



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico del Examen de Grado de carácter Complexivo, presentado al H. Consejo Directivo como requisito previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

“Variabilidad poblacional de microorganismos en suelos agrícolas bajo sistema de manejo convencional en arroz (*Oryza sativa L.*)”

AUTOR:

Marlon Adelmo Espín Espín

ASESOR:

Ing. Agr. Eduardo Colina Navarrete, Msc.

Babahoyo- Los Ríos- Ecuador

2018



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA



TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico del Examen de Grado de carácter Complexivo, presentado al H. Consejo Directivo como requisito previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

"Variabilidad poblacional de microorganismos en suelos agrícolas bajo sistema de manejo convencional en arroz (*Oryza sativa* L.)"

COMITÉ EVALUADOR



Ing. Agr. Oscar Mora Castro, MBA.

PRESIDENTE



Ing. Agr. David Mayorga Arias, MBA.

VOCAL PRINCIPAL



Ing. Agr. Guillermo García Vásquez, Msc.

VOCAL PRINCIPAL

DEDICATORIA

A Dios: por darme la vida, salud y las fuerzas necesarias para seguir adelante y no desmayar en el difícil camino de la vida Universitarias.

A mis padres: por todo su sacrificio y esfuerzo que hicieron para que yo estudie y no abandone mi carrera universitaria.

A mi suegra: que fue un apoyo incondicional y sé que desde el cielo me cuida y me protege.

A mis hermanos, parientes y amigos: por sus sabios consejos, recomendaciones y por ser ese sendero de paciencia en todo este camino.

A mi esposa: Cindy Espín por estar con migo en todo momento y a mis amados hijos Janio Espín y Aarón Espín que son mi motor.

AGRADECIMIENTOS

- A Dios por haberme dado la vida las fuerzas y la fe.
- A mis padres y demás familiares que fueron mi fuente de apoyo en toda mi vida.
- A todos mis amigos que a lo largo de esta vida universitaria conocí.
- A la Universidad Técnica de Babahoyo por darme la oportunidad de formarme académicamente, en especial a las autoridades Decano y Subdecano.
- A todos mis excelentes maestros de la carrera de Ingeniería Agronómica, por sus conocimientos, experiencias y lecciones.
- A mi tutor de titulación, el Ing. Agr. Eduardo Colina Navarrete, MSc, quien con paciencia, sabiduría y amabilidad, supo ayudarme en la realización de mi proyecto.
- A todas las personas que no nombro pero que aportaron en esta etapa de mi vida.

INDICE

I. INTRODUCCION.....	1
1.1 Objetivos específicos.....	3
II. DESCRIPCION DEL PROBLEMA.....	4
2.1 Problemáticas del cultivo.....	4
III. PREGUNTAS ORIENTADAS.....	6
3.1 Preguntas de investigación.....	6
IV. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	7
4.1 Afectaciones en los suelos.....	7
4.2 Importancia del cultivo de arroz.....	8
4.3 Microorganismos del suelo.....	10
4.3.1 Uso de microorganismos.....	13
4.3.2 Microorganismo asociados a plantaciones de arroz.....	13
V. METODOLOGIA.....	17
VI. SITUACIONES DETECTADAS.....	19
VI. SOLUCIONES PLANTEADAS.....	20
VII. CONCLUSIONES.....	21
IX. RECOMENDACIONES.....	22
Resumen.....	23
X. BIBLIOGRAFIA.....	24

I. Introducción

El Arroz (*Oryza sativa*), es un cereal perteneciente a la familia Poaceae. De mucha importancia en el mundo y Ecuador, porque es un producto de alimentación básica en la dieta humana. Además, por constituirse en una fuente de empleo para los sectores rurales de Asia (continente con mayor producción de arroz), aunque también el arroz es ampliamente cultivado en África y América. A nivel mundial, en América Latina y el Caribe se siembran alrededor de 153 millones de hectáreas en el mundo, las cuales producen 608 millones de toneladas métricas de arroz cáscara.

La producción de arroz en América Latina representa el 4 % del total mundial, por lo cual incrementar la producción es una necesidad prioritaria para asegurar el suministro del grano a la población cada vez mayor y garantizar la disponibilidad de este alimento básico a precios favorables¹.

El cultivo de esta gramínea tiene vestigios en antiguas civilizaciones, hallados principalmente, en países del continente asiático tales como Tailandia o China, razón por la cual a dicha región se la considera como la cuna de la gramínea².

Es uno de los cultivos más extendidos en el Ecuador, en lo que se refiere al ámbito social y productivo tiene gran importancia, ya que es el principal sustento económico de los agricultores y base de la alimentación de la población ecuatoriana. En el año 2017 se sembraron 391 756 ha de arroz y las principales provincias productoras fueron: Guayas con el 67,27 % de la producción nacional con un rendimiento de 3,99 t/ha y Los Ríos con el 27,49 % (3,48 t/ha) (MAGAP 2017).

El cultivo no tan solo se siembra en zonas con riego tecnificado, sino que también se lo puede realizar en zonas altas y bajas, con un índice de

¹ Fuente: FAO, 2018. Estadística mundial de arroz. FAOSTAT. Disponible en www.faostat.org

² Fuente: Wikipedia 2018. Historia del arroz. Disponible en www.wikipedia.com

precipitación media. En la provincia de Los Ríos se reportan anualmente una precipitación comprendida entre los 900 a 1 250 mm y en Guayas entre 1 200 a 1 500 mm. Durante todo su ciclo, el promedio de agua que requiere el arroz es de 15 000 m³/ha dependiendo de varios factores como lo son las lluvias, tipo de suelo y clima.

En nuestro país especialmente en la zona subcentral (Los Ríos), los problemas de erosión han causado pérdida de biodiversidad, pérdida de suelos y daños en la estructura del suelo. La mala estructura del suelo debido al aumento de labranza convencional, así como el encharcamiento y la compactación del mismo por estos problemas, reducen en gran cantidad la absorción de nutrientes y actividad microbiana, debido a que se reduce la cantidad de oxígeno del suelo.

En estudios realizados se indica que la labranza convencional es una de las principales causas de las pérdidas de suelos, especialmente en países en desarrollo. Se puede deducir que este proceso ha reducido los rendimientos considerablemente por el mal manejo de suelos.

