



**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 MANGLARALTO, CANTÓN SANTA ELENA”**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Previo a la obtención del título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

GABRIELA BORBOR TUÁREZ

LA LIBERTAD- ECUADOR

2013

**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 MANGLARALTO, CANTÓN SANTA ELENA”**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Previo a la obtención del título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

GABRIELA BORBOR TUÁREZ

LA LIBERTAD- ECUADOR

2013

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 enseñarme el camino de la sabiduría y la felicidad, siento que sin ti no podría llegar a ningún lado.

A mi familia y amigos por el apoyo brindado durante mis años de estudio.

Al Centro de Investigaciones Agropecuarias que me brindó la oportunidad de realizar esta investigación, especialmente a mi tutor el Biólogo Javier Soto Valenzuela.

A los Ingenieros Néstor Orrala, Ángel León y Antonio Mora por su asesoría y conocimientos que condujeron al feliz término de este trabajo.

A los Biólogos Dadsania Rodríguez y Galo Menéndez encargados de los laboratorios de Ciencias Biológicas y Químicas de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

A los compañeros que desinteresadamente me ayudaron: Jaime, Pablo, Pedro, Ketty, Yuinson, Freddy, Michael, Pepito y Prudente; gracias a todos.

A mis compañeros de aula, con quienes compartí mi etapa estudiantil momentos de dificultades, pero también de alegrías.

DEDICATORIA

A mis padres queridos Pedro y Betty por su amor incondicional, por su apoyo y guía... los amo.

A mis abuelitos Pedro, María Teresa, Ramón y Manuela; que han sido el pilar fundamental de mi vida.

A mis tíos María Del Carmen, Manuel, Moisés, Teresita y Digna siempre prestos a escucharme y aconsejarme.

A mis hermanos Viviana Maritza, Pedro David y Teresa Carmen por el apoyo mutuo en el diario convivir.

A mi sobrinito Leonardo con tus ocurrencias y berrinches alegras mis días y me robas una sonrisa...te quiero.

A mi novio Danny Arana y su familia por su cariño brindado y aporte moral.

Por ser una investigación emprendida por el Centro de Investigación Agropecuaria de la Facultad de Ciencias Agrarias, el presente trabajo es de responsabilidad de la autora y la propiedad intelectual del referido Centro y por ende de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos.....	4
1.3.1 General.....	4
1.3.2 Específicos.....	4
1.4 Hipótesis.....	4
2 REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1 Agricultura Sustentable.....	5
2.2 Género <i>Rhizobium</i>	6
2.2.1 Simbiosis con leguminosas.....	7
2.3 Importancia en el cultivo de maíz.....	9
2.4 Generalidades del cultivo.....	11
2.4.1 Origen del cultivo del maíz.....	11
2.4.2 Clasificación botánica.....	11
2.4.3 Fases del cultivo de maíz.....	12
2.4.4 Fertilización.....	13
2.4.5 Plagas en el cultivo de maíz.....	14
2.5 Cultivo de maíz en el Ecuador.....	15
2.6 Efecto del nitrógeno sobre el desarrollo, crecimiento y rendimiento en el cultivo de maíz.....	16
2.7 Uso de fertilizantes químicos.....	18
2.8 Importancia de los biofertilizantes.....	19
2.9 Biofertilizantes en no leguminosas.....	20

