UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA

DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA DE AGROPECUARIA

"PRODUCCIÓN DE MAÍZ A PARTIR DE SEMILLAS INOCULADAS CON *Rhizobium* sp. EN BARCELONA, CANTÓN SANTA ELENA"

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

VERÓNICA DEL ROCÍO BORBOR DOMÍNGUEZ

LA LIBERTAD- ECUADOR

2014

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA DE AGROPECUARIA

"PRODUCCIÓN DE MAÍZ A PARTIR DE SEMILLAS INOCULADAS CON *Rhizobium* sp. EN BARCELONA, CANTÓN SANTA ELENA"

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

VERÓNICA DEL ROCÍO BORBOR DOMÍNGUEZ

LA LIBERTAD- ECUADOR

2014

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Antonio Mora Alcívar, MSc.
DECANO DE LA FACULTAD

Ing. Andrés Drouet Candell
DIRECTOR DE ESCUELA

Blgo. Javier Soto Valenzuela
PROFESOR TUTOR

Ing. Lourdes Ortega Maldonado, MSc.
PROFESOR DEL ÁREA

Ab. Milton Zambrano Coronado, MSc.
SECRETARIO GENERAL PROCURADOR

AGRADECIMIENTO

A DIOS, por guiarme en cada paso que doy, por ser mi fortaleza frente a cada adversidad de mi vida.

A mi familia y a mis amigos, por el apoyo incondicional durante mi etapa educativa.

Al Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP), por involucrarme en esta investigación, especialmente a mi tutor Biólogo Javier Soto Valenzuela.

A los ingenieros Néstor Orrala, Ángel León, Antonio Mora, por la asesoría brindada haciendo posible la culminación de este trabajo.

A los biólogos encargados de los laboratorios de biología y química de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, Galo Menéndez y Dadsania Rodríguez.

A mis compañeros de la carrera Ingeniería Agropecuaria: Yuinson, Freddy, Juan, Michael, David, Sergio y Jorge; por su apoyo desinteresado a mi trabajo.

A mis compañeros de curso, con quienes compartí cinco años de vida estudiantil que entre múltiples vivencias culminamos nuestra carrera.

DEDICATORIA

A mis padres Leonardo Borbor y Bélgica Domínguez, quienes han sido el pilar fundamental de mi vida, los amo.

A mis hermanos Leo, María, David, Betty, Rosa, Luis y Estefanía, quienes siempre me ayudaron y aconsejaron durante mi vida.

A mis cuñadas Verónica Rivera y Luisa Rodríguez, por el apoyo brindado en el diario convivir.

A mi cuñado Carlos Aquino, aunque molestoso, siempre me ha brindado su apoyo.

A mis sobrinos Andrés, Joselyn, Ariel, Anthony, Lisbeth, Nicol, Melissa, Michel, José, Fernanda, Israel, Jalmar, y Maite, quienes con sus travesuras y ocurrencia son parte de mi vida, los quiero.

A mi hijo Ronny David Laínez Borbor, quien me ha dado la fuerza para seguir adelante y culminar mi carrera.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CUADROS

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

1. INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

Estados Unidos ocupa el primer lugar en la producción del maíz, lo que se explica con una superficie agrícola de alrededor de 412 millones de hectáreas, de las cuales 22.5 millones cuentan con sistemas de riego, a más de que los productores gozan de los programas de subsidios por parte del gobierno que llegan a representar hasta el 70% de los costos de producción. En este país el uso de tecnologías en sus campos agrícolas es muy común, tales como maquinaria de siembra y cosecha, fertilizantes, insecticidas, semillas transgénicas, entre otros. El financiamiento para la producción no es un limitante, debido a que los programas estatales y las instituciones financieras se unen para otorgar créditos accesibles a los agricultores. Todo ello en conjunto lleva a que la producción de maíz en los Estados Unidos tenga altos rendimientos (alrededor de 10 toneladas por hectárea).

Mientras en el caso de China, la superficie agrícola es de 554 millones de hectáreas, de las cuales 55 millones son tierra de riego y las restantes de temporal. Cabe agregar, que la producción de maíz en China es menor debido a que el cultivo principal lo ocupa el arroz. No obstante, China es el segundo productor a nivel mundial aportando aproximadamente el 20% de la oferta.

Según CEVALLOS PÉREZ G. 2005, países como Brasil, Argentina, India, Francia, Indonesia y México, no tienen las condiciones necesarias para competir en el mercado de maíz, aun cuando en algunos de estos – Francia específicamente, cuentan con alta tecnología, capital y subsidios a los productores, ante la gran extensión territorial de la que dispone Estados Unidos y al gran apoyo que brinda para proteger su agricultura.

En el Ecuador el maíz es uno de los productos agrícolas más importantes de la economía nacional, tanto por su elevada incidencia social (casi las tres cuartas partes de la producción total proviene de unidades familiares campesinas, la mayoría de ellas de economías de subsistencia), como también por constituir la principal materia prima para la elaboración de alimentos balanceados destinados a la industria animal (70% de la producción de maíz duro); el segundo destino lo representan las exportaciones (22%) y la diferencia la comparten el consumo humano y la producción de semillas.

SOLAGRO (2006) manifiesta que el uso de variedades de maíz en el Ecuador está en función de varios aspectos como la zona, el método de cultivo, el manejo y las labores, entre otros factores. Siendo las más utilizadas: VS-2, Pichilingue 523, Pichilingue 504, INIAP 515, INIAP 526, híbrido INIAP H550, INIAP 527 (resistente a la sequía), híbrido triple DK-888, PIONEER 304. El cultivo de maíz duro en el país se realiza en zonas que van desde los 10 msnm, siendo su altura óptima entre 50 y 80 msnm. La temperatura promedio en las áreas sembradas es de 22° C.

El Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), a través del Proyecto Integral para el Desarrollo Agrícola, Ambiental y Social de Forma Sostenible del Ecuador (PIDAASSE), realizó pruebas de una nueva variedad de semilla de maíz de alto rendimiento en la provincia de Santa Elena. Se trata de la variedad Lojanito desarrollada por el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), siendo probada en 0,5 ha en la comuna Zapotal; así como de AGRI 104 y 201 en 20 ha de las comunidades Las Balsas, Cerezal, Bellavista y Manantial de Guangala, , con el propósito de aumentar la producción de maíz para abastecer la demanda interna, considerando que actualmente en el país se consumen alrededor de 1’200 000 toneladas de maíz, de las cuales más de 600 000 toneladas se importan, lo que representa 200 millones de dólares. La meta es alcanzar un rendimiento de entre 110 y 120 qq/ha lo que permitirá generar recursos adicionales que quedarán en manos de la comunidad.

En el cultivo de maíz el nitrógeno es uno de los nutrientes esenciales limitantes del rendimiento, participa en la síntesis de proteínas y por ello es vital para toda la actividad metabólica de las plantas. Su deficiencia provoca reducciones severas en el crecimiento del cultivo, básicamente por una menor tasa de crecimiento y expansión foliar que reducen la captación de la radiación fotosintéticamente activa. En un afán de contribuir al abastecimiento de los cultivos, se ha descubierto que la fijación biológica de nitrógeno puede contribuir a la productividad de sistemas naturales y agronómicos tanto en áreas de leguminosas, como de no leguminosas.

Una de las buenas prácticas que se utilizan en la agricultura ecológica es el uso de biofertilizantes, que se constituye en una alternativa viable en los sistemas de desarrollo agrícola ecológicamente sostenible, encaminada a una producción a bajo costo, no contaminante, contribuyendo a la conservación del suelo desde el punto de vista de fertilidad y biodiversidad.

Los biofertilizantes microbianos han sido reconocidos como una alternativa a los fertilizantes químicos, ya que incrementan la producción y desempeñan un importante rol en la circulación de nutrientes para las plantas; además de fijar nitrógeno, descomponer los residuos orgánicos, contribuyen a la desintoxicación de plaguicidas, supresión de enfermedades en las plantas, aporte de nutrientes al suelo y producción de compuestos bioactivos como vitaminas y hormonas que estimulan el crecimiento y control de patógenos en las plantas. En este sentido, ALARCÓN A. y FERRERA R. citan que el uso de inoculantes a base de bacterias gram-negativas de los géneros *Rhizobium, Bradyrhizobium, Sinorhizobium o Azorhizobium*, han sido una herramienta importante para estimular la capacidad de captar nitrógeno atmosférico (N_2) en las Fabaceas. A través de la inoculación de bacterias simbióticas se logra que leguminosas catalogadas como muy pobres en su capacidad de fijar N_2 incrementen la tasa de fijación, siendo más eficientes en este aspecto.

Es muy conocido también la existencia de bacterias de vida libre que se asocian al sistema radical de diversas gramíneas, propiciando la fijación de N_2 y la promoción del crecimiento en estas plantas. Géneros bacterianos como *Azospirillum, Beijerienckia, Derxia, Azotobacter, Enterobacter y Klebsiella,* han sido descritos en asociación con gramíneas como maíz, trigo, caña de azúcar, arroz y pastos tropicales.

En la región se ha estudiado al género *Rhizobium* sp., para la elaboración de un biofertilizante, habiéndose identificado, caracterizado y seleccionado diez aislados provenientes de Manglaralto y Río Verde. También se ha realizado ensayos en la germinación de semillas y crecimiento de plántulas de maíz en condiciones de laboratorio, resultando como las más destacadas en todas las pruebas morfológicas y bioquímicas las cepas VAIRV, FPMG2 y FPMG4 como potenciales inóculos de *Rhizobium*sp. El mejor resultado se obtuvo en el T4 (VAIRV + FPMG2) y T6 (FPMG2 + FPMG4) en seis de las ocho variables evaluadas en este ensayo. CRESPO L. y PAZ A. (2012).

En esencia, la presente investigación persigue verificar la interacción de tres cepas de *Rhizobium* sp. en el cultivo de maíz en la comuna Barcelona, parroquia Manglaralto; con una superficie cultivada, a nivel provincial de 3 930 ha y una producción de 5 028 TM . ENCUESTA DE SUPERFICIE Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA CONTINÚA (ESPAC 2011)

1.2 JUSTIFICACIÓN

Los fertilizantes minerales en la agricultura producen a mediano y largo plazo desgaste de los suelos por la pérdida de materia orgánica, por ende, de la vida microbiana, volviéndolos infértiles e improductivos.

Acorde con el cambio de la matriz productiva, la producción agrícola en la península de Santa Elena, se direcciona al cultivo de productos agrícolas

prioritarios como el maíz, con la finalidad de satisfacer las demandas alimentarias y agroindustriales de la región. Una las prioridades de la producción agropecuaria local radica en el uso de tecnologías amigables con el ambiente y de fácil acceso para los productores, que conlleven a la obtención de productos sanos.

Siendo el uso de los biofertilizantes a partir de bacterias promotoras de crecimiento vegetal (BPCV) una importante alternativa para reducir el uso parcial o total de agroquímicos, la presente investigación pretende proponer una alternativa de solución a los problemas de la agricultura convencional, que implique la aplicación de inoculantes con microorganismos autóctonos no contaminantes al cultivo de maíz, que permitirá la conservación y recuperación de la fertilidad de los suelos, favoreciendo la seguridad alimentaria y economía campesina. Además, que sirva como fuente de consulta para estudiantes, profesores, productores y profesionales del sector agropecuario.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 GENERAL

- Evaluar la sustitución de fertilizante nitrogenados por compuesto a base de *Rhizobium* sp. en la fertilización de maíz (Z*ea mayz*L.) en la comuna Barcelona, Cantón Santa Elena.

1.3.2 ESPECÍFICOS

1 Determinar la interacción de cepas de *Rhizobium* sp. En el cultivo de maíz y su influencia en la promoción del crecimiento vegetal.

2 Definir el comportamiento agronómico del cultivo de maíz bajo el efecto del inoculante.

3 Verificar la factibilidad económica de la producción de maíz mediante la tasa de retorno marginal bajo el efecto del bioinoculante.

1.4 HIPÓTESIS

- El uso de un biofertilizante a partir de bacterias nativas del género *Rhizobium* sp, disminuye la dosis de fertilizante nitrogenado en el cultivo de maíz en Barcelona, cantón Santa Elena.

- Existe un beneficio económico en la producción de maíz cuando se emplea un biofertilizante con bacterias nativas del género *Rhizobium* sp.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 BACTERIAS PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL

BASHAN *et al.* (2007), mencionan que las bacterias promotoras de crecimiento en plantas (BPCP) o PGPR en inglés, son un grupo de diferentes especies de bacterias que pueden incrementar el crecimiento y productividad vegetal. Entre los organismos más conocidos están las especies pertenecientes a los géneros *Rhizobium, Pseudomonas, y Azospirillum*. Las BPCP pueden clasificarse en dos grupos:

1) **Bacterias promotoras de crecimiento en plantas**, donde la bacteria afecta a las plantas suprimiendo otros microorganismos. Los mecanismos que estas bacterias utilizan pueden ser a través de su propio metabolismo (solubilizando fosfatos, produciendo hormonas o fijando nitrógeno), afectando directamente el metabolismo de la planta (incrementando la toma de agua y minerales), mejorando el desarrollo radicular, incrementando la actividad enzimática de la planta o ayudando a otros microorganismos benéficos para que actúen de mejor manera sobre las plantas.

2) **Bacterias promotoras de crecimiento en plantas con capacidad de control biológico**, las cuales promueven el crecimiento de la planta al suprimir los fitopatógenos.

2.1.1 BACTERIAS DE VIDA LIBRE

LOREDO C., LÓPEZ R, y ESPINOSA V. (2004, en línea) aseguran que las bacterias de vida libre o asociativa que habitan la rizosfera pueden estimular el crecimiento de las gramíneas a través de mecanismos, como: síntesis de sustancias reguladoras del crecimiento vegetal, fijación de nitrógeno, solubilización de nutrimentos, producción de sideróforos y control de fitopatógenos del suelo. Los

microorganismos más estudiados pertenecen a los géneros *Rhizobium*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Klebsiella*, *Beijerinckia*, *Pseudomonas* y *Bacillus*; algunos de los cuales sobreviven en condiciones de estrés. La mayoría de los estudios sobre la interacción de estas bacterias con las plantas, se ha realizado en condiciones de laboratorio e invernadero; sin embargo, aun cuando sus efectos benéficos están documentados, la información sobre su efecto directo en campo es escasa.

JIMÉNEZ R., TABARES F. y OLALDE V. (2001) mencionan que el efecto positivo sobre el crecimiento de las plantas, las PGPR pueden actuar de manera indirecta o directa:

1. **Mecanismos indirectos**. Los metabolitos producidos por las PGPR pueden funcionar como determinantes antagónicos, involucran aspectos de control biológico, suprimen o inhiben el crecimiento de microorganismos perjudiciales para el desarrollo de la planta, vía producción de sideróforos, antibióticos, acción de enzimas líticas (glucanasas, quitinasas) o inducción de mecanismos de resistencia.

2. **Mecanismos directos**. Ocurren cuando los metabolitos producidos por algunas cepas de rizobacterias son utilizados como reguladores de crecimiento precursores de éstos por parte de la planta. La conjunción de ambos mecanismos de acción ha previsto como resultado la promoción evidente del crecimiento en plantas; se ha observado un incremento en la emergencia, el vigor y el peso de plántulas, un mayor desarrollo en sistemas radiculares y un incremento hasta de 30% en la producción de cultivos de interés comercial, tales como papa, rábano, jitomate, trigo y soya.