Los problemas señalados han sido ocasionados en lo fundamental por prácticas inadecuadas y altamente costosas, entre las que se destacan: el monocultivo, la mecanización y los fertilizantes químicos. Estas acciones han conducido al agotamiento de los suelos, poniendo en peligro la productividad natural de los recursos básicos. Esto reduce la productividad del suelo, la producción de alimentos, elimina las coberturas vegetales y deteriora la microflora del suelo. En muchos casos la degradación genera la pérdida de productividad biológica y económica de diferentes ecosistemas.

Por este motivo se hace necesario una estimación de los principales problemas que causan la variabilidad de microorganismos en suelos arroceros, especialmente aquellos manejados de manera convencional. Con el propósito de cumplir esta actividad se plantea el siguiente ensayo.

1.1. Objetivos específicos

- A. Recopilar la información existente relacionada con la microflora en el cultivo de arroz, con énfasis en conservación de suelos.
- B. Elaborar un documento técnico basado en información pertinente sobre actividad microbiana en suelos arroceros.

II. Descripción del Problema

2.1. Problemática del cultivo.

La pérdida de la diversidad biológica es otro resultado negativo, de consecuencias impredecibles para el mantenimiento de la vida en la tierra (Pérez Consuegra, 2004). Cualquier estrategia de protección del medio natural debe asegurar la salvaguardia de la biodiversidad. El conjunto de los seres vivos que habita un país constituye un patrimonio insustituible porque cada especie, e incluso cada población, albergan en su genoma la información de millones de años de adaptaciones evolutivas. Los beneficios actuales que la función de estas especies nos proporcionan son relativamente desconocidos, así como lo son las insospechadas potencialidades futuras de esta colosal fuente de información (Moreno, 2001).

Al respecto refiere algunos de los principales índices utilizados para la medición de diversos atributos relacionados con la diversidad biológica y que en el caso de los índices de diversidad y los modelos para explicar la distribución del número de especies en clases de abundancias, la utilización de estas medidas se hace dentro de un contexto funcional. Es decir, se supone que la diversidad o el reparto de los individuos entre las especies es consecuencia, bien de las interacciones ecológicas entre ellos, bien de las relaciones entre estos y su medio ambiente. De este modo, los procesos producen patrones y de la observación de estos últimos pueden derivarse los primeros.

La causa de la pérdida de la diversidad biológica agrícola es el monocultivo; al desarrollo de éste contribuyó la mecanización temprana de las prácticas agrícolas, la cual se desarrolló como respuesta a la escasez de mano de obra. El monocultivo genera además otras prácticas agrícolas insostenibles como el uso de fertilizantes inorgánicos y de plaguicidas de síntesis química, que repercuten también en la disminución de la diversidad biológica (Pérez Consuegra, 2004).

Se estima que solo en Sudamérica de las 170 millones de hectáreas cultivadas se han perdido el 25 % debido a procesos acelerados de degradación; en su mayor parte debido a la mecanización de tierras a través de la labranza convencional lo que ha originado la baja en rendimientos los cultivos. Actualmente, uno de los principales problemas para los productores de ésta gramínea, es que aplican tecnologías convencionales de alto costo, basadas en el uso de agroquímicos aplicados en forma indiscriminada y sin ningún criterio técnico, lo que ocasiona la degradación de los suelos, contaminación del medio ambiente y un elevado costo de producción por unidad de superficie, (CEMADEC, 2002).

Los suelos necesitan nuevos manejos o métodos de producción modernos. El contenido de nutrientes varía mucho dependiendo de las condiciones climáticas, prácticas de cultivo, rotación de las cosechas, desechos de animales, incorporación de fuentes de fertilizantes y residuos de cosecha. En el Ecuador para el cultivo de arroz uno de los problemas más críticos es la deficiencia del nitrógeno y de materia orgánica de los suelos de cultivo.

Como alternativa a ésta práctica convencional de impacto ambiental, surge la necesidad de emplear estrategias agroecológicas de manejo de nutrientes en la producción de los cultivos, siendo una de estas los sistemas integrados de nutrición de plantas para favorecer la sostenibilidad agrícola mediante el uso de microorganismos de suelos aplicados como complementarias en los programas de fertilización.

Varios estudios realizados, han sugerido un fuerte impacto en las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, como producto de una variación cronológica de la cobertura vegetal y del uso al que han sido sometidos. Sin embargo, estos estudios no consideran el criterio de la erosión y de la degradación de los suelos. Muchos de éstos estudios se centran en las propiedades físicas o químicas de los suelos, pero son escasos los que consideran los impactos sobre las propiedades biológicas.

III. Preguntas Orientadas

3.1. Pregunta de investigación

¿Los aportes de microorganismos en suelos degradados de arroz, mejoraran e incrementaran la dinámica de nutrientes y su transformación?

¿El efecto de la microflora en el cultivo de arroz, mejora la absorción de elementos que se encuentran en forma insoluble para las plantas?

¿Podrá lograrse con la implementación de microorganismos, efectos positivos en suelos deteriorados y de baja fertilidad en los que se cultiva arroz?

IV. Fundamentación Teórica

4.1. Afectaciones en los suelos

A nivel mundial la población se ha incrementado considerablemente a partir de la última década, esto ha hecho que la frontera agrícola también aumente de la misma manera, superando anualmente los 2000 millones de hectáreas. Ha consecuencia de esto se han perdido cerca de 5-7 millones de hectáreas en el mundo mediante procesos de erosión irreversibles. Según el PNUMA se estima que solo en Sudamérica de las 1570 millones de hectáreas en producción cerca de un 25 %, se encuentra o está en procesos de erosión principalmente por el manejo de los sistemas de labranza (PNUMA, 2012).

Bernad, Thompson y Silke (2000) indican que la mayoría de los suelos contienen materia orgánica que deriva principalmente de la descomposición parcial de residuos vegetales. En menor cantidad pueden originarse también en restos de animales y deyecciones. Las proporciones de la materia orgánica varían desde cero, como en el caso de algunos depósitos arenosos, hasta un 95 % o más de algunas turberas, en suelos agrícolas, comunes su proporción rara vez excede del 15 %. La materia orgánica es el asiento de la mayoría de los procesos microbiológicos que se operan en el suelo y para la actividad de los microorganismos.

Cobos (2000) manifiesta que las corrientes ecológicas preocupadas siempre por preservar sano el ambiente han motivado el desarrollo de tecnología de producción que permiten obtener altos rendimientos de la cosechas sin degradar o detener los recursos naturales, por lo que hoy nuevamente como en los orígenes de la agricultura, existe una mayor preocupación por la existencia orgánica como fuente de fertilidad productiva y sostenible de los suelos, basada en la actividad microbiana del mismo.