2.10 Experiencias en el cultivo de maíz.....	22
2.11 Producción de sustancias reguladoras de crecimiento.....	23
2.12 Uso de biofertilizantes de <i>Rhizobium</i>	25
3 MATERIALES Y MÉTODOS	27
3.1 Localización de ensayo.....	27
3.2 Características agroquímicas del suelo y agua.....	27
3.3 Material genético.....	29
3.3.1 Híbrido Agri 104.....	29
3.3.2 Biofertilizante.....	30
3.4 Diseño experimental.....	30
3.5 Tratamientos.....	31
3.6 Delineamiento experimental.....	33
3.7 Manejo del experimento.....	33
3.7.1 Preparación del suelo.....	33
3.7.2 Preparación de biofertilizante.....	34
3.7.3 Desinfección de la semilla.....	34
3.7.4 Inoculación de la semillas.....	34
3.7.5 Siembra.....	35
3.7.6 Inoculación durante el ciclo vegetativo.....	35
3.7.7 Fertilización.....	35
3.7.8 Raleo.....	35
3.7.9 Control de plagas.....	35
3.7.10 Control de malezas.....	35
3.7.11 Riego.....	36
3.7.12 Cosecha.....	36
3.8 Variables experimentales.....	36
3.8.1 Variables agronómicas.....	36
3.8.1.1 Porcentaje de germinación.....	36
3.8.1.2 Altura de planta (30,60 y 90 días).....	36

3.8.1.3	Altura de inserción de mazorca.....	37
3.8.1.4	Diámetro al segundo entrenudo a los 90 días.....	37
3.8.1.5	Longitud de mazorca.....	37
3.8.1.6	Numero de hilera de grano por mazorca.....	37
3.8.1.7	Diámetro de mazorca.....	37
3.8.1.8	Rendimiento.....	37
3.8.1.9	Peso a las 1 000 semillas.....	38
3.9	Método para determinar el contenido de humedad.....	38
3.9.1	Método de estufa.....	38
3.9.2	Contenido de humedad.....	38
3.10	Análisis económico.....	38
4	RESULTADOS.....	40
4.1	Porcentaje de germinación.....	40
4.2	Altura de planta.....	41
4.2.1	Altura de planta a los 30 días.....	41
4.2.2	Altura de planta a los 60 días.....	41
4.2.3	Altura de planta a los 90 días.....	42
4.3	Altura de inserción de mazorca.....	43
4.4	Diámetro de tallo.....	43
4.5	Longitud de mazorca.....	44
4.6	Número de hilera de grano por mazorca.....	45
4.7	Diámetro de mazorca.....	46
4.8	Peso de 1 000 semillas.....	47
4.9	Rendimiento.....	48
4.10	Análisis económico.....	49
5	DISCUSIÓN.....	53
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	55
	Conclusiones.....	55
	Recomendaciones.....	56

BIBLIOGRAFÍA.....	57
--------------------------	-----------

ANEXOS

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Etapas fenológicas del maíz.....	12
Cuadro 2. Extracción de nutrientes del Agri 104.....	14
Cuadro 3. Análisis de suelo.....	28
Cuadro 4. Análisis del extracto de pasta de suelo.....	28
Cuadro 5. Análisis químico del agua.....	29
Cuadro 6. Descripción agronómica del híbrido Agri 104.....	30
Cuadro 7. Distribución de los grados de libertad.....	31
Cuadro 8. Dosis de fertilizante e inoculante por tratamientos.....	31
Cuadro 9. Dosis de fertilizantes e inoculantes por ha.....	32
Cuadro 10. Dosis de fertilizantes e inoculantes por parcela.....	32
Cuadro 11. Análisis de la varianza, porcentaje de germinación al día 5.....	40
Cuadro 12. Análisis de la varianza, altura de planta 30 días.....	41
Cuadro 13. Análisis de la varianza, altura de planta 60 días.....	41
Cuadro 14. Análisis de la varianza, altura de planta 90 días.....	42
Cuadro 15. Análisis de la varianza, altura de inserción de la mazorca.....	43
Cuadro 16. Análisis de la varianza, diámetro de tallo.....	44
Cuadro 17. Análisis de la varianza, longitud de mazorca.....	45
Cuadro 18. Análisis de la varianza, número de hileras de grano por mazorca...	45
Cuadro 19. Análisis de la varianza, diámetro de mazorca.....	46
Cuadro 20. Análisis de la varianza, peso de 1000 semillas.....	47
Cuadro 21. Análisis de la varianza, rendimiento.....	48
Cuadro 22. Presupuesto parcial de producción de maíz con semillas inoculadas con Rhizobium sp. en Manglaralto, cantón Santa Elena.....	50
Cuadro 23. Análisis de dominancia de producción de maíz con semillas inoculadas con Rhizobium sp. en Manglaralto, cantón Santa Elena.....	51
Cuadro 24. Análisis marginal de producción de maíz con semillas inoculadas con Rhizobium sp. en Manglaralto, cantón Santa Elena.....	51
Cuadro 25. Relación costo beneficio.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Esquema de la parte vegetativa y reproductiva de maíz.....	14