2.1.1.1 Influencia de las rizobacterias en el crecimiento de las plantas

HERNÁNDEZ L. y ESCALONA M. (2003, en línea) aseguran que el crecimiento en las plantas inoculadas con rizobacterias ocurre por varios factores;

uno de ellos es por la síntesis de ciertas sustancias reguladoras de crecimiento, como giberelinas, citocininas y auxinas, las cuales estimulan la densidad y longitud de los pelos radicales, aumentando así la cantidad de raíces en las plantas, lo que incrementa a su vez la capacidad de absorción de agua y nutrimentos; permitiendo que las plantas sean más vigorosas, productivas y tolerantes a condiciones climáticas adversas, como las heladas o las sequías.

Otro factor importante por el cual las rizobacterias ayudan a las plantas es que existen ciertas especies que las hacen nutrirse mejor; por ejemplo, las *Pseudomonas* sp., las cuales, al solubilizar algunos nutrimentos poco móviles del suelo, como el fósforo, mejoran el ingreso de este macronutrimento hacia la planta, lo que se traduce en una mayor cantidad de biomasa. Otras especies, como *Rhizobium* sp. *y Bradyrhizobium* sp., aumentan el aporte de nitrógeno, influyendo directamente en el crecimiento, desarrollo y rendimiento.

Recientes investigaciones demuestran que existen algunos mecanismos indirectos que influyen en el crecimiento de las plantas, como la producción de ciertos metabolitos que al funcionar como antagónicos de microorganismos perjudiciales, hacen que las plantas se desarrollen en un ambiente idóneo libre de patógenos.

ELLEN SIMMS L. Y LEE TAYLOR D. (2002) aseguran que el nitrógeno es extremadamente abundante, que comprende aproximadamente 79% de la atmósfera. Sin embargo, las plantas no pueden convertir el nitrógeno atmosférico a formas orgánicas útiles, y el nitrógeno mineral es de suministro limitado en los suelos. Una parte sustancial en la oferta mundial de nitrógeno orgánico se fija a través de simbiosis entre bacterias de rizobios y plantas hospederas leguminosas.

2.1.1.2 Producción de sustancias reguladoras del crecimiento

FERLINI H. y DÍAZ S. (2006) mencionan que cuando se reconoció el papel de las bacterias de la rizósfera en la promoción del crecimiento de las plantas, su

efecto se atribuyó a su facultad para fijar nitrógeno. Sin embargo, en las últimas décadas se ha destacado su importancia como promotoras del desarrollo, debido a su capacidad para sintetizar metabolitos o sustancias reguladoras del crecimiento.

Estas sustancias son compuestos naturales que afectan procesos de las plantas a concentraciones más bajas de las que presentan nutrimentos o vitaminas. Hay cinco clases de reguladores del crecimiento vegetal sintetizados por las plantas: auxinas, giberelinas, citocinas, etileno y ácido abscísico.

La misma fuente manifiesta, cuando estos metabolitos son producidos en forma endógena por las plantas, se les denomina hormonas vegetales o fitohormonas. El término "reguladores del crecimiento de las plantas" es usado por la industria de agroquímicos para nombrar a los compuestos sintéticos que tienen propiedades para regular el crecimiento de las plantas; en general, este término se utiliza cuando las hormonas de las plantas son producidas por microorganismos de la rizósfera.

BASHAN D. y HOLGUIN S. (1997) indican que los mecanismos activados por estas bacterias están relacionados con la síntesis de reguladores del crecimiento como auxinas, citocininas y giberelinas, así como en la síntesis de precursores de estas fitohormonas, que intervienen en el crecimiento, desarrollo y diferenciación de órganos en las plantas. Mediante estos mecanismos, la fisiología de la plantase lleva a cabo con mayor funcionalidad y efectividad, ya que no demuestran deficiencias nutrimentales, además de contar con una maquinaria microbiana anexa a su sistema radical que le permite expresar mayor desarrollo y sanidad

BACA B. (2002) manifiesta que la producción de sustancias promotoras del crecimiento, aparentemente, es una respuesta de las bacterias a la producción de sustancias de la planta hacia la rizósfera. Por ejemplo, *A. chroococcum* produce ácido indol-3-acético (AIA) a partir del triptófano, el cual es exudado por la raíz de las plantas y puede sintetizar auxinas, giberelinas y citocininas.

2.1.2 GENERO *RHIZOBIUM*

DOWNIE A. y BREWIN N. (2007, en línea) argumentan que las bacterias del género *Rhizobium* juegan un papel muy importante en la agricultura mediante la inducción de nódulos fijadores de nitrógeno en las raíces de las leguminosas como los guisantes, las habas, trébol y alfalfa. Esta simbiosis puede aliviar los requisitos de fertilizante nitrogenado añadido durante el crecimiento de los cultivos de leguminosas.

BIANCHINI L. (2012, en línea) manifiesta que *Rhizobium* es un grupo de bacterias gramnegativas que fijan nitrógeno atmosférico. Pertenece a un grupo de bacterias fijadoras de nitrógeno que se denominan colectivamente *rizobios*. Viven en simbiosis con determinadas plantas (como por ejemplo las leguminosas) en su raíz, después de un proceso de infección inducido por la propia planta mediante la secreción de lectina, a las que aportan el nitrógeno necesario para la planta y ésta a cambio le da cobijo.

Específicamente, la condición de simbiosis viene dada por la formación de una molécula de transporte de oxígeno, equivalente a la hemoglobina, llamada Leghemoglobina. Sólo se puede sintetizar cuando los dos organismos se encuentran en simbiosis; por parte de la bacteria se sintetiza el grupo Hemoglobina de dicha molécula, y por parte de la planta se sintetiza la proteína. Así, mediante la nueva molécula formada, se puede llevar a cabo el transporte de oxígeno necesario para el metabolismo de la bacteria (y así poder fijar el nitrógeno requerido por la planta).

MORA F. (1995) señala que las bacterias pertenecientes al género Rhizobium son capaces de fijar N en simbiosis con leguminosas, debido a una compleja interacción entre la planta, los rizobios y el ambiente. Para su utilización se debe contar con cepas que presenten competencia saprofítica con otros

microorganismos del suelo, competencia con otras cepas de Rhizobium por puntos de infección sobre las raíces y alta eficiencia en fijación de N.

2.1.3 *RHIZOBIUM* COMO NO FIJADOR

OLIVARES J. (2002, en línea) menciona que *Rhizobium*, tomado este término en sentido general, ha sido considerado siempre sólo desde el punto de vista de la bacteria fijadora en simbiosis mutualista con su leguminosa correspondiente. Se ha llegado a un conocimiento bastante exhaustivo tanto del microsimbionte en sí como de la interacción con su hospedador específico. Sin embargo, los diferentes estudios realizados a lo largo del tiempo han proporcionado datos sobre aspectos desconocidos, algunos de los cuales con interesantes implicaciones en patología animal y vegetal. Aunque a veces es bastante difícil desentenderse de esa capacidad fijadora en simbiosis, se pueden relacionar algunos aspectos interesantes.

Rhizobium, como se ha visto recientemente, es capaz de deslizarse de una forma organizada por una superficie semisólida como algunos patógenos de animales o plantas, *Proteus o Peudomonas*, respectivamente. Este carácter se ha asociado en estas últimas bacterias a una mayor capacidad invasora, mejor adhesión o a la facilidad para la formación de biopelículas.

2.2 BIOINOCULANTE

NOCETI J. (2000) menciona que el uso de fertilizantes químicos y agroquímicos es cada día más notorio con el crecimiento de la población. Esto trae como consecuencia la erosión de los suelos y la disminución del rendimiento de los mismos. Por lo tanto, es claro que, para mejorar la calidad de los cultivos debemos hacer uso de nuevas tecnologías, como la aplicación de biofertilizantes.

También señala que un biofertilizante es un producto que ofrece al medio de cultivo (suelo, sustrato, etc.) una población de microorganismos capaz de enriquecer dicho medio con elementos fertilizantes en una forma química, para ser utilizados por las plantas. El éxito de estos procesos, desde el punto de vista agrícola se basa en lograr el establecimiento de una buena asociación bacteria-raíz de la planta. Con este fin es imprescindible elaborar una formulación con soportes que garanticen la supervivencia de *Azospirillum* spp. Durante el tiempo que transcurre desde que la población bacteriana es producida hasta que se aplica en el campo.

VESSEY S. (2003) indica que los biofertilizantes son considerados como un componente del manejo integrado de la nutrición vegetal y han sido definidos como sustancias que contienen microorganismos vivos que al aplicarse a las semillas, superficie de las plantas o al suelo, colonizan la rizósfera o el interior de la planta y promueven su crecimiento aumentando la disponibilidad de los nutrientes y la sanidad vegetal en la planta hospedera.

MARTÍNEZ, R., TOLEDO, N. y ARGUELLES C. (1999) indican que los biofertilizantes pueden definirse como productos a base de microorganismos que viven normalmente en el suelo, aunque en poblaciones bajas, y que, al incrementar sus poblaciones por medio de la inoculación artificial, son capaces de poner a disposición de las plantas, mediante su actividad biológica, una parte importante de los nutrientes que necesitan para su desarrollo, así como de suministrar sustancias hormonales o promotoras del crecimiento

2.2.1 BIOINOCULANTE EN NO LEGUMINOSAS

RODRÍGUEZ N. y MENDOSA R. (1995) comentan que existen microorganismos libres fijadores de nitrógeno (dizatróficos), los cuales se destacan por su potencial para fijar nitrógeno con valores que oscilan de 3 a 100 kg por ha /año. Se destacan los géneros*: Azospirillun, Azobacter, Beijerihchiz,*

Dexia, Pseudomonas, Clostridium y los cultivos donde se han aislado los microorganismos son: caña de azúcar, maíz, arroz, trigo, sorgo, tabaco y algunos frutales, tubérculos y hortalizas. Además esas bacterias se las atribuyen las aportaciones de hormonas y participan con otros factores de crecimiento para la planta. Esta cantidad de nitrógeno se considera baja, considerando que asociar *Rhizobium* con leguminosa puede fijar hasta 700 kg/ha.

ARMAS M. (2004) indica que el aprovechamiento integral de este proceso biológico (simbiosis), del que quedan fuera cultivos tan importantes como arroz, maíz o trigo. Esta es también la causa de que se busque la forma de que estas especies vegetales, fundamentales en alimentación humana, puedan llegar a utilizar el N_2 y hacerse independientes de su aplicación como fertilizante.

SANTILLANA N. *et al* (2005) señalan que un considerable número de especies bacterianas asociadas con la rizósfera de las plantas son capaces de ejercer un efecto benéfico en el crecimiento de plantas. Este grupo de bacterias llamadas rizobacterias promotoras del crecimiento en plantas (PGPR) incluye el género *Rhizobium.* Estas bacterias se caracterizan por su habilidad de facilitar directa o indirectamente el desarrollo de la raíz y del follaje de las plantas. La estimulación indirecta del crecimiento de plantas incluye una variedad de mecanismos por los cuales la bacteria inhibe la acción fúngica sobre el crecimiento y desarrollo de la planta.

Para PLANA R. *et al* (2008), en Cuba y otros países latinoamericanos, se han dado pasos acelerados para poner en práctica el uso de los biofertilizantes, entre los que se encuentran los microorganismos con capacidad de fijar nitrógeno, que juegan un rol importantísimo en la nutrición de la mayoría de los cultivos, y contribuyen a la supervivencia y el crecimiento de las plantas. Sus ventajas no se limitan solo al ámbito de la nutrición mineral sino que las plantas reciben beneficios adicionales, tales como la resistencia a estrés hídrico, exclusión de patógenos radicales y tolerancias a metales pesados. De hecho, se prefiere ver esta

simbiosis como una adaptación multifuncional, cuyo rol va más allá del que normalmente se le asigna.

2.2.2 BIOINOCULANTE EN GRAMÍNEAS

SANTACRUZ G. (2007, en línea) asegura que el empleo del inoculante bacteriano INI270901 es una alternativa viable que permite reducir a la mitad el uso de los fertilizantes químicos sin afectar la productividad del cultivo. Se logró una reducción del 50% de los costos asociados a la fertilización química de maíz de temporal sin pérdidas en los rendimientos. Así mismo, con la tecnología propuesta se contribuye a reducir la contaminación de los cuerpos superficiales de agua y los mantos freáticos. Los rendimientos de grano empleando este producto biológico bajo un temporal regular (350- 450 mm de lluvia) y empleando la mitad de la fertilización química utilizada normalmente son de 5500 2400 ton/ha sin el empleo del bioinoculante.

La misma fuente de información recomienda utilizar 3 kg del bioinoculante sólido INI270901 por hectárea mezclado con 100 g de adherente y disueltos en 7 L de agua. La semilla de maíz se impregna con la mezcla y se deja secar por lo menos una hora, a fin de que ésta quede cubierta perfectamente con el inoculante. El total de las áreas que se siembran con maíz temporal en México. En especial para productores en pequeña escala que producen para autoconsumo.

LA FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA UBA (2011, en línea) establece que mediante la inoculación en cultivos de maíz con bacterias promotoras de crecimiento como *Azospirillum brasilense* y *Herbaspirillum seropedicae*, se han generado ganancias en rendimiento del 16% obteniendo 170 qq/ha en los tratamientos sin inocular y sin fertilizar, contra 198 en el tratamiento de inoculación y sin fertilización.

LAURENT S. (2006) manifiesta que la fijación simbiótica por rizobios es una importante fuente de nitrógeno para varios cultivos de leguminosas y especies de pastos, que a menudo fija hasta 200 Kg/ha de este elemento esencial para las plantas. A nivel mundial la fijación simbiótica de nitrógeno se ha estimado en 70 tm/año de nitrógeno.

FRIONI L. (1999) manifiesta que con respecto a la inoculación se sabe que, de la década de los sesenta en la Unión Soviética se citaron incrementos en los rendimientos de maíz y trigo en orden de un diez a un veinte por ciento al inocular con *Azotobacter sp*. Se indican resultados positivos en la inoculación con *Azospirillun sp*. y *Azotobacter sp*. En maíz, manteniéndose los inóculos en la rizósfera hasta nueve semanas en invernáculos.

INIAP (2011) recomienda usar FERRTIBACTER – MAÍZ, que es un Biofertilizante que contiene bacterias (microorganismos del suelo) del género Azospirillum, las cuales tienen la capacidad de promover el crecimiento de los cultivos, estimulando o principalmente un ensanchamiento y alargamiento de las raíces, lo que aumenta significativamente la superficie de la absorción de los nutrientes que se encuentran en el suelo. Esta bacteria también tiene la habilidad de tomar el nitrógeno atmosférico y transformarlo en un nutriente aprovechable por las raíces de las plantas de maíz, de esta manera se consigue una mayor producción.

2.3 SIMBIOSIS CON LEGUMINOSAS

MATEO J. (1993) declara que solamente las leguminosas son capaces de utilizar el nitrógeno en forma de nitrato o amonio para la síntesis de compuestos nitrogenados como los aminoácidos. En la simbiosis con los *Rhizobium* se forman nódulos rizobiales, en los cuales las bacterias simbióticas fijan el nitrógeno atmosférico que proporcionan a la planta. Por eso, en presencia de estas bacterias simbióticas las leguminosas pueden crecer en suelos que no tienen suficiente

nitrato o amonio. Por esta razón los rizobios pueden ser utilizados como inoculantes para mejorar el crecimiento de leguminosas en lugar de abonos.