El término biodiversidad se refiere al número, variedad y variabilidad de seres vivos en un ecosistema. En condiciones naturales, los organismos llevan a

cabo múltiples procesos e interacciones que son fundamentales para el sostenimiento de la vida en la tierra. La biodiversidad participa en el reciclaje de nutrientes, el ciclo del agua, la formación, retención y descompactación del suelo, el control de especies invasoras, la polinización de plantas, el control biológico de plagas y enfermedades, la reducción de la contaminación, entre otros. Además, los organismos vivos proporcionan materias primas y contribuyen a favorecer la salud del hombre. Por esta razón, los cambios en la biodiversidad en un lugar determinado, afectan la capacidad del ecosistema para ofrecer bienes y servicios al ser humano (Zuluaga, Giraldo, Chará, 2011).

4.2. Importancia del cultivo de arroz

El cultivo del arroz comenzó hace casi 10 000 años, en muchas regiones húmedas de Asia tropical y subtropical. Posiblemente sea la India el país donde se cultivó por primera vez el arroz debido a que en ella abundaban los arroces silvestres. Pero el desarrollo del cultivo tuvo lugar en China, desde sus tierras bajas a sus tierras altas. Probablemente hubo varias rutas por las cuales se introdujeron los arroces de Asia a otras partes del mundo. A nivel mundial, el arroz ocupa el segundo lugar después del trigo si se considera la superficie cosechada, pero si se considera su importancia como cultivo alimenticio, el arroz proporciona más calorías por hectárea que cualquier otro cultivo de cereales (Infoagro, 2014).

El origen del arroz ha sido largamente debatido. Este cultivo es tan antiguo que el lugar y el momento exacto de su origen tal vez nunca sean conocidos. Los estudios arqueológicos muestran que *O. sativa*, la especie asiática de arroz cultivado, se originó hace mucho tiempo. Las excavaciones en Hasthinapura han revelado que el arroz ya existía 1000 años A.N.E. en el Norte de la India. El arroz descubierto en las ruinas de Yangshao, China, supuestamente es de 2600 años A.N.E., de forma similar el arroz con cáscara encontrado en Hemudú, China Central, se estima que tiene entre 6000 y 7000 años de antigüedad. En relación con los centros originales de cultivo del arroz existen varias hipótesis: India, China, regiones montañosas en el Sudeste de Asia y también se ha propuesto

otra hipótesis que considera que el arroz cultivado pudo originarse de forma independiente en cada una de las áreas consideradas anteriormente (Suarez, 2006).

La densidad en siembra directa (sembradora) es de 80 kg/ha con semilla certificada, siembra directa (voleo) 100 kg/ha de semilla y siembra por trasplante 30-45 kg/ha de semilla. Además en semillero utilizar 150-200 g de semilla/m². Según las condiciones se esperan rendimientos de 4 300-8 000 Kg/ha en secano riego (arroz en cáscara al 14% de humedad) y 5 000-9 000 kg/ha en riego. (INIAP 2008).

Para el arroz, en zonas bajas, se recomienda dosis de 80 a 100 kg/ha de N, 30 a 50 kg/ha de P₂O₅ y 30 kg/ha de K₂O. Para el arroz de zonas bajas y de altos rendimientos, variedad mejorada se colocan: 125 kg/ha de N, 30 kg/ha de P₂O₅ y 50 kg/ha de K₂O. El fertilizante nitrogenado debería ser aplicado en dos, o aún mejor dividido en tres aplicaciones: 1/3 de fondo, 1/3 en macollamiento, 1/3 en la formación de la panícula (IPNI, 2011).

Los agricultores que cultivan esta gramínea lo hacen sin conocer la capacidad de abastecimiento de nutrientes del suelo y de los requerimientos nutricionales del cultivo; y en muchos casos la fertilización es solamente nitrogenada, sin considerar requerimientos de fósforo (P), potasio (K) y elementos menores. Esto ha resultado en bajos rendimientos, con promedios de 3,8 t/ha de arroz en cáscara, en comparación con otros países como Colombia y Perú (Medina y Navia, 2011).

Rodríguez (2008), menciona que el arroz es una planta muy exigente en agua, luminosidad y temperatura. El nitrógeno determina el macollamiento y el nivel de producción, siendo el fósforo importante para un buen enraizamiento. Sus exigencias de elementos, en relación a la producción, son inferiores a los de los demás cereales. Las dosis totales pueden variar entre 120-200 kg/ha de

nitrógeno, 90-120 de fósforo y 60-120 kg/ha de potasio, en función de las condiciones de fertilidad del suelo y la posibilidad de producción en la zona.

4.3. Microorganismos del suelo

Considerando la agricultura en un sentido general, se nota que los sistemas agrícolas están cambiando constantemente. Consecuentemente es recomendable que los agricultores, además de hacer un uso apropiado de los fertilizantes, también tengan por objetivo lograr el conocimiento de todos los principios subyacentes y procesos que los capacite a enfrentar nuevas situaciones o nuevos y diferentes problemas. Los agricultores son forzados a cambiar sus sistemas agrícolas o prácticas de manejo cuando las condiciones sociales, económicas y técnicas cambian (Merchán, 2006).

Actualmente, existen más de 1400 colecciones de diversidad agrícola en más de 100 países, que son la mejor fuente de la materia prima necesaria para que los agricultores y mejoradores creen cultivos resistentes, fiables, productivos y nutritivos. Contienen rasgos genéticos que permitirán a los cultivos afrontar los cambios de clima, las plagas y enfermedades, además de incrementar la productividad para alimentar a una población humana en constante crecimiento (Fondo para la Diversidad de Cultivos, 2004).

Chabousson, Welsh y Gilbert (2006) consideran la importancia de los organismos del suelo, sobre todo del microorganismo de la rizósfera, en los fenómenos de cambio. La formación de materia orgánica por parte de los microorganismos tienden a satisfacer dos tipos de necesidades: síntesis polisacáridos y de aglomerantes con motivos estrictamente estructurales y síntesis de sustancias proteicas con fines biológicos, es decir producción de microenzimas protegidas por sustancias fenólicas por razones de orden metabólico.