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro 1 A. Promedios de porcentaje de germinación al día 5, (%). Producción de maíz a partir de semillas inoculadas con *Rhizobium* sp. en Manglaralto, cantón Santa Elena.

Cuadro 2 A. Promedios de altura de planta día 30, (cm). Producción de maíz a partir de semillas inoculadas con *Rhizobium* sp. en Manglaralto, cantón Santa Elena.

Cuadro 3 A. Promedios de porcentaje de altura de planta día 60, (cm). Producción de maíz a partir de semillas inoculadas con *Rhizobium* sp. en Manglaralto, cantón Santa Elena.

Cuadro 4 A. Promedios de porcentaje de altura de planta día 90, (cm). Producción de maíz a partir de semillas inoculadas con *Rhizobium* sp. en Manglaralto, cantón Santa Elena.

Cuadro 5 A. Promedios de porcentaje de altura de inserción de mazorca, (cm). Producción de maíz a partir de semillas inoculadas con *Rhizobium* sp. en Manglaralto, cantón Santa Elena

Cuadro 6 A. Promedios de porcentaje de diámetro del segundo entrenudo a los 90 días, (mm). Producción de maíz a partir de semillas inoculadas con *Rhizobium* sp. en Manglaralto, cantón Santa Elena.

Cuadro 7 A. Promedios de porcentaje de longitud de mazorca, (cm). Producción de maíz a partir de semillas inoculadas con *Rhizobium* sp. en Manglaralto, cantón Santa Elena.

Cuadro 8 A. Promedios de porcentaje de número de hileras de grano por mazorca. Producción de maíz a partir de semillas inoculadas con *Rhizobium* sp. en Manglaralto, cantón Santa Elena

Cuadro 9 A. Promedios de porcentaje de diámetro de mazorca, (mm). Producción de maíz a partir de semillas inoculadas con *Rhizobium* sp. en Manglaralto, cantón Santa Elena.

Cuadro 10 A. Promedios de porcentaje de peso de 1000 semillas, (g). Producción de maíz a partir de semillas inoculadas con *Rhizobium* sp. en Manglaralto, cantón Santa Elena.

Cuadro 11 A. Promedios de porcentaje de rendimiento, (kg). Producción de maíz a partir de semillas inoculadas con *Rhizobium* sp. en Manglaralto, cantón Santa Elena.

Cuadro 12 A. Reporte análisis de suelo. Producción de maíz a partir de semillas inoculadas con *Rhizobium* sp. en Manglaralto, cantón Santa Elena.

Cuadro 11 A. Determinación de salinidad de extracto pasta suelo. Producción de maíz a partir de semillas inoculadas con *Rhizobium* sp. en Manglaralto, cantón Santa Elena.

Figura 1 A. Preparación de biofertilizante.

Figura 2 A. Limpieza de terreno.

Figura 3 A. Delineamiento experimental.

Figura 4 A. Fertilización de fondo.

Figura 5 A. Inoculación de la semilla.

Figura 6 A. Germinación de plántulas de maíz, día 5.

Figura 7 A. Control de malezas.

Figura 8 A. Inoculación a la planta.

Figura 9 A. Toma de variable altura de planta 30 días.

Figura 10 A. Parcelas experimentales.

Figura 11 A. inflorescencia masculina.

Figura 12 A. Daño por pájaros.