RODRIGUEZ A. y MENDOZA N. (1995) comentan que la simbiosis es inhibida si existe un exceso de nitrato o amonio en el suelo. Dentro de los nódulos las bacterias se convierten en bacteroides que son células más grandes que los *Rhizobium* que se encuentran en el suelo y que llevan a cabo la fijación de nitrógeno porque son capaces de formar la enzima nitrogenasa que es responsable de la conversión del nitrógeno molecular en amonio. Debido a esta simbiosis, la planta recibe nitrógeno que puede utilizar para sí misma, mientras que las bacterias utilizan moléculas que les proporciona la planta.

ERNST S. (2004), citado por MORENO L. (2010), expresan que muchas leguminosas tienen la capacidad de asociarse de manera natural con bacterias simbióticas fijadoras de nitrógeno del suelo, formando una estructura fundamental en la fijación biológica de nitrógeno (FBN) conocida como nódulo, órgano especializado en donde se lleva a cabo este proceso biológico. Esta asociación es de gran importancia tanto en la agricultura, como en ecosistemas naturales ya que conlleva a un aumento significativo del nitrógeno disponible para las plantas y es la principal forma de incorporar el nitrógeno atmosférico a los suelos.

La misma fuente menciona que, la asociación de *rizobios* con leguminosas contribuye entre el 60 y el 80% a la fijación biológica del nitrógeno, siendo una actividad llevada a cabo de forma natural, donde se encuentran varios géneros de microorganismos fijadores de nitrógeno.

Sin embargo, esta asociación se origina preferencialmente si existe en el suelo un déficit de este elemento. Si hay suelos ricos en nitrógeno, las leguminosas prefieren utilizarlo independientemente de la presencia de las bacterias. Por el contrario, si la bacteria está presente y los niveles de nitrógeno en el suelo son

bajos, la planta estimula el ingreso de los *rizobios* a la raíz para que lleven a cabo la FBN.

Para NÁPOLES M. *et al* (2008), el intercambio de señales entre las células de *Rhizobium* y las leguminosas involucra varias etapas. Primero el crecimiento de las bacterias en la rizósfera del hospedero, la inducción de los genes de nodulación del *Rhizobio* por los exudados de la planta, la producción de los factores de nodulación, la adhesión de las células microbianas a la raíz, la inducción de la división celular en la planta, seguido de la penetración del microsimbionte, hasta la formación del simbiosoma y su funcionamiento dentro del nódulo.

El *Rhizobium*, comenta MORENO L. (2010), está representado por bacterias de forma bacilar, gram negativas, habitantes del suelo, que tienen la capacidad de formar nódulos en varias leguminosas y en *Parasponia* spp. (Ejemplo. *P. andersonii*, *P. rigida*). Esta relación simbiótica es controlada genéticamente tanto por la planta como por la bacteria y ocurre a través de una secuencia de estados de desarrollo que culminan en el establecimiento de una simbiosis efectiva: el nódulo fijador de nitrógeno. El primer nombre dado a las bacterias de los nódulos de las raíces de las leguminosas fue *Phytomyxa*, el cual lo propuso Schroeter en 1886, considerando la relación de estas bacterias con los hongos mucosos.

2.4 FIJACIÓN BIOLÓGICA DEL NITRÓGENO

ÁLVAREZ D. (2009) expresa que la fijación del nitrógeno puede ser de forma simbiótica o asociativa.

Fijación Simbiótica: Las bacterias llevan a cabo la transformación del N_2 a amonio en los nódulos (hipertrofia formada en las raíces de las plantas) como estructuras distintivas de las leguminosas. Ejemplo de microorganismos: *Rhizobium* sp*; Bradyrhizobium japonicum*. Mediante este mecanismo estas

bacterias logran suplir entre el 80 y 100 % de las necesidades de nitrógeno en las leguminosas.

Fijación Asociativa: La reducción es realizada por bacterias que se asocian al sistema radical de las plantas, atraídas por un conjunto de exudados que actúan como fuente de carbono y energía. Ejemplo de microorganismos: *Azotobacter, Azomonas, Azospirillum, Beijerinckia, Clostridium, Enterobacter y Bacillus.* A través de esta actividad estos microorganismo aportan entre el 25-50 % de las necesidades de nitrógeno en los cultivos. Cualquier factor que influya directa o indirectamente sobre la formación de los nódulos, afectará también el potencial para fijar nitrógeno y consecuentemente la producción.

Según NEYRA M. (1995), la fijación biológica de N_2 puede ser estimada en 175 millones de toneladas métricas por año, o aproximadamente el 70% de todo el nitrógeno fijado en la tierra cada año; menciona que en relación con la cantidad total de nitrógeno fijado en los ecosistemas terrestres, la mayor contribución proviene del sistema simbiótico *Rhizobium*-leguminosas, que se encuentran en sistemas cultivados, donde las leguminosas están en mayor o menor grado presentes en sistemas de rotación y praderas perennes (donde el 90% del nitrógeno fijado proviene de los nódulos de leguminosas).

MARTÍN G., RIVERA A., Y MUJICA Y. (2007) indican que la fijación biológica del nitrógeno (FBN) es uno de los procesos de mayor importancia en la naturaleza, pues representa la utilización de un gas inerte como fuente para un grupo de microorganismos s; el N así fijado puede ser utilizado directa o indirectamente por plantas de interés agrícola y forestal, a través de su simbiosis con los microorganismos nitrofijadores y constituye el mecanismos de compensación de las pérdidas del elemento en forma gaseosa por los procesos microbianos de nitrificación, desnitrificación y volatilización del amoníaco.

2.5 EXPERIENCIAS DE INOCULACIÓN EN EL CULTIVO DE CEREALES Y MAÍZ.

De acuerdo a COCKING E. (2005), en cereales se ha demostrado mediante varios géneros bacterianos que la inoculación puede ser efectiva, así como también la combinación de hongos y bacterias capaces de generar efecto sinérgico en la nutrición de las plantas huésped, beneficio en el desarrollo vegetativo y reproductivo como en el caso de *Rhizobium-Glomus* sp. en leucaena y diversos cultivos anuales.

PROECUADOR (2011) señala que la producción nacional de ésta gramínea varía debido a diferentes factores. El rendimiento estimado por ha es 3,7 t para el nivel tecnificado, encontrándose por debajo de los internacionales; Estados Unidos produce 7 t por ha. Nuestro país, por encontrarse en una ubicación geográfica estratégica, cuenta con regiones de excepcionales características edafoclimáticas que le permitirían desarrollar una amplia diversidad de cultivos tanto tradicionales como no tradicionales.

Según los resultados obtenidos por ORTEGA M. (1999), cabe esperar una nitrificación del amonio producido en el tratamiento con inoculante y que este nitrógeno quede disponible para un próximo cultivo. Para corroborar esta hipótesis se condujo este ensayo manteniendo los tratamientos antes mencionados. En función de la hipótesis planteada se fijó como objetivo del trabajo, evaluar mediante ensayos en macetas, el desarrollo de un segundo cultivo de maíz habiendo inoculado el primero.

LOREDO C., LÓPEZ R, y ESPINOSA V. (2004, en línea) indican que los principales efectos de las bacterias promotoras del crecimiento sobre las gramíneas se han asociado con efectos en la emergencia, en el desarrollo de la raíz y efectos en el rendimiento. En *Azospirillum*, los cambios favorables en las plantas, en general, se han atribuido a cambios en la absorción de NO_3, NH_4, PO_4,

K y Fe, lo cual incrementa la acumulación de minerales en hojas y tallos. Se ha sugerido que el incremento en la absorción de minerales se debe a un incremento general en el volumen de las raíces y no a un mecanismo más eficaz de absorción de iones.

Para OKON S. y VANDERLEYDEN J. (1997), la fertilización necesaria para cubrir las demandas de la planta, suficientes para obtener un alto rendimiento, representan un alto porcentaje del costo del cultivo. Por este motivo las técnicas que permitan disminuir el aporte externo de nutrientes harán más factible la inclusión del maíz en la rotación de cultivos. El desarrollo de inoculantes comerciales basados en bacterias del género *Azospirillum* sp, permite al productor disponer de otra herramienta para complementar la nutrición del sistema y disminuir los actuales balances negativos.

El mismo autor indica que, en lo referente al *Azospirillum sp*, existe evidencia circunstancial de la interacción de fitohormonas producidas por el microorganismo con el *background* hormonal de las plantas inoculadas; sin embargo, un detallado análisis de esta interacción podría revelar interacciones específicas que tendrían como resultado la promoción del crecimiento vegetal. En tal sentido, encontraron que plántulas de maíz (*Zea mays* L.) inoculadas con las 3 cepas de *Azospirillum lipoferum* mejoraron significativamente el crecimiento de la raíz y de la parte aérea.

Como ejemplo de simbiosis asociativa (rizocenobiosis asociativa) se considera al género *Azospirillum*, en donde su relación con las plantas, se caracteriza por carecer de estructuras visibles microscópicamente que evidencien la presencia de las bacterias fijadoras de nitrógeno y las plantas no leguminosas en la cual las primeras posibles a encontrar diversas especies del genero *Azospirillum*, en la mayoría de los suelos de las regiones templadas con cultivo de maíz, trigo, cebada, centeno y pastos.

RIBAUDO C. (2011) realiza investigaciones de una serie de nuevos promotores de crecimiento vegetal que, además de contribuir con la fijación biológica de nitrógeno y favorecer la absorción de otros nutrientes, también contribuyen al control de enfermedades. Las evaluaciones ya permitieron generar ganancias en el rendimiento de 16% en maíz y, según se prevé, en un futuro podrían llegar al mercado con tecnologías innovadoras. "El control biológico es considerado una alternativa o vía complementaria para reducir el uso de productos químicos en la agricultura y sus efectos negativos, como el desarrollo de resistencia de los patógenos a los productos aplicados y el impacto en el ambiente".

IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE MAÍZ EN EL ECUADOR

ARTEAGA E., TORRES L, y TOBALINA C. (2009) manifiestan que el maíz constituye un todo en la alimentación del hombre ecuatoriano así como en sus diferentes actividades. Especialmente en las provincias de Manabí, Loja y parte del Guayas; empleando el 70 u 80% de mano de obra durante la labor del cultivo, lo que da una gran importancia económica y social para esas provincias.

Así mismo en relación a la industria, la compra del grano de maíz, se destina a la fabricación del alimento balanceado, destinado en un 80% para la industria avícola, 15% para el camarón, mientras que el restante 5% se destina para ganadería bovina, ovina y otros animales.

VILLAMARIN F. (2012) menciona que en el año 2010 la superficie sembrada de maíz duro en el Ecuador fue de 284 mil hectáreas, con una superficie cosechada de 261.280 hectáreas, con una producción en grano seco y limpio de 723.839 toneladas métricas y con un rendimiento de 2,37 Tm./Ha

La provincia que concentra la mayor parte del área sembrada de maíz duro en el Ecuador en el año 2 010, corresponde a Los Ríos con 115 276 hectáreas sembradas, con 110 859 hectáreas de superficie cosechada, con una producción en

grano seco y limpio de 426 053 toneladas métricas y con un rendimiento de 3,84 Tm./Ha.

INIAP (2007, en línea) señala que en el país el maíz (duro y harinoso) es un cultivo de gran importancia económica y social, por su contribución en la alimentación humana y por su creciente demanda para la elaboración de alimentos balanceados de consumo animal principalmente.

Desde el punto de vista socioeconómico, la producción de maíz duro representa un importante rubro, considerando que involucra a alrededor de cien mil familias, principalmente en el área rural de cuatro provincias del Litoral y cuatro de la Sierra.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL LUGAR DE ENSAYO.

El ensayo se realizó en la finca "Bélgica", propiedad del señor Leonardo Borbor Laínez, situada en Barcelona, parroquia Manglaralto, cantón Santa Elena.

La ubicación geográfica del ensayo es el siguiente:

Latitud sur 1º 56` 9``

Longitud oeste 80º 41` 20``

Altura 47 msnm

Ubicación referencial 170 km de Guayaquil y a 50 km de La Libertad

Dentro de la clasificación de Holdridge, corresponde a bosque seco tropical de sabana. Cuenta con una precipitación promedio entre los meses de diciembre y mayo de 250 mm, una humedad relativa media anual del 85 %, temperatura promedio de noviembre a febrero de 26ºC.

El lugar del ensayo presenta una topografía plana, textura franco arenosa, estructura granular, buen drenaje, origen de la capa arable actual aluvial, permeabilidad buena.

3.2 CARACTERÍSTICA AGROQUÍMICAS DEL SUELO

Las muestras de suelos fueron realizadas en el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental Litoral del Sur en el laboratorio de suelo, plantas y aguas los datos analizados se detallan en los (cuadros 1 y 2).

Cuadro 1. Análisis de suelo

Elementos	ug/ml	Interpretación
pH	8,1	Media, Alcalino
Nitrógeno	26	Medio
Fosforo	27	Alto
Potasio	3.35	Alto
Calcio	17	Alto
Magnesio	3,6	Alto
Azufre	64	Alto
Zinc	1,0	Bajo
Cobre	6,1	Alto
Hierro	8	Bajo
Manganeso	8,0	Medio
Boro	1,80	Alto

(INIAP, 2009)

Cuadro 2. Análisis del extracto de pasta de suelo

pH	8,30	Lal
C.E.	1,41	ds/m
Na	6,91	meq/l
K	1,1	meq/l
Ca	4,78	meq/l
Mg	1,78	meq/l
CO_3H	0,2	meq/l
CO_3	0,2	meq/l
SO_4	7,6	meq/l
Cl	7	meq/l
RAS	3,82	%
PSI	4,0	%

(INIAP, 2009)

3.3 MATERIAL VEGETATIVO

3.3.1. HÍBRIDO AGRI 201

INTEROC CUSTER**,** citado por Semicol (2011 sf, en línea), indica que el hibrido AGRI 201 se destaca entre los maíces amarillos con altos rendimientos, para climas cálidos, cálidos- medios, creado por la casa comercial boliviana Agricomseed.

Poseen buen comportamiento en suelos salinos, alto contenido de betacaroteno, con un desempeño prominente, así como también tolerancia a la sequía, ofreciendo porcentajes competitivos de producción.

Para INTEROC CUSTER (2011 en línea), el maíz hibrido AGRI 201 posee las características detalladas a continuación (Cuadro 3):

Cuadro 3. Descripción agronómica del hibrido Agri 201

Variables	Descripción
Siembra a emergencia:	5 días
Emergencia a cosecha:	120 días
Tipo de cruce:	Simple
Tipo de grano:	Cristalino
Color de grano:	Amarillo
Altura de planta:	230 cm
Altura de mazorca:	125 cm
Peso de mazorca:	280-300 g
Porcentaje de desgrane:	82%
Número de hileras/mazorca:	20-22
Granos/hilera:	36-38
Resistencia al acame de tallo:	Excelente

Fuente: Interoc Custer

3.3.2 BIOINOCULANTE

El bioinoculante se obtuvo a partir de las cepas (VAIRV, FPMG2 y FPMG4) bacterias fijadoras de nitrógeno nativas de la provincia de Santa Elena, colección CIAP-UPSE obtenidas de la zona de Manglaralto y Rio Verde que fueron investigadas en el laboratorio de biología de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental que se utilizó fue bloques completamente azar con 3 repeticiones y 10 tratamientos. Los resultados del experimento fueron sometidos al análisis de la varianza con el 5 % de probabilidad de error con la prueba de Duncan, La distribución de los grados de libertad se detallan en el cuadro 4.