Carretero, Ibañez y Murillo (2002) indican que una gran número de microorganismos, especialmente bacterias y hongos, junto con algunos

componentes de la mesofauna, como las lombrices, son capaces de mejorar la estructura y la estabilidad estructural de los suelos, estos efectos son debidos a que, por ellos mismos o a través de sustancias producidas por ellos, son capaces de ligar las partículas de suelo formando agregados.

Así mismo unos de los problemas que presentan los suelos destinados al cultivo de arroz es el desgaste que es ocasionado al uso excesivo, por ende disminuye la concentración de los nutrientes que permiten el desarrollo correcto de las plantas, lo que resulta en bajas productividades agrícolas. Una de las razones por el cual el rendimiento de los cultivos se vean afectado y la fertilidad del suelo tenga un impacto negativo, es que el fosforo y el potasio sean retenidos por el suelo. A este fenómeno se le denomina efecto residual. En consecuencia, la eficiencia de una aplicación puede evaluarse para un solo ciclo de cultivo o para varios. La evaluación adecuada de los efectos residuales requiere de pérdidas largas para capturar de forma adecuada el real impacto del proceso (Scott, 2009).

La calidad del suelo es un indicador integral de ecosistemas agrícolas sustentables y uno de los componentes claves de la calidad del suelo es su biota, en particular el comportamiento (Harrier y Watson, 2003). Estos argumentos fundamentan la necesidad de incorporar y valorar la biota del suelo, su comportamiento en la promoción de agro sistemas sustentables.

Jiménez (2001) manifiesta que en los últimos años el estudio de microorganismos asociados a plantas ha sido tema de interés para muchos científicos, por todos los beneficios que estos pueden aportar a las plantas, entre estos la fijación biológica de nitrógeno, producción de hormonas, así como también la influencia de estos en el ecosistema

Instituto de Investigaciones Agrarias del Perú (2009) menciona que los microorganismo del suelo en estado latente que actúan como biotransformadores de materiales orgánicos y minerales (socas, subproductos de cosecha,

estiércoles, abonos orgánicos y químicos), para convertirlos en nutrientes para las plantas activando sus crecimientos, balanceando su nutrición y mejorando la producción. Los microorganismos de alta biotecnología, aumenta la capacidad de intercambio catiónico, mejora la estructura del suelo aporta bacterias fijadoras de nitrógeno al suelo también desminuyen las incidencias de plagas y enfermedades en los cultivos, se reduce la aplicación de pesticidas, disminuye la aplicación de abono químico, la aplicación edáfica y foliar en pre y postsiembra, floración y fructificación.

Arias, López y Guerrero (2007) concuerdan que los organismos fijadores de nitrógeno son componentes muy importante del suelo, para desarrollar la fertilidad del suelo de aumentar el contenido del nitrógeno en las condiciones medioambientales adecuados, las bacterias fijadoras de nitrógeno producen encimas que toman el nitrógeno en su forma gaseosa de la atmosfera y con las azucares que obtienen de la planta fijan el nitrógeno dentro de la biomasa bacteriana, si las bacterias satisfacen sus necesidades de nitrógeno pasan a la planta y pueden absorber niveles elevados de proteína en las plantas.

El uso de microorganismos edáficos en la agricultura, constituye una alternativa promisoría frente a los fertilizantes minerales. Desde el punto de vista ecológico, la utilización y/o aplicación correcta de estos microorganismos permite reducir el uso de energía, la degradación del agroecosistema y las pérdidas de nutrientes de los suelos agrícolas. En adición, se mantiene la capacidad productiva del sistema, se preservan la biodiversidad y se contribuye con una producción más estable y sostenida a largo plazo en equilibrio con el entorno (Hernández, 2000).

La fertilización biológica se fundamenta en el uso de insumos naturales (microorganismo como hongos, bacterias), para mejorar la fijación de nutrientes en la rizosfera, producir estimulantes de crecimiento para las plantas, mejorar la estabilidad del suelo, facilitar el control biológico, entre otros (Carvajal y Mera, 2010). De la misma manera en la actualidad están surgiendo métodos alternativos

para incrementar la fertilidad del suelo, con el fin de tener mayor eficiencia, incrementar calidad de los productos agrícolas y disminuir costo de producción. Ya que la contaminación de los suelos, por el uso extensivo y continuo de insumos químicos y el monocultivo, ha conducido a la necesidad de incorporar técnicas de fertilización menos agresivas con el ambiente.

4.3.1. Uso de microorganismos

La importancia y manejo de microorganismos benéficos se ha incrementado a tal grado que en la actualidad se ha generado todo un movimiento comercial de los mismos. Así, la producción y comercialización de productos biofertilizantes está encaminada al fortalecimiento de sistemas de producción sostenible. Esto en respuesta a la preocupación que a nivel mundial se ha generado en la demanda de productos alimenticios sin o casi nula aplicación de pesticidas, que no repercuten en la contaminación ambiental (en la que actualmente estamos inmersos), sino que también impactan en la salud humana como agentes tóxicos y carcinogénicos. Este tema de la actividad microbiana y sus aplicaciones en los sistemas de producción, que favorezcan y garanticen su funcionalidad y efectividad. Del mismo modo, se hace una breve recapitulación de los diferentes grupos microbianos que son susceptibles de utilizar como agentes biofertilizantes, biocontroladores de patógenos y promotores del crecimiento vegetal (INIFAP, 2010).

4.3.2. Microorganismos asociados a plantaciones de arroz

Trichoderma secreta enzimas (celulasas, glucanasas, lipasas, proteasas y quitinasas) que ayudan a disolver la pared celular de las hifas del huésped, facilitando la inserción de estructuras especializadas y el micelio de *Trichoderma*, absorbiendo los nutrientes del interior del hongo huésped. Al final el micelio del hongo parasitado queda vacío y con perforaciones, provocadas por la inserción de las estructuras especializadas de *Trichoderma*. Así como ejemplo, podemos explicar el ciclo biológico de *Trichoderma* frente a *Rhizoctonia*, patógeno de raíces de tomate, mediante micoparasitismo en un cultivo (Cervantes, 2014).

