Soil quality under different farming systems in Santa Clara, Cuba. Communication in soil sciences and plant analyses. 44(1-4): 195-204.

Sánchez, V.J. 2007. Fertilidad del suelo y nutrición mineral de plantas.

Scholten, O.E.; Panella, L.W.; De Bock, T.M.S. y Lange, W. 2001. A greenhouse test for screening sugar beet (*Beta vulgaris*) for resistance to *Rhizoctonia solani*. European Journal of Plant Pathology, 107: 161-166.

Seifert, K.; Morgan-Jones, G.; Gams, W. and. Kendrick, B. 2011. The genera of hyphomycetes. APS press, MN, USA. 997 p.

Shibu, J. 2009. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: overview. Agroforestry Systems., 76: 1-10.

Simón, G.L. 1998. Del monocultivo del pasto al silvopastoreo. La experiencia de la EEPF “Indio Hatuey”. Los árboles en la ganadería. Tomo 1. Silvopastoreo. Matanzas. 9-18p.

Soil Quality Institute (SQI). 1996. Indicators for soil quality evaluation.

Suquilanda, M. 2003. Agricultura Orgánica : Alternativa tecnológica del futuro. FUNDAGRO. Ed. Abya Yala. Quito, EC. 650 p.

Tenuta M., Lazarovits G., 2002. Ammonia and nitrous acid from nitrogenous amendments kill the microsclerotia of *Verticillium dahliae* Phytopathology 92 : 255-264.

Ulloa, J.A.; Ulloa, P.R.; Ramírez, J.C.R.; Ulloa, B.E.R. 2011. El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos, Revista Fuente Año 3 No. 8 Julio - Septiembre 2011. ISSN 2007 – 0713.

Upadhyay R.S. y Bharat Rai. 1987. Studies on antagonism between Fusarium udum butler and root region microflora of pigeon-pea. Plant Soil 101: 79–93.

USDA. Soil Survey Staff. 1999. Key to soil taxonomy. SMSS monograph no 19, 5th editions, Blacksburg, Virginia, USA, 541pp.

Valladares, L. 2016. Efecto de las prácticas agrícolas sobre la mesofauna del suelo en agroecosistemas de Santa Clara. Tesis para aspirar al Título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Central “Marta Abreu” De Las Villas.

Van Bruggen, A.H.C. and Semenov, A.M. 2000. In search of biological indicators for soil health and disease suppression. Applied Soil Ecology, 15: 13-24.

Van Bruggen, AH. C. y N.J. Grunwald. 1996. Tests for risk assessment of root infection by plant pathogens. InMethods for Assessing Soil Quality (Eds J.W' Doran and AI. Jones), pp. 293-310. Soil Science Society of America Inc., Madison, W.I.

Vilches-Eneida., Nunez-Eneida., Costales-Daymi. 2000. Efecto de la co-inoculación *Rhyzobium leguminosarum*- eiseniafoetida, con o sin estiércol sobre la nodulación y algunos parámetros del desarrollo del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). En programas y resúmenes . XII seminario científico. 14-17 noviembre. 204 p.

Villarreal Núñez, J.E. 2010. Determinación de un índice de calidad del suelo en áreas productoras de banano (Musa x Paradisíaca L.) de la vertiente del pacifico de panamá.

Voland, R.P. y Epstein, A.H. 1994. Development of Suppressiveness to Diseases Caused by Rhizoctonia solani in Soils Amended with Composted and Non composted Manure. Plant Dis. 78, 461-466.

Vrindts, E.A. 2005. Management zones based on correlation between soil compaction, yield and crop data. Biosystems Engineering, 92 (4): 419-428.

Walkley, A. y Black I. 1947. Determination of organic matter in the soil by chromic acid digestion. Soil Science 63:251–264.

Weller, D.M.; Raaijmakers, J.M.; Mcspadden, B.B. y Thomashow, l.S. 2002. Microbial populations responsible for specific soil suppressiveness to plant pathogens. Annu. Rev. Phytopathol., 40: 309-348.

Whipps JM. 2001. Microbial interactions and biocontrol in the rhizosphere. J. Exp. Bot. 52: 487–511.

Wildin, H.J. 1986. Alley farming and the humid and subhumid tropics. Proceedings of and international workshop held at Ibadan, Nigeria. Trees in forage systems. 71-81p.

Wiseman, B.M.; Neate, S.M.; Keller, K.O. y Smith, S.E. 1996. Suppression of *Rhizoctonia solani* anastomosis group 8 in Australia and its biological nature. Soil biology and biochemistry 28: 727-732.

Workneh, E, Van Bruggen, AH. C., Drinkwater, L E., y Shennan, C. 1993. Variables associated with corky root and Phytophthora root rot of tomatoes in organic and conventional farms. Phytopathology 83: 581-589.