Cuadro 4. Distribución de los grados de libertad

Fuentes de variación	Grados de libertad
Tratamientos	9
Bloques	2
Error	18
Total	29

3.6 TRATAMIENTOS

Son 10 tratamientos, siendo el número 10 el testigo absoluto. La dosis de los tratamientos de fertilizante e inoculante por parcelas y por hectárea se detallan a continuación:

Cuadro 5. Dosis fertilizantes e inoculantes en tratamientos

	Fertilizante e inoculante
T1	$\mathbf{N}_{100}P_0K_0$ + FPMG2 + FPMG4
T2	$\mathbf{N}_{150}P_0K_0$ + FPMG2 + FPMG4
T3	$\mathbf{N}_{200}P_0K_0$ + FPMG2 + FPMG4
T4	$\mathbf{N}_{100}P_0K_0$ + VAI +FPMG2 + FPMG4
T5	$\mathbf{N}_{150}P_0K_0$ + VAI +FPMG2 + FPMG4
T6	$\mathbf{N}_{200}P_0K_0$ + VAI +FPMG2 + FPMG4
T7	$\mathbf{N}_{100}P_0K_0$ + VAI + FPMG2
T8	$\mathbf{N}_{150}P_0K_0$ + VAI + FPMG2
T9	$\mathbf{N}_{200}P_0K_0$ + VAI + FPMG2
T10	$\mathbf{N}_0P_0\mathbf{K}_0$

La dosis de fertilizante nitrogenado para los tratamientos fue 100, 150 y 200 kg/ha (sulfato de amonio con 36% de nitrógeno) más una combinación de inoculante, obtenido de las cepas FPMG2 + FPMG4, VAI +FPMG2 + FPMG4, VAI +FPMG2, (Cuadros 6 y 7).

Cuadro 6. Dosis fertilizantes e inoculantes por ha.

	Fertilizantes + inoculante	$(NH_4)_2SO_4$		Inoculante	
		Sulfato de amonio			
T1	$\mathbf{N}_{100}P_0K_0$ + FPMG2 + FPMG4	476	Kg	6,94	L
T2	$\mathbf{N}_{150}P_0K_0$ + FPMG2 + FPMG4	714	Kg	6,94	L
T3	$\mathbf{N}_{200}P_0K_0$ + FPMG2 + FPMG4	952	Kg	6,94	L
T4	$\mathbf{N}_{100}P_0K_0$ + VAI +FPMG2 + FPMG4	476	Kg	6,94	L
T5	$\mathbf{N}_{150}P_0K_0$ +VAI +FPMG2 + FPMG4	714	Kg	6,94	L
T6	$\mathbf{N}_{200}P_0K_0$ + VAI +FPMG2 + FPMG4	952	Kg	6,94	L
T7	$\mathbf{N}_{100}P_0K_0$ + VAI + FPMG2	476	Kg	6,94	L
T8	$\mathbf{N}_{150}P_0K_0$ + VAI + FPMG2	714	Kg	6,94	L
T9	$\mathbf{N}_{200}P_0K_0$ + VAI + FPMG2	952	Kg	6,94	L
T10	$\mathbf{N}_0P_0\mathbf{K}_0$	0	Kg	0	L
TOTAL		4760	Kg	62.5	L

Cuadro7. Dosis fertilizantes e inoculantes por parcela.

Fertilizante e inoculante		Sulfato de Amonio		Inoculante	
T1	$\mathbf{N}_{100}P_0K_0$ + FPMG2 + FPMG4	0,45	Kg	36	Ml
T2	$\mathbf{N}_{150}P_0K_0$ + FPMG2 + FPMG4	0,45	Kg	36	Ml
T3	$\mathbf{N}_{200}P_0K_0$ + FPMG2 + FPMG4	0,45	Kg	36	Ml
T4	$\mathbf{N}_{100}P_0K_0$ + VAI +FPMG2 + FPMG4	0,68	Kg	36	Ml
T5	$\mathbf{N}_{150}P_0K_0$ + VAI +FPMG2 + FPMG4	0,68	Kg	36	Ml
T6	$\mathbf{N}_{200}P_0K_0$ + VAI +FPMG2 + FPMG4	0,68	Kg	36	Ml
T7	$\mathbf{N}_{100}P_0K_0$ + VAI + FPMG2	0,91	Kg	36	Ml
T8	$\mathbf{N}_{150}P_0K_0$ + VAI + FPMG2	0,91	Kg	36	Ml
T9	$\mathbf{N}_{200}P_0K_0$ + VAI + FPMG2	0,91	Kg	36	Ml
T10	$\mathbf{N}_0P_0\mathbf{K}_0$	0	Kg	0	Ml
TOTAL		6,12	Kg	360	Ml

3.7 DELINEAMIENTO EXPERIMENTAL

a.	Diseño experimental	DBCA
b.	Tratamientos	10
c.	Repeticiones	3
d.	Total unidades experimentales	30
e.	Distancia entre hileras	0.80 m
f.	Distancia entre planta	0.30 m
g.	Área total de parcela	9.6 m^2
h.	Área útil de parcela	2.8 m^2
i.	Nº de plantas por sitio	1
j.	Nº de plantas por hilera	6
k.	Nº de hileras	4
l.	Nº de plantas por parcela	36
m.	Área del bloque	132 m^2
n.	Área útil del boque	28 m^2
o.	Distancia entre parcela	1 m
p.	Distancia entre bloque	1,5 m
q.	Distancia del borde experimental	3 m
r.	Nº plantas por bloques	360
s.	Nº plantas por experimento	1080
t.	Nº plantas por hectárea	41 666
u.	Área útil del experimento	112 m^2
v.	Área neta del experimento	528 m^2
w.	Área total del experimento	693 m^2

3.8 MANEJO DEL EXPERIMENTO

3.8.1 PREPARACIÓN DEL SUELO

La preparación de suelo se realizó de forma mecánica efectuando en el área del experimento un pase de arado y dos de rastra, delimitando el área del ensayo en bloques y parcelas.

3.8.2 PREPARACIÓN DEL BIOFERTILIZANTE

Para la preparación del biofertilizante se tomó cinco asadas de cada aislado (cepas de VAIRV, FPMG2 y FPMG4), colocadas en fiolas diferentes.

El procedimiento que se realizó para el fermentador fue la siguiente:

- Una fiola con 1000 ml de CELM esterilizado.
- Adicionar cinco asadas del aislado en 20 ml CELM.
- Aire filtrado por 24 horas
- Materiales del equipo fermentador (fiolas, soportes, tapones, mangueras y aireador). Figura 3A.

Finalmente se obtuvo una población de 10^9 bacterias por ml aproximadamente, empleando la escala Mc Farland.

3.8.3 DESINFECCIÓN DE LA SEMILLA

- Se enjuagó las semillas 10 veces con agua del grifo y 3 veces con agua destilada para eliminar residuos químicos y así obtener una semilla libre de contaminantes lista para adherir la bacteria.

- Se utilizó alcohol potable al 90% en las semillas, para descartar microorganismos indeseables, con un tiempo determinado de treinta segundos.

3.8.4 INOCULACIÓN DE LA SEMILLA

Fueron inoculadas 1 080 semillas, adicionando una solución azucarada al 25% para que las bacterias se adhieran a las semillas, luego se aplicó un litro de biofermento de acuerdo a los tratamientos. Manual de Agromicrobiología de Ferrera R. et al. (1993).

3.8.5 SIEMBRA

Se realizó con un espeque, a una distancia de siembra de 0,80 m x 0,30 m con una profundidad de 2,5 cm seguidamente después de haber realizado la inoculación de la semilla.

3.8.6 INOCULACIÓN DURANTE EL CICLO VEGETATIVO

A los 7 días se procedió a realizar una segunda inoculación a las raíces donde se agregando 1ml de inoculante por planta, cada 10 días por tres ocasiones.

3.8.7 FERTILIZACIÓN

La fertilización se realizó durante el periodo vegetativo de la planta por cuatro ocasiones, una de fondo con humus (antes de la siembra) y las otras de cobertura con sulfato de amonio a los 15, 30, 45 días de cultivo con las respectivas dosis de cada tratamiento expuesta en el experimento.

3.8.8 RALEO

El raleo se realizó para que exista uniformidad entre los tratamientos eliminando plantas dobladas y enfermas, cuando la planta llegó a una altura de 25 a 30 cm aproximadamente en los días de cultivo.

3.8.9 CONTROL DE PLAGAS

Para el control de plagas se hizo una aplicación localizada al suelo de insecticida con Karate en dosis de 20 cc en 20 litros por bomba mochila, para control de trozadores después de la siembra.

También se hizo la aplicación de Lorsban 4 E contra el gusano cogollero por tres ocasiones en las primeras etapas del cultivo.

3.8.10 CONTROL DE MALEZAS

Se efectuó de forma manual (machete, azadón) y química en dos fases, en pre y post- emergencia.

3.8.11 RIEGO

La cantidad de agua que necesita el cultivo de maíz varía de acuerdo al ciclo vegetativo de la planta.

La mayor cantidad hídrica que requiere este cultivo es en la etapa de germinación y en el desarrollo vegetativo. En floración para que exista buen llenado de grano en la mazorca el cultivo necesita una humedad constante quince días antes. En la etapa de maduración y secado del grano, es menor la cantidad de humedad que el cultivo demanda.

3.8.12 COSECHA

De forma manual aproximadamente a los 120 días de cultivo cuando el grano llegó a la madurez fisiológica.

3.9 VARIABLES EXPERIMENTALES

Se escogieron del área útil 10 plantas al azar del experimento por parcela para evaluar las variables, y luego se promediaron.

3.9.1 VARIABLES AGRONÓMICAS

3.9.1.1 Altura de planta

La altura de planta se midió en centímetros desde la base del tallo hasta la yema terminal más sobresaliente a los 30 y 60 días de cultivo en 10 plantas tomadas al azar por tratamiento.

En floración se tomó a los 90 días desde la base del tallo hasta el ápice de la florescencia masculina.

3.9.1.2 Altura de inserción mazorca

Se tomó en 10 plantas tomadas al azar, desde la superficie del suelo se midió en centímetro hasta el nudo de inserción de la mazorca.

3.9.1.3 Diámetro del segundo entrenudo

Se utilizó un calibrador vernier digital para medir el diámetro del segundo entrenudo en milímetros.

3.9.1.4 Longitud de mazorca

Se midieron en centímetros las mazorcas de 10 plantas tomadas al azar de cada tratamiento del experimento, desde la base al ápice de la mazorca hasta la punta de la misma.

3.9.1.5 Diámetro de mazorca

Se tomó en cuenta el diámetro de la parte central de la mazorca de 10 plantas tomadas al azar por tratamiento.

3.9.1.6 Número de hileras de grano de mazorca

Se contó de acuerdo al número de hileras por mazorca de cada tratamiento en 10 plantas tomadas al azar.

3.9.1.7 Días a cosecha

Se realizó de forma manual a los 120 días de acuerdo a su madurez fisiológica de la planta.

3.9.1.8 Rendimiento

El rendimiento se realizó al final de la cosecha considerando el peso de las semillas de cada tratamiento del experimento relacionándolo por hectárea.

3.9.1.9 Peso de 1 000 semillas

Se pesó en la balanza digital 1 000 semillas de cada tratamiento del experimento en gramos.

3.10 ANÁLISIS ECONÓMICO

Se empleó la metodología del CIMMYT, que considera los siguientes aspectos:

- Presupuesto parcial (rendimiento bruto, rendimiento ajustado, beneficio bruto, costos variables y beneficios netos).
- Análisis de dominancia (costos que varían y beneficios netos).
- Análisis marginal (costos que varían, costos marginales, beneficios netos marginales, tasa de retorno marginal).
- Tasa de retorno mínima aceptable, considerando el 100% para el presente ensayo. BORBOR T. (2013)

4. RESULTADOS

4.1. PORCENTAJE DE GERMINACIÓN

En esta variable el tratamiento 7 (T7) presentó el valor más alto (93,3%); seguido de los tratamientos T1, T3, T4, T6 y T9 con 91,7% a los 7 días de germinación; la prueba de Duncan al 5% no presenta diferencia significativa entre los tratamientos.

Cuadro 8. Análisis de la varianza del porcentaje de germinación a los 7 días.

Variable	N	R^2	R^2Aj	CV
Porcentaje de germinación	30	0,1	0	5,65

Análisis de la varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	55,83	11	5,08	0,19	0,9961
Tratamiento	34,17	9	3,8	0,14	0,9974
Repetición	21,67	2	10,83	0,41	0,6712
Error	478,33	18	26,57		
Total	534,17	29			

Medias de los tratamientos

Tratamiento	Medias	n	
T5 $\mathbf{N}_{150}P_0K_0$ + VAI +FPMG2 + FPMG4	90	3	A
T8 $\mathbf{N}_{150}P_0K_0$ + VAI + FPMG2	90	3	A
T2 $\mathbf{N}_{150}P_0K_0$ + FPMG2 + FPMG4	90	3	A
T10 $\mathbf{N}_0P_0\mathbf{K}_0$	90	3	A
T9 $\mathbf{N}_{200}P_0K_0$ + VAI + FPMG2	91,67	3	A
T6$\mathbf{N}_{200}P_0K_0$ + VAI +FPMG2 + FPMG4	91,67	3	A
T3$\mathbf{N}_{200}P_0K_0$ + FPMG2 + FPMG4	91,67	3	A
T1 $\mathbf{N}_{100}P_0K_0$ + FPMG2 + FPMG4	91,67	3	A
T4 $\mathbf{N}_{100}P_0K_0$ + VAI +FPMG2 + FPMG4	91,67	3	A
T7$\mathbf{N}_{100}P_0K_0$ + VAI + FPMG2	93,33	3	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0,05)

4.2 ALTURA DE PLANTA

Esta variable fue medida a los 30, 60, y 90 días de desarrollo vegetativo.

4.2.1 Altura de planta 30 días

El tratamiento que obtuvo mayor altura de planta fue el T8 con 58,23 cm y el menor fue el T10 con 50,53 cm a los 30 días de cultivo. Al 5% de probabilidad la prueba de Duncan presentó diferencias significativas entre los tratamientos, formando tres grupos estadísticos. Siendo el coeficiente de variación 4,9.

Cuadro 9. Análisis de la varianza, altura de planta a los 30 días

Variable	N	R^2	R^2Aj	CV
Altura de planta a los 30 días	30	0,54	0,25	4,9

Análisis de la varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	Valor p
Modelo	153,61	11	13,96	1,9	0,11
Tratamiento	145,57	9	16,17	2,2	0,0742
Repetición	8,04	2	4,02	0,55	0,5886
Error	132,55	18	7,36		
Total	286,16	29			

Medias de los tratamientos

Tratamiento	Medias	n		
T10 $\mathbf{N}_0P_0\mathbf{K}_0$	50,53	3	A	
T9 $\mathbf{N}_{200}P_0K_0$ + VAI + FPMG2	53,33	3	A	B
T6 $\mathbf{N}_{200}P_0K_0$ +VAI+ MG2 + MG4	54,3	3	A	B
T4 $\mathbf{N}_{100}P_0K_0$ + VAI+ MG2 + MG4	55,07	3	A	B
T5 $\mathbf{N}_{150}P_0K_0$ + VAI+ MG2 + MG4	55,3	3	A	B
T7 $\mathbf{N}_{100}P_0K_0$ + VAI + FPMG2	55,6	3	A	B
T3 $\mathbf{N}_{200}P_0K_0$ + FPMG2 + FPMG4	56,97	3		B
T1 $\mathbf{N}_{100}P_0K_0$ + FPMG2 + FPMG4	57,17	3		B
T2 $\mathbf{N}_{150}P_0K_0$ + FPMG2 + FPMG4	57,77	3		B
T8 $\mathbf{N}_{150}P_0K_0$ + VAI + FPMG2	58,23	3		B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0,05)

4.2.2 Altura de planta 60 días

Los resultados más altos obtenidos fueron T2 (198,40 cm), T8 (198,4 cm) y T1(198 cm) siendo el menor valor el testigo con 187,17 cm. Y el menor valor fue el testigo (181,17 cm). La prueba de Duncan al 5% indica que no hay diferencia significativa entre los tratamientos. Con un coeficiente de variación 3,43.