Con respecto a *B.subtilis*, se ha estudiado la liberación de compuestos con propiedades anti fúngicas como la subtilina y otros antibióticos de la familia de las Iturinas. Estas últimas son polipeptidos que actúan sobre la pared celular de los hongos. Es una bacteria común de suelo, abundantes en rizósfera de plantas en germinación, además toxinas producidas por fermentación. Las bacterias al ser habitantes comunes en el suelo se establecen por sí solas en la rizosfera del cultivo tratado y colonizan el sistema radical, compitiendo con los organismos que atacan el sistema radical en desarrollo. Detiene el crecimiento de los patógenos por competencia de los nutrientes. Protegen una amplia gama de cultivos, entre ellos arroz (Fernández, 2001).

Bacillus subtilis es una bacteria gram positiva, aerobia comúnmente encontrada en el suelo. Tiene la habilidad para formar una resistente endospora protectora, permitiendo al organismo tolerar condiciones ambientalmente extremas. *B. subtilis* QST 713 (comercializado como QST 713 o Serenade) tiene una actividad fungicida natural y es empleado como un agente de control biológico (Madigan y Martinko, 2005).

Las micorrizas son asociaciones mutuamente benéficas entre las raíces no leñosas de las plantas y un número importante de especies de hongos altamente especializados, su presencia es tan común en las raíces, que es más fácil evaluar qué tipo de micorriza está presente y su grado de colonización en la raíz (Mark, 2007). Las micorrizas abastecen a sus anfitriones con nutrientes minerales (especialmente Fósforo) a cambio de compuestos energéticos. Los hongos VAM, aumentan drásticamente el volumen de suelo a partir del cual las plantas son capaces de adsorber nutrientes (Rush 2008). En la naturaleza esta simbiosis se produce espontáneamente. Se estima que entre el 90 y el 95 % de las plantas superiores presentan micorrizas de forma habitual (Curtis y Barner 2003).

Las micorrizas son tan antiguas como las propias plantas y se conoce su existencia desde hace más de cien años; estimándose que aproximadamente el 95 % de las especies vegetales conocidas establecen de forma natural y

constante este tipo de simbiosis con hongos del suelo (Hernández, 2000). Las micorrizas son asociaciones entre la mayoría de las plantas existentes, con hongos benéficos, que permiten incrementar el volumen de la raíz y por lo tanto permiten una mayor exploración de la rizósfera y son consideradas los componentes más activos de los órganos de absorción de nutrientes de la planta la que a su vez provee al hongo simbiote de nutrientes orgánicos y de un nicho protector (Agri-Biotech, 2005).

El *Azolla* es un diminuto helecho acuático que alberga en las cavidades de sus hojas a la bacteria *Anabaena*. Esta bacteria cumple con la función de fijar del aire sobre los 1 200 kg de nitrógeno por hectárea por año en condiciones óptimas de temperatura, luz y composición química del suelo y agua (Montaño, 2009).

Peralta (2011) estudió el comportamiento del arroz a la fertilización combinada con microalgas y líquenes, en los suelos de la provincia del Guayas, en base a los resultados experimentales obtenidos, recomienda el empleo del *Azolla* en las plantaciones arroceras, debido a que mejora el rendimiento de grano y las condiciones del suelo. Aplicar 4 000 kg/ha de *Azolla* para lograr mejoras en el rendimiento y posiblemente sustituir el uso de los fertilizantes nitrogenados.

Las rizobacterias favorecen el crecimiento de las plantas a través de diferentes mecanismo, que incluyen la secreción de fitohormonas, fijación biológica del nitrógeno, la solubilización del fosforo, entre otros. A demás contribuyen a la plantas con efectos indirectos asociados con la reducción del daño causado por patógenos, funcionando como agentes de control biológico porque pueden actuar directamente sobre el patógeno o inducir resistencia sistémica en la planta (Méndez, Castro y García, 2014)

Hapase *et al.* (2004) encontraron que al inocular con *Azospirillum* en plantaciones de arroz al momento de la siembra y posteriormente a la primera fertilización, originaba un incremento en la velocidad de germinación, en el

establecimiento del material sembrado, en el desarrollo de las raíces, la altura y número de tallos móviles, lo cual incrementa la producción por unidad de área.

La aplicación conjunta de micorrizas o de bacterias solubilizadoras de fósforo con *Azotobacter* permite que las cantidades fijadas de nitrógeno atmosférico sean mayores, porque las bacterias disponen de mayores cantidades de fósforo (elemento esencial para la fijación) suministrado por la actividad de los organismos solubilizadores (Dixon y Khan, 2004).

Andrade (2009) manifiesta que las bacterias *Azotobacter* son capaces de fijar el nitrógeno atmosférico en el suelo, fijan aproximadamente 20 mg N/g de azúcar en el cultivo o puro en un medio libre de nitrógeno siendo una fuente para obtener un biofertilizante. Así mismo los microorganismos de alta biotecnología, aumentan la capacidad de intercambio catiónico, mejoran la estructura del suelo aportando bacterias fijadoras de nitrógeno al suelo también disminuyen las incidencias de plagas y enfermedades en los cultivos, se reduce la aplicación de pesticidas, disminuye la aplicación de abono químico, la aplicación edáfica y foliar en pre y post-siembra, floración y fructificación.

El *Clostridium pasteurianum* es un microorganismo estrictamente anaerobio que permite una fijación no simbiótica del nitrógeno atmosférico. Esto consiste en la fijación del nitrógeno presente en la atmósfera, de manera que quede accesible para la planta, sin necesidad de establecer una relación de simbiosis con ella. De la misma forma, la fijación biológica del nitrógeno se realiza también por bacterias aeróbicas, pertenecientes al género *Azotobacter* (Euroagro, 2018).

V. Metodología

3.1. Ubicación y Descripción del trabajo

El presente trabajo de investigación se realizó con la revisión de investigaciones en arroz e información sobre población microbianas en el cultivo o en suelos productores de arroz en la zona agrícola del cantón Babahoyo.

3.2. Métodos

La exploración se realizó en el segundo trimestre del año 2018. Se empleó métodos sencillos de réplica, que lograron adecuar los resultados, para luego continuar el proceso de evaluación de la información de manera periódica.

La valoración de datos se realizó a través de factores de impacto del material revisado. Se realizó acciones que integren la información con el detalle de la investigación. Para el efecto se estableció dos etapas: Revisión y evaluación de material bibliográfico y Elaboración de documentos con cartillas nemotécnicas (Zotero).

3.2.1 Evaluación de la información

El análisis de información se realizó con formulación de los indicadores de credibilidad (Páginas web, Material publicado, e-books, enciclopedias periódicos, tesis, tesinas, paper, review, artículos y revistas) e índice de impacto del material.