Anexos

Anexo 1: Caracterización de los sistemas agrícolas evaluados

Sistemas agrícolas	Manejo	Uso anterior	campo	Rotación y cultivo intercalado	Manejo
Rubén Torres	PO	OP1	1	Pasto y caña de azúcar en el pasado aproximadamente 25 años; ahora rotación de cultivos de tomate yuca maíz, boniato y frijol.	Preparación del suelo con tracción animal. Fertilización: Fertilización con humus de lombriz (7 t/ha). uses pesticida: no use
		O1	2	Pasto y caña de azúcar en el pasado aproximadamente 25 años; ahora rotación de cultivos de tomate, maíz y frijol	
		OP2	3	Pasto y caña de azúcar en el pasado aproximadamente 25 años; Pasto y caña de azúcar en el pasado aproximadamente 25 años intercalado de coco, frijol y maní.	
Roberto Marrero (Liborio)	PO	O2	1	Aproximadamente 20 años de rotación de cultivos de yuca, tomate y maíz.	Preparación del suelo con tracción animal. Fertilización: compost y estiércol. Pesticida uses: no usa
		O3	2	Aproximadamente 20 años de rotación de cultivos de yuca, tomate y maíz.	
		O4	3	Aproximadamente 20 años de rotación de cultivos de yuca, tomate y maíz.	
Omar Zamora	PO	OP3	1	Pasto en el pasado por 15 años; ahora rotación de cultivos de maíz, frijol y yuca.	Preparación del suelo: animal tracción, uso de barreras muertas y canales de deviación para prevenir la erosión del suelo. Fertilización: humus de lombriz, compost, residuos de cultivo, y estiércol (6-7 t/ha). No hace uso de pesticidas
		OP4	2	Pasto en el pasado por 15 años; ahora rotación de cultivos de yuca, maíz, frijol y boniato.	
José I. Baracoa	PO	OF1	1	Bajo forestal en el pasado; ahora rotación de cultivos con frijol, pepino, melón y boniato.	Preparación del suelo con tracción animal. Fertilización: humus de lombriz, compost, residuos de cultivo, y estiércol. No usa pesticidas (usa cultivos barreras, Fitomas-E y *Trichoderma*, *Verticillium, Bauberia bassiana, Bacillus turingiensis, Heterorrabditis* and *Trichogranma.*
		OF2	2	Bajo forestal en el pasado; ahora rotación de cultivos con yuca, maíz, boniato y frijol.	
Andrés Ramos	PO	O5	1	Alrededor de 15 años bajo rotación de cultivos de boniato y frijol intercalado con banana.	Preparación del suelo con tracción animal, usa barreras vivas para la conservación del suelo y fertiliza con compost y estiércol (gallina), no usa plaguicidas: químicos y usa cultivo intercalado para el control de plagas (*Beauveria bassiana* y ferromonas en boniato y *Trichoderma* en frijol)
		O6	2	Alrededor de 15 años bajo rotación de cultivos de boniato y frijol intercalado con banana.	

Anexo 1: Caracterización de los sistemas agrícolas evaluados

Sistemas agrícolas	Manejo	Uso anterior	campo	Rotación y cultivo intercalado	Manejo
Guillermo Sosa	PC	CP1	1	Rotación de cultivos de frijol, pepino, boniato y ajo	Preparación del suelo con tracción animal. Fertilización: NPK, Nitrate, Urea, Fitomas-E, y estiercol. Use para el control de plagas fungicidas (Supermeteoro-2000), insecticida (Monarca) y herbicida (Glyphosate).
		CP2	2	Rotación de cultivos de frijol, pepino, boniato y ajo	
Carlos Hurtado	PC	CPM1	1	Áreas que fueron pasto y marabú en el pasado y ahora bajo rotación de cultivo de yuca, maíz y frijol.	Preparación del suelo con tracción animal. Fertilización: NPK, Nitrato y Urea. Usa fungicidas para el control de plagas (Titan, Tamaron y Glyphosato).
		CPM2	2	Áreas que fueron pasto y marabú en el pasado y ahora bajo rotación de maíz, boniato, pepino, yuca, calabaza y tomate.	
Orlando Rodríguez (Patilla)	PC	CP3	1	Bajo rotación de pepino, tomate, calabaza y ajo.	Preparación del suelo con tracción animal. Fertilización con NPK y Urea. Uso de pesticidas químicos Karate, Cipermetrina, Peltrán, Mancozeb, Zineb y Cu.
		CP4	2	Bajo rotación de ajo, tomate calabaza y frijol.	
Michel Morales	PC	CP5	1	Rotación de cultivos de tomate y pepino en el pasado, ahora monocultivo de tomate.	Preparación del suelo con tracción animal (buey) y, ocasionalmente, utiliza tractor. Fertilización con NPK, Nitrato (0.1 t/ha), y Urea (0.1 t/ha). Use de pesticidas químicos Sencor, Zineb, Mancozeb, y Parathion (0.5 t/ha).
		CP6	2	Rotación de cultivos de tomate, maíz, tomate y yuca.	
Lázaro Suárez	PC	CPM3	1	Rotación de cultivos en el pasado seguido de 10 años bajo marabú y ahora bajo rotación de cultivos de pepino, yuca, tomate y papaya.	Preparación del suelo con tractor y tracción animal. Fertilización con NPK (4 t/cab.), Nitrato (0.1 t/ha), y Urea (0.1 t/ha). Use pesticidas químicos como Tamaron y Bi-58 (0.5 t/ha).
		CPM4	2	Rotación de cultivos en el pasado seguido de 10 años bajo marabú y ahora bajo rotación de cultivos de remolacha, ajo y yuca.	