Cuadro 10. Análisis de la varianza, altura de planta a los 60 días

Variable	N	R^2	R^2Aj	CV
Altura de planta a los 60 días	30	0,47	0,14	3,43

Análisis de la varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	Valor p
Modelo	705,43	11	64,13	1,44	0,2389
Tratamiento	378,44	9	42,05	0,94	0,5144
Repetición	326,99	2	163,5	3,66	0,0463
Error	803,42	18	44,63		
Total	1508,85	29			

Medias de los tratamientos

Tratamiento	Medias	n	
T10 $\mathbf{N}_0P_0\mathbf{K}_0$	187,17	3	A
T9 $\mathbf{N}_{200}P_0K_0$ + VAI + MG4	191,57	3	A
T4 $\mathbf{N}_{100}P_0K_0$ + MG2 + MG4 + VAI	192	3	A
T6 $\mathbf{N}_{200}P_0K_0$ + MG2 + MG4 + VAI	193,5	3	A
T5 $\mathbf{N}_{150}P_0K_0$ + MG2 + MG4 + VAI	194,07	3	A
T3 $\mathbf{N}_{200}P_0K_0$ + MG2 + MG4	197,1	3	A
T7 $\mathbf{N}_{100}P_0K_0$ + VAI + MG4	197,67	3	A
T1 $\mathbf{N}_{100}P_0K_0$ + MG2 + MG4	198	3	A
T8 $\mathbf{N}_{150}P_0K_0$ + VAI + MG4	198,07	3	A
T2 $\mathbf{N}_{150}P_0K_0$ + MG2 + MG4	198,4	3	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0,05)

4.2.3 Altura de planta 90 días

A los 90 días de cultivo la mayor altura de planta fueron los tratamientos T8 y T2 con 253,8 y 249,0 cm y el menor valor, el testigo con 243,03 cm. La prueba de Duncan al 5% muestra que no existe diferencia significativa. Siendo el coeficiente de variación 2,43.

Cuadro 11. Análisis de la varianza, altura de planta a los 90 días

Variable	N	R^2	R^2Aj	CV
altura de planta a los 90 días	30	0,37	0	2,43

Análisis de la varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	Valor p
Modelo	380,35	11	34,58	0,96	0,5115
Tratamiento	255,18	9	28,35	0,79	0,6312
Repetición	125,17	2	62,59	1,74	0,204
Error	647,91	18	36		
Total	1028,26	29			

Medias de los tratamientos

Tratamiento	Medias	n	
T10 $\mathbf{N}_0P_0\mathbf{K}_0$	243,03	3	A
T6 $\mathbf{N}_{200}P_0K_0$ + VAI+ MG2 + MG4	244,33	3	A
T9 $\mathbf{N}_{200}P_0K_0$ + VAI + FPMG2	244,37	3	A
T4 $\mathbf{N}_{100}P_0K_0$ + VAI+ MG2 + MG4	245,67	3	A
T3 $\mathbf{N}_{200}P_0K_0$ + FPMG2 + FPMG4	246,07	3	A
T5$\mathbf{N}_{150}P_0K_0$ + VAI+ MG2 + MG4	246,1	3	A
T1 $\mathbf{N}_{100}P_0K_0$ + FPMG2 + FPMG4	247,97	3	A
T7 $\mathbf{N}_{100}P_0K_0$ + VAI + FPMG2	247,97	3	A
T2 $\mathbf{N}_{150}P_0K_0$ + FPMG2 + FPMG4	249	3	A
T8 $\mathbf{N}_{150}P_0K_0$ + VAI + FPMG2	253,8	3	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0,05)

4.3 ALTURA DE INSERCIÓN DE MAZORCA

El tratamiento que obtuvo mayor altura de inserción de mazorca lo obtuvo el T8 con 94,17 cm y el de menor valor con 89,47 cm del testigo a los 90 días de cultivo. El coeficiente de variación fue de 3,48. La prueba de Duncan al 5% de probabilidad no presenta diferencia significativa entre los tratamientos.

Cuadro 12. Análisis de la varianza, altura de inserción de la mazorca

Variable	N	R^2	R^2Aj	CV
Altura de inserción de mazorca	30	0,4	0,03	3,48

Análisis de la varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	Valor p
Modelo	122,27	11	11,12	1,09	0,4205
Tratamiento	75,5	9	8,39	0,82	0,6038
Repetición	46,77	2	23,38	2,29	0,1297
Error	183,58	18	10,2		
Total	305,85	29			

Medias de los tratamientos

Tratamiento	Medias	n	
T10 $\mathbf{N}_0P_0\mathbf{K}_0$	89,47	3	A
T9 $\mathbf{N}_{200}P_0K_0$ + VAI + FPMG2	89,97	3	A
T4 $\mathbf{N}_{100}P_0K_0$ + VAI +MG2 + MG4	90,27	3	A
T6 $\mathbf{N}_{200}P_0K_0$ + VAI+MG2 + MG4	90,93	3	A
T5 $\mathbf{N}_{150}P_0K_0$ +VAI+MG2 + MG4	91,47	3	A
T3 $\mathbf{N}_{200}P_0K_0$ + FPMG2 + FPMG4	92,3	3	A
T7 $\mathbf{N}_{100}P_0K_0$ + VAI + FPMG2	92,93	3	A
T1 $\mathbf{N}_{100}P_0K_0$ + FPMG2 + FPMG4	93,4	3	A
T2 $\mathbf{N}_{150}P_0K_0$ +FPMG2 +FPMG4	93,67	3	A
T8 $\mathbf{N}_{150}P_0K_0$ + VAI + FPMG2	94,17	3	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0,05)

4.4 DIÁMETRO DE TALLO

Los mayores resultados obtenidos fueron T8 (34,37 cm), T1 (34,28 cm) y T2 (34,2 cm) siendo el menor valor el testigo con 32,93 cm. La prueba de Duncan al 5% indica que no hay diferencia significativa entre los tratamientos. Con un coeficiente de variación 3,49.

Cuadro 13. Análisis de la varianza, diámetro de tallo

Variable	N	R^2	R^2Aj	CV
Distancia entre nudo	30	0,25	0	3,49

Análisis de la varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	8,36	11	0,76	0,54	0,8481
Tratamiento	4,54	9	0,5	0,36	0,9394
Repetición	3,82	2	1,91	1,37	0,28
Error	25,15	18	1,4		
Total	33,51	29			

Media de los tratamientos

Tratamiento	Medias	n	
T10 $\mathbf{N}_0P_0\mathbf{K}_0$	32,93	3	A
T9 $\mathbf{N}_{200}P_0K_0$ + VAI + FPMG2	33,57	3	A
T4 $\mathbf{N}_{100}P_0K_0$ + VAI+ FPMG2 +FPMG4	33,85	3	A
T6 $\mathbf{N}_{200}P_0K_0$ + VAI+ FPMG2 +FPMG4	33,9	3	A
T5 $\mathbf{N}_{150}P_0K_0$ + VAI+ FPMG2 +FPMG4	33,93	3	A
T3 $\mathbf{N}_{200}P_0K_0$ + FPMG2 + FPMG4	33,96	3	A
T7 $\mathbf{N}_{100}P_0K_0$ + VAI + FPMG2	33,97	3	A
T2 $\mathbf{N}_{150}P_0K_0$ + FPMG2 + FPMG4	34,2	3	A
T1 $\mathbf{N}_{100}P_0K_0$ + FPMG2 + FPMG4	34,28	3	A
T8 $\mathbf{N}_{150}P_0K_0$ + VAI + FPMG2	34,37	3	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0,05)

4.5 LONGITUD DE MAZORCA

La variable longitud de mazorca, al 5% de probabilidad con la prueba Duncan mostró diferencia significativa en los tratamientos, formando cuatro grupos estadísticos; siendo el mayor el T2 con 17,48 cm y el menor T10 con 15,59 cm respectivamente.

Cuadro 14. Análisis de la varianza, longitud de mazorca

Variable	N	R^2	R^2Aj	CV
Altura de mazorca	30	0,77	0,63	2,44

Análisis de la varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	Valor p
Modelo	10,18	11	0,93	5,54	0,0007
Tratamiento	6,64	9	0,74	4,42	0,0036
Repetición	3,54	2	1,77	10,6	0,0009
Error	3,01	18	0,17		
Total	13,19	29			

Media de los tratamientos

Tratamiento	Medias	n			
T10 $\mathbf{N}_0P_0\mathbf{K}_0$	15,59	3	A		
T3 $\mathbf{N}_{200}P_0K_0$ + FPMG2 + FPMG4	16,58	3		B	
T6 $\mathbf{N}_{200}P_0K_0$ + VAI+FPMG2 + FPMG4	16,61	3		B	
T4 $\mathbf{N}_{100}P_0K_0$ + VAI+ FPMG2 + FPMG4	16,65	3		B	
T9 $\mathbf{N}_{200}P_0K_0$ + VAI + FPMG2	16,82	3		B	C
T7 $\mathbf{N}_{100}P_0K_0$ + VAI + FPMG2	16,94	3		B	C
T8 $\mathbf{N}_{150}P_0K_0$ + VAI + FPMG2	16,95	3		B	C
T1 $\mathbf{N}_{100}P_0K_0$ + FPMG2 + FPMG4	17	3		B	C
T5 $\mathbf{N}_{150}P_0K_0$ + VAI+ FPMG2 + FPMG4	17,1	3		B	C
T2 $\mathbf{N}_{150}P_0K_0$ + FPMG2 + FPMG2	17,48	3			C

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0,05)

4.6 NÚMERO DE HILERAS DE GRANO POR MAZORCA

El número de hileras de granos por mazorca fueron, el mayor T1 con 19 hileras y el menor T10 con 17 hileras respectivamente. Al 5% de probabilidad con la prueba de Duncan las medias presentan diferencias significativas entre los tratamientos formando seis grupos estadísticos, con un coeficiente de variación de 2,23.

Cuadro 15. Análisis de la varianza, número de hileras de grano por mazorca

Variable	N	R^2	R^2Aj	CV
# hilera de mazorca	30	0,73	0,57	2,23

Análisis de la varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	8,04	11	0,73	4,47	0,0025
Tratamiento	7,87	9	0,87	5,35	0,0012
Repetición	0,17	2	0,09	0,53	0,5984
Error	2,94	18	0,16		
Total	10,98	29			

Medias de los tratamientos

Tratamiento	Medias	n				
T10 $\mathbf{N}_0P_0\mathbf{K}_0$	17	3	A			
T3 $\mathbf{N}_{200}P_0K_0$ +FPMG2 + FPMG4	17,73	3		B		
T9 $\mathbf{N}_{100}P_0K_0$ + VAI + FPMG2	17,8	3		B	C	
T7 $\mathbf{N}_{100}P_0K_0$ + VAI + FPMG2	17,97	3		B	C	
T4 $\mathbf{N}_{100}P_0K_0$ + VAI+ FPMG2 + FPMG4	18	3		B	C	
T6 $\mathbf{N}_{200}P_0K_0$ + VAI+ FPMG2 + FPMG4	18,2	3		B	C	
T5 $\mathbf{N}_{150}P_0K_0$ + VAI+ FPMG2 + FPMG4	18,23	3		B	C	
T8 $\mathbf{N}_{100}P_0K_0$ + VAI + FPMG2	18,47	3		B	C	D
T2 $\mathbf{N}_{150}P_0K_0$ + FPMG2 + FPMG4	18,53	3			C	D
T1 $\mathbf{N}_{100}P_0K_0$ + FPMG2 + FPMG4	19	3				D

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0,05)

4.7 DIÁMETRO DE MAZORCA

En la variable diámetro de mazorca al 5% de probabilidad de error con la prueba de Duncan, muestra diferencia significativa entre los tratamientos, formando siete grupos estadísticos, destacando el mayor T2 con 56,95 mm y menor el T10 con 54,94 mm diámetro de mazorca respectivamente; con un coeficiente de variación de 1,18 %.

Cuadro 16. Análisis de la varianza, diámetro de mazorca

Variable	N	R^2	R^2Aj	CV
Diámetro de mazorca		0,64	0,42	1,18

Análisis de la varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	Valor p
Modelo	14,01	11	1,27	2,94	0,0208
Tratamiento	12,64	9	1,4	3,24	0,0162
Repetición	1,37	2	0,68	1,58	0,2336
Error	7,81	18	0,43		
Total	21,81	29			

Media de los tratamientos

Tratamiento	Medias	n				
T10 $\mathbf{N}_0P_0\mathbf{K}_0$	54,94	3	A			
T8 $\mathbf{N}_{150}P_0K_0$ + VAI + FPMG2	55,1	3	A	B		
T6 $\mathbf{N}_{200}P_0K_0$ + VAI+ FPMG2 + FPMG4	55,28	3	A	B		
T4 $\mathbf{N}_{100}P_0K_0$ + VAI+ FPMG2 + FPMG4	55,54	3	A	B	C	
T7 $\mathbf{N}_{100}P_0K_0$ + VAI + FPMG2	55,97	3	A	B	C	D
T9 $\mathbf{N}_{200}P_0K_0$ + VAI + FPMG2	56,15	3	A	B	C	D
T5 $\mathbf{N}_{150}P_0K_0$ + VAI+ FPMG2 + FPMG4	56,19	3	A	B	C	D
T3 $\mathbf{N}_{200}P_0K_0$ +FPMG2 + FPMG4	56,25	3		B	C	D
T1 $\mathbf{N}_{100}P_0K_0$ + FPMG2 + FPMG4	56,76	3			C	D
T2 $\mathbf{N}_{150}P_0K_0$ + FPMG2 + FPMG4	56,95	3				D

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0,05)

4.8 PESO DE 1 000 SEMILLAS

El mayor peso de las mil semillas se presentó en el T2 con 407,87 g y el menor T10 con 386,6 g. La prueba de Duncan al 5% de probabilidad muestra un coeficiente de variación de 1,68 con cinco grupos estadísticos.