3.3. Situación inicial

Las características físicas, químicas y biológicas del suelo, así como la presencia de plantas, influyen de manera notable sobre el número y la actividad de las poblaciones microbianas. Para elucidar las intrincadas interrelaciones y mecanismos de control del flujo de nutrientes y de energía en el ecosistema suelo, se requiere de una cuantificación realista de la biomasa microbiana.

A partir de datos realistas de la cantidad de carbono de la biomasa microbiana se puede derivar información valiosa sobre el crecimiento microbiano,

la tasa de recambio y de muerte de los microorganismos del suelo y la eficiencia en el uso del C orgánico en suelos.

Obviamente, que los cambios ocurridos en un suelo debidos a todos los factores mencionados arriba, producen variaciones en las comunidades microbianas que en él se encuentren. Debido a estas variaciones que sufren, tanto en cantidad como en diversidad, y a la importancia que tiene la actividad biológica como un atributo para la sustentabilidad del suelo, varios investigadores han propuesto el uso de la biomasa microbiana del suelo y su composición como indicadores de la calidad de. Actualmente existen diferentes métodos para cuantificar la biomasa microbiana del suelo, como la fumigación-incubación, la fumigación-extracción, la respiración inducida por sustrato, la cuantificación de ATP, y el análisis de fosfolípidos. La actividad microbiológica del suelo se mide comúnmente, mediante el desprendimiento de CO₂ por la actividad de los microorganismos del suelo.

VI. Situaciones Detectadas

Un conocimiento más preciso del contenido de materia orgánica y de su calidad, así como de las comunidades microbianas del suelo, podría contribuir en la formulación de mejores modelos técnicos de manejo de las plantaciones de cacao. Además el conocimiento de diversos parámetros fisicoquímicos y bioquímicos, tales como pH, porcentaje de humedad, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico (CIC), actividades enzimáticas, actividad microbiológica del suelo, ADN presente en el suelo, entre otros, nos permitirá evaluar y caracterizar los microorganismos presentes en el suelo, y nos proporcionará una herramienta para correlacionar estas propiedades con la fertilidad del suelo, y asimismo, con la calidad y productividad del cultivo.

Así, una revisión de los principales trabajos publicados que relacionan la biomasa microbiana con la materia orgánica del suelo y de los variados indicadores de calidad que han sido propuestos por diferentes investigadores, para analizar la calidad de la materia orgánica y la estrecha relación que guardan con la cantidad y diversidad de microorganismos del suelo, nos ayudará en este sentido.

El término “calidad del suelo”, desde su definición inicial, como la capacidad del suelo de producir bienes económicos y servicios y regular el ambiente, ha sido refinado y expandido por científicos, incluyendo una gran cantidad de indicadores de rendimiento. Considerando la amplia gama de definiciones que pueden obtenerse, algunos, destacan que la calidad del suelo necesita ser evaluada tomando en cuenta su uso, así un suelo particular puede ser de alta calidad para una función y muy pobre para otra.

VII. Soluciones Planteadas

El suelo es generalmente un hábitat favorable para la proliferación de microorganismos y en las partículas que lo forman se desarrollan microcolonias. Típicamente en el suelo se encuentran de 10^6 a 10^9 bacterias por gramo de suelo. Los microorganismos del suelo comprenden virus, bacterias, Archaeas, hongos, algas y protozoos. La concentración de materia orgánica relativamente alta en el suelo, favorece el desarrollo de microorganismos heterótrofos.

Podemos hablar de microorganismos autóctonos y zimogéneos. Por una parte, los autóctonos se caracterizan por tener una actividad microbiológica lenta pero constante, y pueden utilizar las sustancias húmicas refractarias del suelo; en su mayoría son bacilos Gram negativos y actinomicetes. Los microorganismos zimógenos, también llamados oportunistas, por lo general son incapaces de utilizar los compuestos húmicos, pero muestran una actividad intensa y un crecimiento rápido sobre sustratos fácilmente utilizables disponibles en forma de manto vegetal, excremento de animales y restos de animales muertos. Estos también se caracterizan por una actividad intermitente, con periodos inactivos. Algunos de los géneros de hongos y bacterias zimógenos son *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Penicillium*, *Aspergillus* y *Mucor*.

Los suelos presentan muchos tipos de microhábitad y en una localización particular pueden darse diferentes situaciones que podrían favorecer diversas poblaciones alóctonas. En los horizontes superficiales del suelo, los microorganismos alóctonos toleran y crecen sobre elevadas concentraciones de nutrientes orgánicos. No es posible describir las características generales de las bacterias alóctonas del suelo, los factores abióticos limitan el tipo de poblaciones bacterianas que se pueden desarrollar. Por ejemplo, en suelos extremadamente ácidos o alcalinos, las poblaciones alóctonas deben tener características que les permitan adaptarse a esos pH extremos.

VIII. Conclusiones

Como se sabe, los microorganismos del suelo son agentes activos en el reciclado de minerales y en la biodegradación de la materia orgánica. Algunos de los principales polímeros vegetales, como la celulosa y la lignina, generalmente son reciclados por medio de la actividad microbiana. En la superficie de los suelos en los que crecen las plantas, el número y diversidad de microorganismos heterótrofos, especialmente bacterias y hongos, es más alto de lo habitual.

Son de gran importancia las asociaciones de fijadores de nitrógeno y de micorrizas entre microorganismos y plantas superiores y aunque, en el suelo, el papel de los microorganismos está subordinado a las plantas, como productores primarios, su función es esencial en la descomposición de la materia orgánica y el ciclo de algunos minerales. El metabolismo microbiano es decisivo en el mantenimiento de la fertilidad del suelo y para el crecimiento vegetal.

Una de las limitaciones de la microbiología tradicional en suelos es que solo se podían aislar microorganismos que podían ser cultivados en el laboratorio. Ahora con el desarrollo de métodos de biología molecular, la perspectiva cambio. Algunos autores estiman que sólo el 1 % de los microorganismos del suelo crecen en medios de cultivo en el laboratorio, según esto, si pretendemos valorar la diversidad total de microorganismos que existen en un ecosistema dado no podemos sacar conclusiones válidas contando con sólo el 1 % de la población.