Figura 13 A. Mazorca con buen llenado de granos.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

Es bien conocido que el *Rhizobium* posee la capacidad de infectar y nodular raíces de las leguminosas, formando una simbiosis de fijación de nitrógeno de importancia agrícola. Pero también, se ha demostrado que los *rizobios* pueden colonizar las raíces y los tejidos aéreos de las plantas no leguminosas como el maíz (*Poacea*). Siendo actualmente el cereal con mayor volumen de producción en el mundo, superando al trigo y arroz.

La FAO (2013a) estima que la producción de cereales en América Latina y el Caribe superará los 205 millones de toneladas en la temporada 2012-2013 (6,3% mayor que la temporada anterior). Donde Sudamérica alcanzará los 164,2 millones de toneladas. Este aumento es explicado por la producción de cereales secundarios, particularmente de maíz por parte de Brasil con 36 millones de toneladas; Argentina, a pesar de las condiciones climáticas poco favorables, espera una producción de 25,5 millones de toneladas. En Paraguay la cosecha del maíz está en curso, siendo retrasadas por falta de lluvias. Al contrario que Bolivia, donde las últimas lluvias han favorecido el desarrollo temprano de los cultivos. En los países centroamericanos y caribeños se esperan 4,8 millones de toneladas de maíz.

En otro informe, la FAO (2013b) señala que en Ecuador este año 2013 habrá abundancia de maíz, en las provincias de Loja, Guayas, Manabí y Los Ríos con 1.076.000 toneladas, 53% más que en el 2012: 700.000 t, debido principalmente al incremento del sembrío.

Este incremento en el cultivo de maíz provoca también el aumento del uso de fertilizantes tradicionales, causando contaminación ambiental y de los recursos hídricos, siendo una alternativa ante esta problemática el uso de biofertilizantes

microbiológicos, que permitan la incorporación de elementos asociados con la rizósfera de las plantas capaces de ejercer un efecto benéfico en su crecimiento.

El grupo de bacterias llamadas rizobacterias promotoras del crecimiento en plantas (PGPR) han sido muy empleadas, destacando el género *Rhizobium* SESSITSCH J *et al.* (2002). Estas bacterias se caracterizan por su habilidad de facilitar directa o indirectamente el desarrollo de la raíz y del follaje de las plantas.

Al respecto HASSAN *et al.* (1997); ESSALMANI H y LAHLOU H. (2003) concuerdan en que 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.

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. COCKING E. (2005).

1.2 JUSTIFICACIÓN

En este trabajo se pretende demostrar la incidencia de los biofertilizantes de origen bacteriano nativos en el ciclo de producción del maíz en la península de Santa Elena, empleando dos cepas nativas de *Rhizobium* sp. (VAI RV y FPMG2) de la colección CIAP-UPSE; así como de los costos de producción de los mejores tratamientos.

En la región se ha estudiado cepas nativas de *Rhizobium* sp. como bionóculo en el cultivo de maíz CRESPO L. y JULIO A. (2012), seleccionando mediante pruebas de laboratorio y análisis descriptivo tres aislados (VAI - RV, FP - MG2 y FP -

MG4) provenientes de Manglaralto y Río Verde. Mediante análisis de la varianza, los resultados de la prueba de germinación no mostraron diferencias significativas; la prueba de Tukey al 1 % indicó medias iguales en todas las variables, sin embargo, el testigo sólo en las variables peso seco de raíz y porcentaje de pérdida de agua en raíz estuvo por encima de los demás tratamientos. Además los tratamientos 4 (VAI - RV + FP - MG2) y 6 (FP - MG2 + FP - MG4) presentaron los resultados más altos en seis de las ocho variables evaluadas en este ensayo (% germinación, longitud de plántula, peso verde de raíz, peso verde y seco de la parte aérea).