Anexo 1: Caracterización de los sistemas agrícolas evaluados

Sistemas agrícolas	Manejo	Uso anterior	campo	Rotación y cultivo intercalado	Manejo
Albarrán	EC	EC1	1	Alrededor de 30 años bajo rotación de cultivos de calabaza, **garbanzo** y frijol	Preparación del suelo con tracción mecanizada con tractor. Fertilización: alto use de agroquímicos NPK (6-19 t/cab), Urea (0.75-1.5 t/cab.). Uso de pesticidas (Tamaron, Zineb, Cosmos, Rydomil, Cu, Desire, Gesapac, Gesagard, Glyphosfato, etc.). Más de 30 años en explotación.
		CS2	2	Alrededor de 30 años bajo rotación de cultivos de banana, **calabaza** y garbanzo	
		CS3	3	Alrededor de 30 años bajo rotación de cultivos de **banana**, calabaza y garbanzo	
		CS4	4	Alrededor de 30 años bajo rotación de cultivos de garbanzo, **calabaza** and garbanzo	
Pararrayo	CS	CS5	1	Alrededor de 30 años bajo rotación de cultivos de boniato, frijol y **maíz**	Preparación de suelo con tracción mecanizada con tractor. Fertilización: alto use of agroquímicos en papa y boniato con NPK y Urea. Uso de pesticidas Sintético y biológico; pesticidas como Leopard, Gesapac, Gesagard, Glyphosfato, Tamaron, etc.
		CS6	2	Alrededor de 30 años bajo rotación de cultivos de tomate, boniato, banana y **maíz**.	
		CS7	3	Alrededor de 30 años bajo rotación de cultivos de **boniato**, frijol y maíz.	
		CS8	4	Alrededor de 30 años bajo rotación de cultivos de tomate, **boniato**, papaya, banana y maíz	
Sistema Natural	SN	SN	1	**Forestal** (*Guazuma tomentosa* Kunth, *Samanea saman* (Jacq.) Merr. *Cecropia schreberiana* Miq. *Roystonea regia* (Kunth) O. F. Cook, *Mangifera indica* L.).	Sistema natural (patrón de referencia)

Anexo 2. Caracterización de los indicadores químicos según el manejo del suelo

Manejo	pH (KCl)	Media de rango	MO (%)	Media de rango	P-Olsen (mg kg-1)	Media de rango	Ca (cmol kg-1)	Mg (cmol kg-1)	K (cmol kg-1)	Na (cmol kg-1)
PO	6,30	53,6 (0,28)^{b}	2,29	63,83 (0,18)^{a}	2,11	41.10 (2,22)^{b}	30,09 (31,43)^{b}	9,40 (0,60)^{b}	4,02 (2,47)	0,22 (0,21)^{ab}
PC	6,07	44,90 (0,44)^{c}	1,92	41.43 (0,45)^{b}	5,99	90.32 (10,45)^{a}	23,50 (13,70)^{b}	12,60 (0,69)^{a}	4,78 (3,05)	0,27 (0,12)^{a}
EC	6,86	90,30 (0,02)^{a}	2,49	79.34 (0,06)^{a}	2,64	52,31 (3,11)^{b}	48,98 (42,76)^{a}	8,30 (0,29)^{b}	3,77 (0,82)	0,15 (0,19)^{b}

Nota: Valores entre paréntesis indican desviación estándar. Indicadores en columnas con medias de rango fueron comprados por la prueba de Kruskall Wallis y diferentes letras indican con diferencias significativas para P<0,05. Fuente: Hernández (2018) Comunicación personal

Anexo 3. Categorías de algunas propiedades químicas del suelo

pH-KCl	pH-H_2O	Categoría
< 3.5	< 5.0	Muy ácido
3.5 – 4.5	5.0 – 5.5	Ácido
4.6 – 5.5	5.6 – 6.0	Moderadamente ácido
5.6 – 6.0	6.1 – 6.5	Ligeramente ácido
6.1 – 7.0	6.6 – 7.5	Neutro
7.1 – 8.0	7.6 – 8.0	Ligeramente alcalino
8.1 – 8.5	8.1 –8.5	Moderadamente alcalino
> 8.5	> 8.5	Alcalino

Fuente: López *et al.,* (1981)

% de Materia Orgánica (Método de Walkley y Black)	
MO (%)	**Categoría**
< 1.5	Muy bajo
1.5 – 3.0	Bajo
3.1 – 5.0	Mediano
> 5.0	Alto

Fuente: López *et al.,* (1981)

Niveles	Bajo	Medio	Satisfactorio	Alto
P Olsen (mg P 100 g^{-1} s.s)	<1.14	1.14-2.29	2.29-4.12	>4.12

Escala empleada por Chacón (2014) a partir de Bingham (1962) y Hami (1974).