Los microbiólogos del suelo han intentado profundizar en el conocimiento de las colonias microbianas del suelo, aislando clases únicas basadas en una característica fenotípica clave. Por ejemplo las bacterias nitrificantes pueden ser enriquecidas suministrándoles un medio rico en nitrógeno (NH_4^+), oxígeno disuelto y bicarbonato, pero sin otros donantes de electrones.

IX. Recomendaciones

- a. Las condiciones ambientales influyen la calidad del suelo como hábitat para la biota del suelo (fauna, flora, microbiota). Los cambios globales, debidos principalmente al calentamiento global del planeta y que se traducen en alteraciones en el clima. Los cambios bruscos de temperatura de estación a estación en países templados y las variaciones en los periodos de lluvia y sequía en países tropicales causan perturbaciones en las condiciones de hábitat en el suelo a través de sus efectos en la abundancia y biomasa de las especies, estructuras de comunidades, cambios en la diversidad y la genética en poblaciones entre otros factores.
- b. Gestiones y prácticas de conservación ambiental apropiadas para el suelo pueden que no sean suficientes, debido a que los cambios ambientales pueden poner en riesgo los beneficios que estas prácticas puedan tener en el suelo.
- c. Una mejor interpretación de la importancia del carbono orgánico del suelo y el conjunto de nutrientes, además de la actividad microbiana en diversos ecosistemas es necesaria para desarrollar sistemas de manejo del suelo, los cuales fortalezcan su sustentabilidad.

Variabilidad de microorganismos en suelos agrícolas bajo sistema de manejo convencional en arroz (*Oryza sativa* L.).

Marlon Espín ¹

¹FACIAG. www.utb.edu.ec

RESUMEN

El suelo constituye un sistema heterogéneo altamente complejo y dinámico, tanto en el espacio como en el tiempo, que sirve de sustento a una gran variedad de especies vegetales, animales y microbianas. Es un ambiente apropiado para el desarrollo de los microorganismos tanto eucariotas (algas, hongos, protozoos) como procariotas (bacterias y arqueas). Todos estos organismos se relacionan entre ellos en formas muy variadas y complejas, contribuyendo a las características propias del suelo por su papel en la modificación de las fases sólida, líquida y gaseosa que lo conforman. Numerosos procesos físicos, químicos y biológicos actúan simultáneamente para mejorar o empobrecer la condición del suelo y las funciones que éste desempeña en beneficio de las plantas, animales y microorganismos que crecen en él. Frecuentemente se falsean los resultados debido a que las clases importantes en su entorno habitual son a menudo oligotróficos (microorganismos que tienen una velocidad específica de crecimiento, constante y baja, además alta afinidad por el sustrato limitador del crecimiento), pero las condiciones de enriquecimiento favorece a los organismos oportunistas (microorganismos que pueden adaptar su crecimiento al estilo de vida de abundancia y escasez).

Palabras clave: *Microbiota, arroz, suelos, producción, cultivo*

ABSTRACT

The soil constitutes a highly complex and dynamic heterogeneous system, as much in the space as in the time that serves from sustenance to a great variety of vegetable species, animals and microbial. It is so much an appropriate atmosphere for the development of the microorganisms eucariotas (algae, fungi, protozoos) as procariotas (bacterias and you arch). All these organisms are related among them in very varied and complex forms, contributing to the characteristics characteristic of the floor for their paper in the modification of the solid, liquid phases and soda that conform it. Numerous physical, chemical and biological processes act simultaneously to improve or to impoverish the condition of the floor and the functions that this carries out in benefit of the plants, animals and microorganisms that grow in him. Frequently the results are falsified because the important classes in their habitual environment are often oligotróficos (microorganisms that have a specific speed of growth, constant and low, also high likeness for the sustrat constrainer of the growth), but the enrichment conditions favor to the organisms opportunistas (microorganisms that can adapt their growth to the lifestyle of abundance and shortage).

key Words: *Microbiota, rice, soils, production, cultivation.*

X. BIBLIOGRAFÍA

- Agri-Biotech. <http://www.ithec.fr/es/articles/article>. 12 de Julio de 2005. (Último acceso: 08 de octubre de 2018).
- Andrade, J. (2009). *Efecto de la inoculación con Azotobacter sp. en el crecimiento de plantas injertadas de cacao (Theobroma cacao), genotipo nacional, en la provincia de Esmeraldas*. Tesis Inédita Ingeniero Agrónomo. Universidad Luis Vargas Torres, Esmeraldas- EC. pp,76.
- Arias, F; López, V; Guerrero, P. (2007). *Tratamiento de cultivos sin suelo*. Revista Horticultura. Ed mundiprensa. Ref:4079. p 13-15.
- Bernard, J. Thompson, L. Silke, K. (2000). *Los suelos y su fertilidad*. Editorial Reverté, S. A. España. pp 229 – 231.
- Carvajal, JS., Mera, AC. (2010). *Fertilización biológica: técnicas de vanguardia para el desarrollo agrícola sostenible* (en línea) Consultado 15 sep.2018 Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v5n2/v5n2a07.pdf>.
- Carretero, I. Ibañez, J. (2002). *Microorganismos y agricultura moderna. Serie Agrícola*, tomo 1. Editorial Cultural S.A. Madrid-España. pp 80 – 95.
- Chabousson, C. Welsh, C. Gilbert, F. (2006). *Manejo orgánico de los cultivos y fósforo en el suelo*. Informaciones Agronómicas, EC. no. 67:13.
- Cervantes, M. (2014). *Microorganismos del solo beneficiosos para los cultivo*. Escuela Familiar Agraria Campomar. Divulgativo Tecnico. In línea. Disponible en www.infoagro.com. Consultado 2-10-2018.
- Cobos, M. (2000). *Elaboración de EM BOKASHI y su evaluación en el cultivo de maíz Zea mays L. bajo riego en Bramaderos*. Tesis Ingeniero Agrónomo. Loja, Ec. Universidad Nacional de Loja, Facultad de Ciencias Agrícolas. 80p.
- Curtis, H, N. Barner. (2003). *Micorrizas*. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/micorriza>. 22 de julio de 2003. (Último acceso: 08 de octubre de 2018).
- Dixon, R., Kahn, D. (2004). *Regulación Genética de la Fijación Biológica de Nitrógeno*. Nat Rev Microbiol. 2(8):621-31.
- Euro agro. (2018). *Insumos orgánicos*. (en línea). Consultado 20 sept 2018 disponible en http://euroagroec.com/wpcontent/uploads/2013/catalogo_organicos.pdf.