Cuadro 17. Análisis de la varianza, peso de 1000 semillas

Variable	N	R^2	R^2Aj	CV
Peso 1000 semilla	30	0,53	0,25	1,68

Análisis de la varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	Valor p
Modelo	912,78	11	82,98	1,86	0,1162
Tratamiento	823,23	9	91,47	2,05	0,0925
Repetición	89,55	2	44,77	1,01	0,3854
Error	801,22	18	44,51		
Total	1714	29			

Medias de los tratamientos

Tratamiento	Medias	n			
T10 $\mathbf{N}_0P_0\mathbf{K}_0$	386,6	3	A		
T4 $\mathbf{N}_{100}P_0K_0$ + VAI+ FPMG2 + FPMG4	393,3	3	A	B	
T6 $\mathbf{N}_{200}P_0K_0$ + VAI+ FPMG2 + FPMG4	394,7	3	A		
T3 $\mathbf{N}_{200}P_0K_0$ + FPMG2 + FPMG4	396,17	3	A	B	C
T1 $\mathbf{N}_{100}P_0K_0$ + FPMG2 + FPMG4	396,33	3	A	B	C
T9 $\mathbf{N}_{200}P_0K_0$ + VAI + FPMG2	397,67	3	A	B	C
T5 $\mathbf{N}_{150}P_0K_0$ + VAI+ FPMG2 + FPMG4	399,37	3	A	B	C
T7 $\mathbf{N}_{100}P_0K_0$ + VAI + FPMG2	400,17	3		B	C
T8 $\mathbf{N}_{150}P_0K_0$ + VAI + FPMG2	400,57	3		B	C
T2 $\mathbf{N}_{150}P_0K_0$ + FPMG2 + FPMG4	407,87	3			C

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0,05)

4.9 RENDIMIENTO

El tratamiento con mayor rendimiento fue el T2 con 10 400,43 kg/ha y el menor T10 con 6 262,82 kg/ ha. Al 5% de probabilidad con la prueba de Duncan, existe diferencia significativa en los tratamientos, con un coeficiente de variación de 1,8; formando nueve grupos estadísticos equitativamente.

Cuadro 18. Análisis de la varianza, Rendimiento

Variable	N	R^2	R^2Aj	CV
Rendimiento	30	0,99	0,98	1,81

Análisis de la varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	Valor p
Modelo	36007364,4	11	3273396,77	139,27	<0,0001
Tratamiento	35960244,3	9	3995582,7	169,99	<0,0001
Repetición	47120,13	2	23560,07	1	0,3866
Error	423076,4	18	23504,24		
Total	36430440,8	29			

Medias de los tratamientos

Tratamientos	Medias	N							
T10 $\mathbf{N}_0P_0\mathbf{K}_0$	6262,82	3	A						
T4 $\mathbf{N}_{100}P_0K_0$ + VAI+ FPMG2 + FPMG4	7039,96	3		B					
T6 $\mathbf{N}_{200}P_0K_0$ + VAI+ FPMG2 + FPMG4	8288,57	3			C				
T5 $\mathbf{N}_{150}P_0K_0$ + VAI+ FPMG2 + FPMG4	8386,57	3			C	D			
T3 $\mathbf{N}_{200}P_0K_0$ + FPMG2 + FPMG4	8398,6	3			C	D			
T9 $\mathbf{N}_{200}P_0K_0$ + VAI + FPMG2	8629,23	3				D			
T7 $\mathbf{N}_{100}P_0K_0$ + VAI + FPMG2	8963,59	3					E		
T1 $\mathbf{N}_{100}P_0K_0$ + FPMG2 + FPMG4	9115,52	3					E	F	
T8 $\mathbf{N}_{150}P_0K_0$ + VAI + FPMG2	9252,94	3						F	
T2 $\mathbf{N}_{150}P_0K_0$ + FPMG2 + FPMG4	10400,43	3							G

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0,05)

4.10 ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS TRATAMIENTOS

Los valores que superan la unidad de la relación beneficio costo, corresponde a los tratamientos T2 (1,25), T1 ($1,17), T7 ($1,14), T8 ($1,11) T5 ($1,007) y el menor valor al T10 ($0,97); destacando el T2 con $1,25, indicando que por cada dólar invertido se obtiene una utilidad de 0,25 dólares (Cuadro 22).

Al someter el experimento a la metodología del presupuesto parcial, los rendimientos se ajustan al 10% considerando la diferencia con la producción comercial. Al ordenar los tratamientos según los costos que varían, se deduce que el mayor beneficio neto ocurre en el T2 con $ 2 097,39.

Al realizar el análisis de dominancia los tratamientos T4, T7, T5, T8, T3, T6 y T9 fueron dominados por T1 y T2 debido al aumento en los costos variables con relación a los beneficios netos. El T10 (testigo) no implicó fertilización y por lo tanto no es dominado (Cuadro 20).

El análisis marginal señala que la mayor tasa de retorno lo obtiene el T1, lo que significa que al usar una tecnología diferente con relación al T10 se obtiene el 255,1% de tasa de retorno. Considerando también que el T2 con 146.4 % supera a la tasa de retorno mínima aceptable considerada en 100% (Cuadro 21).

Los tratamientos T3, T6 y T9 obtuvieron costos variables más altos debido a las dosis de fertilización nitrogenada con un valor de $ 495,04 por tratamiento; mientras que el más bajo fue el T10 que no se fertilizó (Cuadro 19).

Cuadro 19. Producción de maíz con semillas inoculadas con *Rhizobium* sp. en Barcelona, cantón Santa Elena, resultados del Presupuesto parcial.

Tratamiento	Rendimiento Kg/ha	Rendimiento ajustado 10%	Rendimiento sacos de 45,5 kg	Precio de venta saco de 45,5 Kg	Costo de cosecha (1usd/qq)	Beneficio bruto	Costos que varían	Beneficio neto
T1	9116	8204	180	13	180	2163,68	247,52	1916,16
T2	10400	9360	206	13	206	2468,67	371,28	2097,39
T3	8399	7559	166	13	166	1993,51	495,04	1498,47
T4	7040	6336	139	13	139	1671,02	247,52	1423,50
T5	8387	7548	166	13	166	1990,66	371,28	1619,38
T6	8289	7460	164	13	164	1967,40	495,04	1472,36
T7	8964	8067	177	13	177	2127,62	247,52	1880,10
T8	9253	8328	183	13	183	2196,30	371,28	1825,02
T9	8629	7766	171	13	171	2048,26	495,04	1553,22
T10	6263	5637	124	13	124	1486,56	0,00	1486,56

Cuadro 20. Producción de maíz con semillas inoculadas con *Rhizobium* sp. en Barcelona, cantón Santa Elena, resultados del Análisis de dominancia.

ANÁLISIS DE DOMINANCIA

Tratamiento	Costos que varian	Beneficio neto	
T10	0,00	1284,68	
T1	247,52	1916,16	
T4	247,52	1423,50	D
T7	247,52	1880,10	D
T2	371,28	2097,39	
T5	371,28	1619,38	D
T8	371,28	1825,02	D
T3	495,04	1423,50	D
T6	495,04	1472,36	D
T9	495,04	1553,22	D

Cuadro 21. Producción de maíz con semillas inoculadas con *Rhizobium* sp. en Barcelona, cantón Santa Elena, resultados del Análisis marginal.

Tratamiento	Costos que varian	Costos marginales	Beneficio neto	Beneficios netos marginales	Tasa de retorno marginal	Tasa de retorno mínima aceptable
T10	0,00	0,00	1284,68	0,00	0,0	0
T1	247,52	247,52	1916,16	631,48	255,1	100
T2	371,28	123,76	2097,39	181,23	146,4	100

Cuadro 22. Relación beneficio costo

Labores / Actividades	Unidad	Cant.	Costo Unitario	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
1. Análisis de Laboratorio	Análisis	1	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
2. Preparación de suelo													
Arada	Horas	2	40	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Rastrada	Horas	2	40	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
3. Semilla													
Agri 201	25Kg	1	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
Siembra	Jornales	8	15	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
4. Fertilización													
Sulfato de amonio	sacos/50 kg		26	247,52	371,28	495,04	247,52	371,28	495,04	247,52	371,28	495,04	0
Fertilización	Jornales	6	15	90	90	90	90	90	90	90	90	90	
5. Biofertilizante	Lt	66	3,71	244,86	244,86	244,86	244,86	244,86	244,86	244,86	244,86	244,86	244,86
6. Control de malezas													
Herbicidas	Lt	1	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8
Aplicación	Jornales	1	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Control mecánico	Jornales	8	15	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
7. Control fitosanitario													
Insecticidas	Lt	4	15	87,15	87,15	87,15	87,15	87,15	87,15	87,15	87,15	87,15	87,15
Mano de obra	Jornal	3	15	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
8. Costo de agua	m3	0,03	350	23,52	23,52	23,52	23,52	23,52	23,52	23,52	23,52	23,52	23,52
9. Equipo de riego	Equipo	1	3500	350	350	350	350	350	351	352	353	354	355
10. Costo parcial Usd.				1898,85	2022,61	2146,37	1898,85	2022,61	2147,37	1900,85	2025,61	2150,37	1566,33
11. Costos administrativos	5%			94,94	101,13	107,32	94,94	101,13	107,37	95,04	101,28	107,52	78,32
12. Costo financiero	12%			239,26	254,85	270,44	239,26	254,85	270,57	239,51	255,23	270,95	197,36
13. COSTOS TOTALES USD				2233,05	2378,59	2524,13	2233,05	2378,59	2525,31	2235,40	2382,12	2528,84	1842,00
14. Beneficio bruto en campo				2604,43	2971,55	2399,60	2011,42	2396,16	2368,16	2561,03	2643,70	2465,49	1789,38
Relación beneficio/costo				1,17	1,25	0,951	0,901	1,007	0,938	1,146	1,110	0,975	0,971

5. DISCUSIÓN

El T2 que contiene dosis media de fertilizante nitrogenado más inoculante con las cepas FPMG2 + FPMG4 obtuvo los mejores resultados en todas las variables, lo cual concuerda con SANTACRUZ G. (2007), quien menciona a los inoculantes bacterianos como alternativa viable para reducir a la mitad el uso de fertilizantes químicos sin afectar la productividad del cultivo.

De igual forma los resultados obtenidos en los tratamientos T3, T6 y T9 concuerda con lo señalado por RODRIGUEZ A. y MENDOZA N. (1995), en el sentido de que en dosis altas de nitrato o amonio en el suelo las bacterias se inhiben; resultado obtenido en los T3, T6 y T9.

En la variable peso de las 1 000 semillas los tratamientos T2 N_{150} + (FPMG2+FPMG4) y T8 N_{150} + (VAI+FPMG2) presentan iguales resultados, y coinciden con BORBOR G. (2013) en la interacción de las cepas VAI+FPMG2 e individualmente FPMG2 en la localidad de Manglaralto, cantón Santa Elena.

Se coincide con el mismo autor, en la variable de producción, donde el T2 N_{150} + (FPMG2+FPMG4) muestra el mejor rendimiento, al igual que la cepa FPMG2 del T7; lo que podría indicar que *Rhizobium* sp. estaría interactuando con la planta.

Los resultados obtenidos en este experimento sugieren que estas bacterias fijadoras de nitrógeno al aplicarse directamente a las semillas, superficie de las plantas o al suelo, colonizan la rizósfera y/o el interior de las plantas; promoviendo su crecimiento y aumentando la disponibilidad de los nutrientes y la sanidad vegetal en el hospedero; mencionado por VESSEY S. (2003) y (FAUBA) FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES (2011), quienes al inocular maíz con bacterias promotoras de crecimiento,

(*Azospirillium)* lograron un rendimiento de 198 qq/ha, lo que significa el 16% de ganancia. Como comparación con el presente experimento se ha logrado un rendimiento de 200 qq/ha en el T2 (Inoculación con *Rhizobium*).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- En referencia al comportamiento agronómico, los tratamientos con biofertilizantes siempre superaron al testigo sin fertilizar e inocular; así, los tratamientos T2 N_{150} (FPMG2+FPMG4) T8 N_{150} (VAI+FPMG2), T1 (FPMG2 + FPMG4) y T7 (VAI+FPMG2), obtuvieron mejores resultados en 5, 4, y 1 de las once variable estimadas, respectivamente.

- En cuanto al rendimiento, los mejores tratamientos fueron el T2, T8 y T1 con 206, 183 y 180 sacos/ha y con una relación B/C de 1,25; 1,10 y 1,17 respectivamente. Lo que se explica con el hecho de que, en dosis medias de fertilizante amoniacal mineral (N_{150} y N_{100}), los biofertilizantes disminuyen los costos de producción en maíz.

- De acuerdo al método de "Presupuesto Parcial" del CIMMYT (1988), el mejor tratamiento es el T1 con una tasa de rendimiento marginal del 255.1%, lo que significa que es el mejor en base a la tecnología aplicada y al bajo costo de producción en fertilizantes, comparado con el T2 que tiene mayor beneficio neto pero una baja tasa de retorno marginal, causada por un mayor costo de producción.

- Los resultados del rendimiento del presente experimento indican que la combinación de cepas FPMG2+FPMG4 y VAI+FPMG2 puede ser útil en la producción de maíz, y servir como una alternativa que disminuya el uso excesivo de fertilizantes químicos.; aclarándose que el bioinoculante más la dosis de fertilizante interactúan para el buen rendimiento del cultivo permitiendo la pronta recuperación del suelo.

RECOMENDACIONES

- Continuar investigando con las cepas empleadas en este experimento en otros cultivos de interés agrícola y forestal.

- Aislar y caracterizar otras cepas bacterianas simbióticas y diazotróficas provenientes de ecosistemas locales con el fin de obtener un biofertilizante eficaz y asequible al productor.

7. BIBLIOGRAFÍA

ALARCÓN A. y FERRERA R. 2000. Biofertilizantes: importancia y utilización en la agricultura (en línea) Consultado 14 mar. 2012. Disponible en revistasinifap.org.mx/index.php/Agricolas/article/viewFile/589/588

ARMAS M. 2004. Identificación y evaluación de micorrizas versículo arbusculares en maíz *(Zea mays)*,AT. 125p.

ARTEAGA E., TORRES L., y TOBALINA C. 2009. Análisis de la cadena productiva y comercializadora del maíz y como fuente de exportación 12p.

BACA B. 2002. Líneas de investigación: Bioquímica y Biología Molecular de la interacción microorganismo-planta (en línea). Puebla, MX. Instituto de Ciencias. Consultado 13 mar. 2010. Disponible en http//www.buap.mx/investigacion/icuap/area.htm

BASHAN D. *et al.* 2007. Microbiología agrícola: hongos, bacterias, micro y macrofauna, control biológico, planta-microorganismo. (Eds.) Ferrera-Cerrato, R., and Alarcón, A. Chapter 8. Published by: Editorial Trillas, Mexico City, Mexico. pp. 170-224.

BASHAN D. y HOLGUIN S. 1997. Inoculants of growth-Promoting Bacteria for use in Agriculture. Department of Microbiology, Division of Experimental Biology. The Center forBiological Research of the Northwest. MX. 1 - 3p.

BIANCHINI L. 2012 Microbiología ambiental (en línea) Consultado el 16 jul. 2013. Disponible en http://www.academia.edu/4227925/Bacterias_heterotrofas.

BORBOR G. 2013. Producción de maíz a partir de semillas inoculadas con *Rhizobium* sp. en Manglaralto, Cantón santa Elena. 97 p.

CEVALLOS G. 2005. Comercio exterior, producción y determinación de precios del maíz en México: implicaciones y propuestas para mejorar la competencia.146 p.

COCKING E. 2005. OBPC SYMPOSIUM: maize 2004 & beyond – intracellular colonization of cereals and other crop plants by nitrogen-fixing bacteria for reduced inputs of synthetic nitrogen fertilizers. Disponible en: http://www.bioone.org/doi/full/10.1079/IVP2005657?prevSearch=Rhizobium%2Bin%2Bmaize&searchHistoryKey=&queryHash=965ad9134e73c acc547a0e543d 11870c.

CRESPO L. y JULIO A. 2012. Identificación y caracterización de *Rhizobium* nativo para la producción de biofertilizante en la provincia de Santa Elena. Tesis Ing. Agr. La Libertad, EC. Universidad Estatal Península de Santa Elena. 62p.