- Fernández, L., Vega, O. (2001). *Microorganismos antagonistas para el control fitosanitario*. CATIE-Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) No. 62: p.96-100, 2001.
- Fondo para la Diversidad de Cultivos. (2004). *El Fondo para la Diversidad de Cultivos empieza a funcionar*. Fundación EROSKI-Fundación EROSKI. Consultado: 4.10.2018. - <http://www.consumaseguridad.com/2004/10/22/14940.php>.
- Hapase, L., Bonanote, B., Bolhman, B., Willimas, C. (2004). *Pruebas de laboratorio en la aplicación de microorganismo biológicos fijadores de nitrógeno, experiencia y resultados*. CATIE, Departamento de Biología. In memorias del IV Congreso Costarricense de Agricultura Sostenible. Disponible en www.catie.ac.cr/boletines.
- Harrier, L. A. and C. A. Watson. (2003). *The role of fungi in sustainable cropping systems*. Advance in Agro-nomy. 79:186-225.
- Hernández, M. I. (2000). *Las micorrizas arbusculares y las bacterias rizosféricas como complemento de la nutrición mineral de tomate (Lycopersicum esculentum Mill.)* [Tesis de Maestría], INCA.
- INIA-ITC.(2009). *Desarrollo y adopción de tecnologías para mejorar la competitividad de la actividad cacaotera en el Perú*. In memorias de taller regional andino de aplicación tecnológica en el cultivo de cacao. Quito-Ecuador. pp. 58-63.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias-INIAP. (2008). *Manual del cultivo del arroz*. Manual técnico # 2, segunda reimpresión. Estación experimental Litoral Sur. Guayas. 78p.
- INFOAGRO. (2014). *Estadística en la Producción de arroz* (en línea). Consultado el 7-julio-2018. Disponible en <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/arroz.htm>.
- INIFAP. (2010). *Impacto del sistema de labranza y dosis de nitrógeno en el rendimiento y calidad nutricional de forraje de avena*. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.5 Núm. 951-964-2010.
- Instituto Internacional de nutrición de plantas - IPNI. (2011). *Manual de fertilización para el cultivo del arroz en Latinoamérica*. IPNI, México, 3 ed. p 15-98.
- Jiménez, G; Coll, R. (2001). *Producción orgánica de cacao en zonas subtropicales de la sierra central*. Editorial-Universidad Central del Ecuador. p 240.

- Mark, D. (2007). *Rizobacterias de suelo*. Disponible en: <http://www.phcmexico.com.mx/phchrizobacterias.html>. (Último acceso: 6 de octubre de 2018).
- Merchán, M., Valverde, F., Novoa, V. Pumisacho, M. (2006). *Guía para facilitar el aprendizaje en el manejo integrado de suelos en el cultivo de arroz*. Quevedo. Aprocico-UTEQ. 216 p.
- Moreno, C. (2011). *Métodos para medir la biodiversidad*. Manuales y Tesis SEA. - Zaragoza : CYTED, ORCYT - UNESCO, Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA). - Primera edición : Vol. I , 86p.
- Madigan, M., Martinko, J. (2005). *Brock Biology of Microorganisms*, 11th ed., Prentice Hall. ISBN 0-13-144329-1.
- MAGAP (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, EC). (2017) *Boletín Situacional Arroz* (en línea) Consultado 20 sept.2018 Disponible en: <http://sinagap.agricultura.gob.ec/phocadownloadpap/BoletinesCultivos/2015/bBoletín%20situacional%20arroz%202014%20actualizado.pdf>.
- Medina, K., Navia, D. (2011). *Nutrición en arroz*. XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Disponible en: <http://www.secsuelo.org/PDFs%20Articulos/Nutricion/Ponencias/.%20Ing.%20%20Klever%20Medina.%20Fertilizacio%20n.pdf>
- Méndez, GM., Castro, ME., García., PE. (2014). *Azospirillum una rizobacteria con uso potencial en la agricultura*. (en línea) Consultado 18 Dic.2015 Disponible en: <http://www.biologicas.umich.mx/index.php/biologicas/article/download/172/170>.
- Montaño, A. M. (2009). *Desarrollo del recurso Azolla Anabaena y aplicaciones en los sectores agrícolas, pecuario y acuícola*. Resumen de avance. Escuela Politécnica del litoral.
- Peralta, P. A. (2011). *Comportamiento agronómico de la variedad de arroz INIAP 15 a la fertilización combinada con microalgas y líquenes en la Provincia del Guayas*. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Técnica de Babahoyo. Ecuador. 55p
- Pérez Consuegra, N. (2004). *Manejo Ecológico de Plagas*. ed. García Marrero Agustín. - La Habana : Centro de Estudios de Desarrollo Agrario y Rural- CEDAR

- Universidad Agraria de La Habana. - Primera Impresión : Vol. I : I, págs. 18-24p.
- ISBN: 959-246-083-3, 2004.

PNUMA. (2012). *Problemas ambientales existentes debido a la agricultura extensiva*. Disponible en www.pnuma.org. (Último acceso: 17 de septiembre de 2018).

Rodríguez, M. (2009). *Microorganismos eficientes (EM)*. In línea. Consultado: 18 de septiembre de 2018. Disponible en http://aia.uniandes.edu.co/documentos/articulo%20em%20_manuel%20r..pdf

Rush, R. (2008). *Micorrizas en agricultura*. Disponible en: <http://www.fertilefarm.com.au/wp-content/uploads/2009/10/Understanding%2520Mycorrhizal%2520Fungi.pdf>. Editado por Fertilyfarm. 2008. (Último acceso: 17 de septiembre de 2018).

Scott, M. S. (2009). *Principios básicos de la eficiencia de fosforo y potasio*. International Plant Nutrition Institute. Informaciones Agronómicas N° 75. pp: 6 - 9.

Suarez, E. (2006). *Origen, diversidad y distribución del género Oryza*. In Curso de capacitación en mejoramiento genético de arroz. Instituto de Investigaciones del arroz, Cuba. 5p.

Zuluaga A.F., Giraldo C., Chará J. (2011). *Servicios ambientales que proveen los sistemas silvopastoriles y los beneficios para la biodiversidad*. Manual 4, Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible. GEF, BANCO MUNDIAL, FEDEGAN, CIPAV, FONDO ACCION, TNC. Bogotá, Colombia. 36 p. ISBN 978-958-8498-34-8