CIMMYT. 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. México, D.F., MX. 79 p

DOWNIE A. y BREWIN N. 2007. Rhizobium. en línea. Consultado el 19 de mar. 2013. Disponible en www.jic.ac.uk/science/molmicro/rhizo.html

ELLEN SIMMS L. y LEE TAYLOR D 2002 La biología de la fijacion de nitrógeno en leguminosas. Biología Integrativa y Comparado Abril de 2002: vol. 42, Número 2 (Abril 2002), pg (s) 369-380 Disponible en http://www.bioone.org/action/doSearch?searchText=RHIZOBIUM

ESPAC 2011. Datos estadísticos agropecuarios Resumen Ejecutivo. Sistema estadísticos agropecuario nacional (SEAN) Encuesta de superficie y producción agropecuaria continúa.(ESPAC).

FERRERA R. 1993. Manual de Agromicrobiología. Editorial Trillas S.A. MX.14 p.

FERLINI H. y DÍAZ S. 2006. Inoculación de *Azospirillum brasilense* en el cultivo de maíz (Zea mays L.). Santa Fé – AR. Consultado el 16 de feb. 2012. Disponible en http://www.engormix.com/inoculacion_con_azopirillum_brasilense_s_articulos_1159.AGR.htm

FRIONI L. 1999. Procesos microbianos. Tomo II. Ed. de la Fundación de la U.N. Río Cuarto. ES. 284-286p.

HASEEB A. y MUSURAT J. 2000. Agroquímicos como antagonista de la lectina mediada Rhizobim- leguminosa simbiosis: paradigmas y perspectiva. Academia India de Ciencias Current Science; 78 (7):793-797. 45 ref Disponible en http://ovidsp.tx.ovid.com/sp3.11.0a/ovidweb.cgi?&S=HBMKFPLJABDDJPGFNCMKGHMCOMNGAA00&Search+Link=%22Akhtar+Haseeb%22.au.

HERNÁNDEZ L. y ESCALONA M. 2003. Microorganismos que benefician a las plantas: las bacterias PGPR. en línea. Consultado el 4 de feb 2013. Disponible en www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol16num1/articulos/.../micro.htm

INIAP 2011. MÓDULO VI Manejo Integrado del Cultivo del Maíz Suave. Sistema nacional de transferencia y difusión de tecnología 50p.

INIAP 2007. Oferta tecnológica del programa nacional de maíz. en línea. Consultado el 26 de mar 2014. Disponible en www.iniap.gob.ec/nsite/images/stories/.../matrizmaizsantacata.doc

JIMÉNEZ R., TABARES F. y OLALDE V. 2001.Plantas, hongos micorrízicos y bacterias: su compleja red de interacciones. Biología. 65p

LA FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA UBA (FAUBA) 2011. La FAUBA desarrolla bioinoculantes para resistir enfermedades. en línea. Consultado el 26 de mar. 2013. Disponible en dealapr.blogspot.com/2011/.../investigan-microorganismos-capaces-de.ht..

LAURENT S. 2006. Análisis moleculares de suelo- bacterias nitrificantes. Departamento de Microbiología de la Universidad de Ciencia Agrícola. Caja 7025, SE 75007 UppSala. Disponible en http://ovidsp.tx.ovid.com/sp-3.11.0a/ovidweb.cgi

LOREDO C., LÓPEZ R., y ESPINOSA V. 2004. Bacterias promotoras de crecimiento. en línea. Consultado el 4 abr. 2013. Disponible en es.scribd.com/doc/3288622/Bacterias-promotoras-del-crecimiento-

MATEO J. 1.993. Biotecnología, Agricultura y Alimentación. Ediciones Mundi-Prensa, PE. 54p.

MARTÍNEZ R., TOLEDO N. y ARGUELLES C. 1999. Introducción al conocimiento de los biofertilizantes. Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense, MX.43p.

MARTÍN G., RIVERA A., y MUJICA Y. 2007. Estimación de la fijación biológica del nitrógeno de la Canavalia ensiformis por el Método de la diferencia

de N° total. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Cuba. Cultivos Tropicales, vol. 28, núm. 4, 2007, 75-78 p.

MORA F. 1995: Selección de cepas nativas de *Rhizobium leguminosarum* bv phaseoli eficientes en fijación biológica de nitrógeno en suelos de Costa Rica. Agronomía mesoamericana 6: 68-74p.

MORENO L. 2010: Caracterización de las cepas ICA L9 E ICA J96, de bacterias simbióticas fijadoras de nitrógeno y pruebas de estabilidad de inoculantes elaborados para cultivos de arveja y soya, CO. 56p.

NÁPOLES M. *et al* 2008: Factores de nodulación. Experiencia en Cuba. Revista cultivos tropicales. Vol. 29, No. 2, pp. 71-80. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) CU. en línea. Disponible enhttp://redalyc.uaemex.m.jsp?iCve=193214882012.x/src/inicio/ArtPdfRed

NEYRA M. 1.995. Manual técnico de la fijación biológica del nitrógeno leguminosa/*Rhizobium*. Roma, IT. 35p.

NOCETI J. 2000. Biofertilizantes - Un nuevo desafío en nuestro país y en la región; Uruguay, Pp. 2-5.

ORTEGA M. 1999. Utilización de inoculante mixto en maíz. Trabajo final de graduación. Cátedra de Microbiología Agrícola – FCA .UNNE. 12p.

OLIVARES J. 2002. *Rhizobium* como no fijador. en línea. Consultado el 9feb. 2013. Disponible en www.eez.csic.es/~olivares/ciencia/rhizobium/rhizobium.htm

OKON y VANDERLEYDEN J. 1997. "Root associatied Azospirillum species can stimulate plants". ASM News 63: p 7 – 10.

PLANA R. *et al* 2008: Efecto de dos inoculantes micorrzicos arbusculares (base liquida y sólida) en el cultivo del trigo duro (*Triticum durum*). Revista Cultivos Tropicales. Vol. 29, No. 4, pp. 35-40. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) CU.

PROECUADOR 2011. Producción internacional de maíz duro disponible en: http://www.proecuador.gob.ec/?s=MAIZ++33g3

RIBAUDO C. 2011. Desarrollo bioinoculantes para resistir enfermedades cátedra de biotecnología FAUBA, AR.45 p.

RODRIGUEZ M. y MENDOZA N. 1995. microorganismos libres fijadores de nitrógeno In Agromicrobiología: Elemento útil en la agricultura sostenible. Ferrera Cerrato, R y J. Pérez Moreno (eds.). Colegio de Postgrados en Ciencias Agrícolas. Montecillo, MX.105-126 p.

SANTACRUZ G. 2007. Maíz bioinoculante *ini 270901* – siac (en línea) Consultado el 10 feb. 2012. Disponible en www.siac.org.mx/tecnos/gto41.pdf

SANTILLANA N. *et. al* 2005: Capacidad del *Rhizobium* de promover el crecimiento en plantas de tomate. Revista Ecología aplicada Vol. 4 Nº 1 y 2, p. 47-51. Departamento Académico de Biología, Universidad Nacional Agraria La Molina.Lima, PE.

SOLAGRO 2006. Cultivo de maíz. en línea. Consultado el 10 de mar. 2013. Disponible en www.solagro.com.ec/cultdet.php?vcultivo=Ma%EDz

TROPICALCIS 2009. Ficha técnica de AGRI103, 104 y 344p, plegable divulgación Bo. Consultado en jul. 2012. Disponible en http://tropigene.net/index.php?view=article&catid=39%3Aultimas

noticias&id=44%3Aagri-104-muestra-performance-sobresaliente-en-el-norte-de santa-cruz-bolivia&format=pdf&option=com_content⟨=es

VESSEY K. 2003. Plant growth promoting Rhizobacteria as biofertilizers. Plant and Soil255: 571-586p.

VILLAMARIN F. 2012. Validación de alternativas de control de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), en el cultivo de maíz (*Zea mays*) híbrido INIAP h-553 en el cantón Urdaneta, provincia de los Ríos. 80p.

ANEXOS

Cuadro 1A. Porcentaje de germinación (%) al día 7. Producción de maíz a partir de semillas inoculadas con *Rhizobium* sp. En Barcelona, cantón Santa Elena.

TRATAMIENTOS	REPETRICIONES			SUMA	PROMEDIO
	R1	R2	R3		
T1 N_{100}(FPMG2+FPMG4)	95,00	95,00	85,00	275,0	91,7
T2 N_{150}(FPMG2+FPMG4)	95,00	90,00	85,00	270,0	90,0
T3 N_{200}(FPMG2+FPMG4)	90,00	90,00	95,00	275,0	91,7
T4 N_{100}(VAI+FPMG2+FPMG4)	95,00	90,00	90,00	275,0	91,7
T5 N_{150}(VAI+FPMG2+FPMG4)	85,00	90,00	95,00	270,0	90,0
T6 N_{200}(VAI+FPMG2+FPMG4)	95,00	90,00	90,00	275,0	91,7
T7 N_{100}(VAI+FPMG2)	90,00	95,00	95,00	280,0	93,3
T8 N_{150}(VAI+FPMG2)	90,00	95,00	85,00	270,0	90,0
T9 N_{200}(VAI+FPMG2)	95,00	85,00	95,00	275,0	91,7
T10 $N_0P_0K_0$	85,00	100,00	85,00	270,0	90,0

Cuadro 2A. Altura de planta a los 30 días (cm). Producción de maíz a partir de semillas inoculadas con *Rhizobium* sp. En Barcelona, cantón Santa Elena.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			SUMA	PROMEDIOS
	R1	R2	R3		
T1 N_{100}(FPMG2+FPMG4)	57,4	60,7	53,4	171,5	57,2
T2 N_{150}(FPMG2+FPMG4)	59,1	55,2	59,0	173,3	57,8
T3 N_{200}(FPMG2+FPMG4)	57,2	57,4	56,3	170,9	57,0
T4 N_{100}(VAI+FPMG2+FPMG4)	53,6	55,1	56,5	165,2	55,1
T5 N_{150}(VAI+FPMG2+FPMG4)	54,6	54,8	56,5	165,9	55,3
T6 N_{200}(VAI+FPMG2+FPMG4)	54,7	54,8	53,4	162,9	54,3
T7 N_{100}(VAI+FPMG2)	52,8	57,9	56,1	166,8	55,6
T8 N_{150}(VAI+FPMG2)	58,2	60,7	55,8	174,7	58,2
T9 N_{200}(VAI+FPMG2)	53,5	57,2	49,3	160,0	53,3
T10 $N_0P_0K_0$	54,7	45,9	51,0	151,6	50,5

Cuadro 3A. Altura de planta a los 60 días (cm). Producción de maíz a partir de semillas inoculadas con *Rhizobium* sp. En Barcelona, cantón Santa Elena.

TRATAMIENTOS	REPETRICIONES			SUMA	PROMEDIO
	R1	R2	R3		
T1 N_{100}(FPMG2+FPMG4)	186,3	206,5	201,2	594,0	198,0
T2 N_{150}(FPMG2+FPMG4)	198,2	191,9	205,1	595,2	198,4
T3 N_{200}(FPMG2+FPMG4)	198,4	194,4	198,5	591,3	197,1
T4 N_{100}(VAI+FPMG2+FPMG4)	184,8	186,6	204,6	576,0	192,0
T5 N_{150}(VAI+FPMG2+FPMG4)	189,5	189,9	202,8	582,2	194,1
T6 N_{200}(VAI+FPMG2+FPMG4)	191,0	192,9	196,6	580,5	193,5
T7 N_{100}(VAI+FPMG2)	189,6	200,2	203,2	593,0	197,7
T8 N_{150}(VAI+FPMG2)	197,4	198,3	198,5	594,2	198,1
T9 N_{200}(VAI+FPMG2)	184,0	204,7	186,0	574,7	191,6
T10 $N_0P_0K_0$	188,9	180,2	192,4	561,5	187,2

Cuadro 4A. Altura de planta a los 90 días (cm). Producción de maíz a partir de semillas inoculadas con *Rhizobium* sp. En Barcelona, cantón Santa Elena.

TRATAMIENTOS	REPETRICIONES			SUMA	PROMEDIO
	R1	R2	R3		
T1 N_{100}(FPMG2+FPMG4)	239,8	250,8	253,3	743,9	248,0
T2 N_{150}(FPMG2+FPMG4)	252,3	251,6	243,1	747,0	249,0
T3 N_{200}(FPMG2+FPMG4)	241,4	252,7	244,1	738,2	246,1
T4 N_{100}(VAI+FPMG2+FPMG4)	247,9	238,6	250,5	737,0	245,7
T5 N_{150}(VAI+FPMG2+FPMG4)	235,1	253,4	249,8	738,3	246,1
T6 N_{200}(VAI+FPMG2+FPMG4)	247,7	241,9	243,4	733,0	244,3
T7 N_{100}(VAI+FPMG2)	239,9	259,3	244,7	743,9	248,0
T8 N_{150}(VAI+FPMG2)	255,6	256,8	249,0	761,4	253,8
T9 N_{200}(VAI+FPMG2)	241,9	248,1	243,1	733,1	244,4
T10 $N_0P_0K_0$	243,8	241,8	243,5	729,1	243,0

Cuadro 5A. Altura de inserción de mazorca (cm). Producción de maíz a partir de semillas inoculadas con *Rhizobium* sp. En Barcelona, cantón Santa Elena.

TRATAMIENTOS	REPETRICIONES			SUMA	PROMEDIO
	R1	R2	R3		
T1 N_{100}(FPMG2+FPMG4)	88,2	96,9	95,1	280,2	93,4
T2 N_{150}(FPMG2+FPMG4)	94,7	92,1	94,2	281,0	93,7
T3 N_{200}(FPMG2+FPMG4)	90,8	95,1	91,0	276,9	92,3
T4 N_{100}(VAI+FPMG2+FPMG4)	89,8	86,8	94,2	270,8	90,3
T5 N_{150}(VAI+FPMG2+FPMG4)	84,6	93,8	96,0	274,4	91,5
T6 N_{200}(VAI+FPMG2+FPMG4)	89,7	89,8	93,3	272,8	90,9
T7 N_{100}(VAI+FPMG2)	88,8	96,9	93,1	278,8	92,9
T8 N_{150}(VAI+FPMG2)	93,2	96,6	92,7	282,5	94,2
T9 N_{200}(VAI+FPMG2)	89,5	90,2	90,2	269,9	90,0
T10 $N_0P_0K_0$	92,0	85,8	90,6	268,4	89,5

Cuadro 6A. Diámetro al segundo entrenudo a los 90 días de cultivo (mm). Producción de maíz a partir de semillas inoculadas con *Rhizobium* sp. En Barcelona, cantón Santa Elena.

TRATAMIENTOS	REPETRICIONES			SUMA	PROMEDIO
	R1	R2	R3		
T1 N_{100}(FPMG2+FPMG4)	32,98	35,92	33,95	102,9	34,3
T2 N_{150}(FPMG2+FPMG4)	32,91	35,21	34,48	102,6	34,2
T3 N_{200}(FPMG2+FPMG4)	33,76	34,46	33,65	101,9	34,0
T4 N_{100}(VAI+FPMG2+FPMG4)	33,70	31,73	36,13	101,6	33,9
T5 N_{150}(VAI+FPMG2+FPMG4)	33,50	34,40	33,89	101,8	33,9
T6 N_{200}(VAI+FPMG2+FPMG4)	35,28	32,75	33,68	101,7	33,9
T7 N_{100}(VAI+FPMG2)	32,33	35,13	34,44	101,9	34,0
T8 N_{150}(VAI+FPMG2)	34,21	34,65	34,26	103,1	34,4
T9 N_{200}(VAI+FPMG2)	32,62	34,01	34,09	100,7	33,6
T10 $N_0P_0K_0$	32,83	31,94	34,03	98,8	32,9

Cuadro 7A. Longitud de mazorca (cm). Producción de maíz a partir de semillas inoculadas con *Rhizobium* sp. En Barcelona, cantón Santa Elena.

TRATAMIENTOS	REPETRICIONES			SUMA	PROMEDIO
	R1	R2	R3		
T1 N_{100}(FPMG2+FPMG4)	17,46	17,05	16,50	51,0	17,0
T2 N_{150}(FPMG2+FPMG4)	17,45	17,10	17,90	52,5	17,5
T3 N_{200}(FPMG2+FPMG4)	16,63	17,10	16,00	49,7	16,6
T4 N_{100}(VAI+FPMG2+FPMG4)	17,40	16,60	15,95	50,0	16,7
T5 N_{150}(VAI+FPMG2+FPMG4)	17,75	16,80	16,75	51,3	17,1
T6 N_{200}(VAI+FPMG2+FPMG4)	16,83	16,55	16,45	49,8	16,6
T7 N_{100}(VAI+FPMG2)	17,16	17,45	16,20	50,8	16,9
T8 N_{150}(VAI+FPMG2)	17,55	16,75	16,55	50,9	17,0
T9 N_{200}(VAI+FPMG2)	17,86	16,50	16,11	50,5	16,8
T10 $N_0P_0K_0$	16,01	15,45	15,30	46,8	15,6

Cuadro 8A. Diámetro de mazorca (mm). Producción de maíz a partir de semillas inoculadas con *Rhizobium* sp. En Barcelona, cantón Santa Elena.

TRATAMIENTOS	REPETRICIONES			SUMA	PROMEDIO
	R1	R2	R3		
T1 N_{100}(FPMG2+FPMG4)	55,54	57,69	57,06	170,3	56,8
T2 N_{150}(FPMG2+FPMG4)	57,48	56,69	56,69	170,9	57,0
T3 N_{200}(FPMG2+FPMG4)	56,88	56,61	55,25	168,7	56,2
T4 N_{100}(VAI+FPMG2+FPMG4)	55,50	55,44	55,67	166,6	55,5
T5 N_{150}(VAI+FPMG2+FPMG4)	55,84	56,69	56,04	168,6	56,2
T6 N_{200}(VAI+FPMG2+FPMG4)	55,11	55,72	55,02	165,9	55,3
T7 N_{100}(VAI+FPMG2)	55,15	56,30	56,46	167,9	56,0
T8 N_{150}(VAI+FPMG2)	54,00	55,46	55,83	165,3	55,1
T9 N_{200}(VAI+FPMG2)	55,78	56,10	56,58	168,5	56,2
T10 $N_0P_0K_0$	55,42	55,20	54,19	164,8	54,9

Cuadro 9A. Número de hileras de grano por mazorca. Producción de maíz a partir de semillas inoculadas con *Rhizobium* sp. En Barcelona, cantón Santa Elena.

TRATAMIENTOS	REPETRICIONES			SUMA	PROMEDIO
	R1	R2	R3		
T1 N_{100}(FPMG2+FPMG4)	18,80	18,80	19,40	57,0	19,0
T2 N_{150}(FPMG2+FPMG4)	18,60	18,80	18,20	55,6	18,5
T3 N_{200}(FPMG2+FPMG4)	17,70	17,90	17,60	53,2	17,7
T4 N_{100}(VAI+FPMG2+FPMG4)	17,80	18,40	17,80	54,0	18,0
T5 N_{150}(VAI+FPMG2+FPMG4)	17,90	18,20	18,60	54,7	18,2
T6 N_{200}(VAI+FPMG2+FPMG4)	18,20	18,60	17,80	54,6	18,2
T7 N_{100}(VAI+FPMG2)	17,70	18,20	18,00	53,9	18,0
T8 N_{150}(VAI+FPMG2)	19,00	17,60	18,80	55,4	18,5
T9 N_{200}(VAI+FPMG2)	17,20	18,20	18,00	53,4	17,8
T10 $N_0P_0K_0$	17,00	17,00	17,00	51,0	17,0

Cuadro 10A. Peso de 1 000 semillas (g). Producción de maíz a partir de semillas inoculadas con *Rhizobium* sp. En Barcelona, cantón Santa Elena.

TRATAMIENTOS	REPETRICIONES			SUMA	PROMEDIO
	R1	R2	R3		
T1 N_{100}(FPMG2+FPMG4)	391,40	406,20	391,40	1189,0	396,3
T2 N_{150}(FPMG2+FPMG4)	398,50	405,10	420,00	1223,6	407,9
T3 N_{200}(FPMG2+FPMG4)	394,50	407,80	386,20	1188,5	396,2
T4 N_{100}(VAI+FPMG2+FPMG4)	391,20	395,90	392,80	1179,9	393,3
T5 N_{150}(VAI+FPMG2+FPMG4)	398,40	401,30	398,40	1198,1	399,4
T6 N_{200}(VAI+FPMG2+FPMG4)	398,20	387,40	398,50	1184,1	394,7
T7 N_{100}(VAI+FPMG2)	401,70	402,40	396,40	1200,5	400,2
T8 N_{150}(VAI+FPMG2)	391,50	407,40	402,80	1201,7	400,6
T9 N_{200}(VAI+FPMG2)	399,80	395,90	397,30	1193,0	397,7
T10 $N_0P_0K_0$	388,30	386,00	385,50	1159,8	386,6

Cuadro 11A. Rendimiento. Producción de maíz a partir de semillas inoculadas con *Rhizobium* sp. En Barcelona, cantón Santa Elena.

TRATAMIENTOS		REPETRICIONES			SUMA	PROMEDIO
		R1	R2	R3		
T1	N_{100}(FPMG2+FPMG4)	9002,06	9342,45	9002,06	27346,6	9115,5
T2	N_{150}(FPMG2+FPMG4)	10161,59	10329,88	10709,83	31201,3	10400,4
T3	N_{200}(FPMG2+FPMG4)	8363,27	8645,22	8187,31	25195,8	8398,6
T4	N_{100}(VAI+FPMG2+FPMG4)	7002,37	7086,50	7031,01	21119,9	7040,0
T5	N_{150}(VAI+FPMG2+FPMG4)	8366,27	8427,17	8366,27	25159,7	8386,6
T6	N_{200}(VAI+FPMG2+FPMG4)	8362,07	8135,27	8368,37	24865,7	8288,6
T7	N_{100}(VAI+FPMG2)	8997,94	9013,62	8879,22	26890,8	8963,6
T8	N_{150}(VAI+FPMG2)	9043,51	9410,79	9304,53	27758,8	9252,9
T9	N_{200}(VAI+FPMG2)	8675,52	8590,89	8621,27	25887,7	8629,2
T10	$N_0P_0K_0$	6290,36	6253,10	6245,00	18788,5	6262,8

Figura 1A. Delineamiento experimental

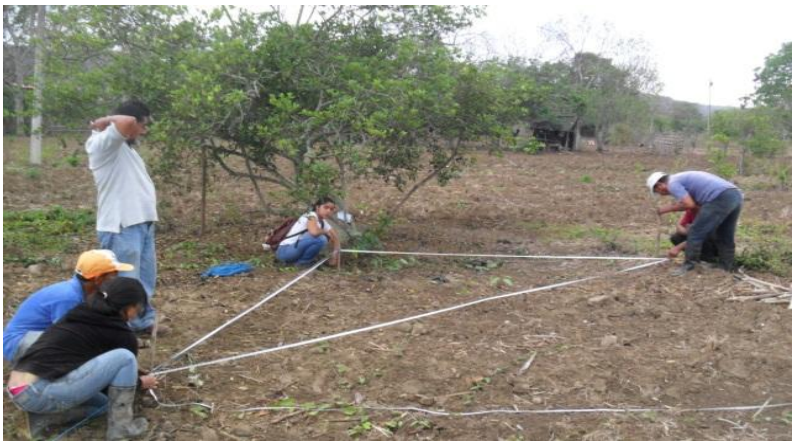

Figura 2A. Preparación del inoculante

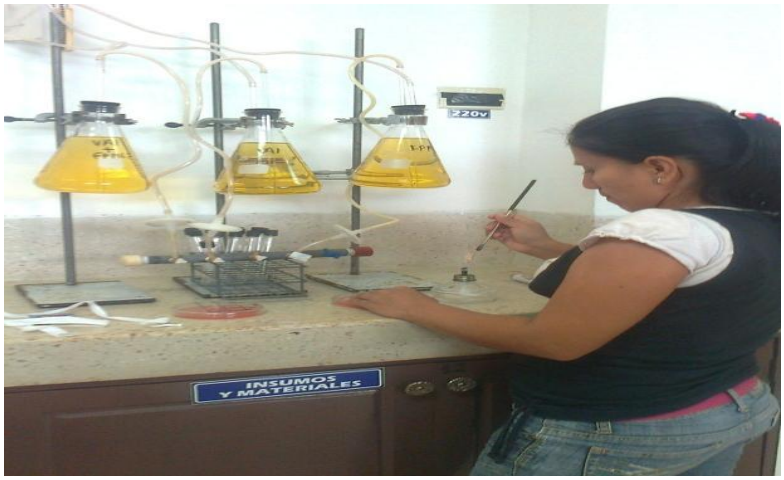

Figura 3A. Inoculación y fertilización

Figura 4A. Inoculación a la raíz

Figura 5A. Toma de datos altura de planta a los 30 días

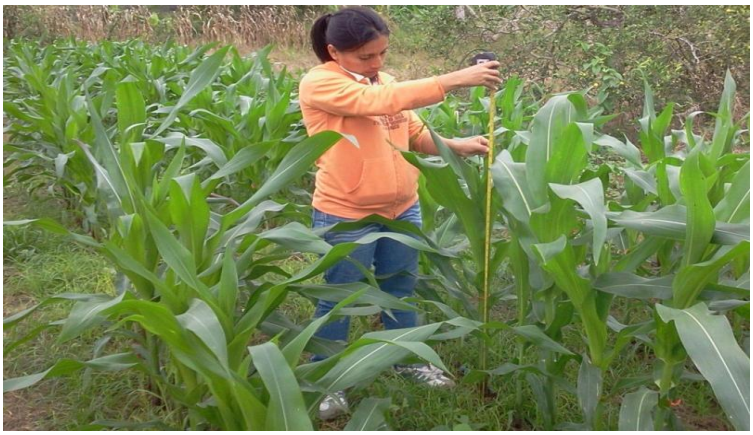

Figura 6A. Colocación de funda de papel (Evitar daño de pájaros)

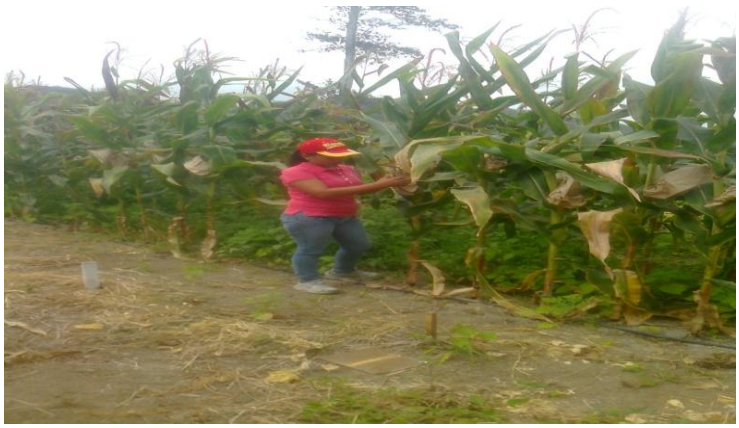

Figura 7A. Daño pájaros

Figura 8A. Cosecha

Figura 9A. Mazorcas evaluadas

INIAP
INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

ESTACION EXPERIMENTAL "BOLICHE"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
Km. 26 Vía Duran Tambo Apdo. Postal 09-01-7069
Yaguachi- Ecuador Teléfono: 2717161 Fax: 2717119

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO	
nbre	: SR. LEONARDO BORBOR LAINEZ
ección	: N/E
dad	: SANTA ELENA
fono	: N/E
	: N/E

DATOS DE LA PROPIEDAD	
Nombre	: BELGICA
Provincia	: SANTA ELENA
Cantón	: MANGLARALTO
Parroquia	: EL BAJO
Ubicación	: N/E

PARA USO DEL LABORATORIO	
Cultivo Actual	: LIMÓN
Nº Reporte	:
Fecha de Muestreo	: 29/10/2009
Fecha de Ingreso	: 22/12/2009
Fecha de Salida	: 29/12/2009

Muest.	Datos del Lote			ppm		meq/100ml			ppm					
borat.	Identificación	Area	pH	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B
5703	MUESTRA - 1		8,1 MeAl	26 M	27 A	3,35 A	17 A	3,6 A	64 A	1,0 B	6,1 A	8 B	8,0 M	1,80 A

INTERPRETACION									
pH								Elementos: de N a B	
:	= Muy Acido	LAc	= Liger. Acido	LAl	= Lige. Alcalino	RC	= Requiere Cal	B	= Bajo
	= Acido	PN	= Prac. Neutro	MeAl	= Media. Alcalino			M	= Medio
.c	= Media. Acido	N	= Neutro	Al	= Alcalino			A	= Alto

METODOLOGIA USADA		EXTRACTANTES
pH	= Suelo: agua (1:2,5)	Olsen Modificado
N,P,B	= Colorimetría	N,P,K Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn
S	= Turbidimetría	Fosfato de Calcio Monobásico
K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn	= Absorción atómica	B,S

RESPONSABLE DEPARTAMENTO

RESPONSABLE LABORATORIO

GOBIERNO DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR

INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

ESTACION EXPERIMENTAL LITORAL SUR

LABORATORIO DE SUELOS, PLANTAS Y AGUAS

PROPIETARIO:	SR. LEONARDO BORBOR LAINEZ	**FACTURA:**	
REMITENTE:	SR. IVO RIOS	**FECHA DE MUESTREO:**	29/10/2009
HACIENDA:	BELGICA	**FECHA DE INGRESO:**	22/12/2009
LOCALIZACIÓN:	EL BAJO - MANGLARALTO - SANTA ELENA	**FECHA DE SALIDA:**	29/12/2009

DETERMINACION DE SALINIDAD DE EXTRACTO DE PASTA DE SUELOS

NO LABORATORIO	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	pH	C.E. dS/m	meq/l									RAS	PSI*
				Na	K	Ca	Mg	SUMA	CO3H	CO3	SO4	CL		
25703	MUESTRA - 1	8.30	1.41	6.91	1.11	4.78	1.78	14.58	0.2	0.20	7.6	7	3.82	4.0

NOTA: El Laboratorio no es responsable de la toma de las muestras

N.D.- No detectable

* Cálculo efectuado según monograma de suelos salinos y sódicos manual No. 60

INTERPRETACIÓN:

C.E. = 0 - 2,0 = Suelo no salino, efecto de sales despreciables

2.1 - 4,0 = Suelo ligeramente salino, puede reducirse las cosechas de cultivos sencibles

4.1 - 8.0 = Suelo salino, se reducen las cosechas de numerosos cultivos

Más de 8 = Suelo muy salino

DRA. GLORIA CARRERA

RESP. LABORATORIO DMSA