El cultivo de maíz en nuestro país es ancestral, siendo su demanda cada vez mayor. En zonas donde la agricultura es de carácter artesanal, la irrigación y uso abundante de fertilizantes permite la salinización del suelo, pérdida de la estructura granular deseable y los desórdenes nutricionales que, en muchos casos, obligan a prácticas más costosas y menos eficientes, junto con programas de fertirrigación. Actividad que a largo plazo, debilita el desarrollo y actividad de las raíces, teniendo consecuencias negativas en la asimilación de nutrientes y en la capacidad productiva de la planta.

Por lo tanto, este experimento contribuiría a determinar el efecto de un biofertilizante que tiene como principio activo microorganismos con la capacidad de influenciar positivamente el crecimiento de las plantas, como es el caso del género *Rhizobium* sp. en condiciones de riego localizado y dosis de fertilización adecuadas, como medida agrotécnica y biotecnológica a corto y mediano plazo; mejorar la calidad de vida de los agricultores, además de promover y contribuir a la conservación del ambiente y sustentabilidad del cultivo en la zona. Se espera, además, que el presente trabajo sirva como fuente de consulta para productores y estudiantes interesados en la materia.

1.3 OBJETIVOS

13.1 GENERAL

Evaluar la producción de maíz (*Zea mays*) a partir del uso de un biofertilizante proveniente de cepas nativas de *Rhizobium*, en la granja experimental Manglaralto, cantón Santa Elena.

1.3.2 ESPECÍFICOS

- Establecer las dosis más recomendables de biofertilizante considerando el rendimiento en maíz.
- Inocular semillas con dos cepas de *Rhizobium* sp. y su rendimiento en la producción de maíz Agri 104.
- Analizar económicamente los tratamientos mediante la tasa interna de retorno.

1.4 HIPÓTESIS

El uso de un biofertilizante a partir de bacterias promotoras de crecimiento nativas del grupo *Rhizobium* sp. disminuye la dosis de fertilizante nitrogenado.

Existe un beneficio económico en la producción de maíz cuando se emplea un biofertilizante con bacterias promotoras de crecimiento nativas.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 AGRICULTURA SUSTENTABLE

Para LIRA R. y MEDINA J. (2009) la agricultura sustentable está basada en prácticas y técnicas ecológicas que minimicen la contaminación y degradación del medio ambiente apoyándose en prácticas de conservación del suelo y agua, en la protección y mejoramiento de la fertilidad del suelo, en la conservación de la biodiversidad, en la utilización de biofertilizantes, de microorganismos antagonistas y promotores de crecimiento de las plantas, en el uso racional de estas técnicas biotecnológicas que han permitido generar cultivos genéticamente modificados resistentes a plagas, enfermedades y factores abióticos.

MARTINEZ R. y DIBUT B. (2006) mencionan que el suelo constituye un medio variable en el que se desarrollan gran número de seres vivos macroscópicos y microscópicos, cada uno de los cuales influye marcadamente sobre los demás, estableciéndose un equilibrio muy dinámico. Este conjunto de seres vivos desempeña un papel importante en el control de las propiedades fisicoquímicas del suelo, así como la fertilidad.

SAHOTA A. (2004) señala que la demanda de productos orgánicos, la producción sustentable y la obtención de alimentos orgánicos presenta tasas de crecimiento significativamente progresivos; los productos orgánicos conquistan cada vez más rápido las estructuras del mercado de alimentos. En el año 2002, las ventas de estos productos alcanzaron 23 000 millones de dólares, superando los 19 000 millones de dólares alcanzados en el 2001.

Para SANTILLANA N. (2006) el efecto de las actividades agrícolas en la degradación de los recursos naturales (erosión del suelo, uso de agroquímicos, etc.) es evidente en varias regiones de Ecuador, y debe ser evitado o por lo menos

controlado, el uso de inoculantes biológicos, la incorporación de enmiendas orgánicas, las prácticas agrícolas que tienden a la conservación del suelo, la rotación de cultivos y el uso de leguminosas de cobertura , entre otras técnicas, podrían a largo plazo, contribuir a la recuperación de las poblaciones microbianas del suelo y con ello mejorar la calidad de este recurso.

2.2 GÉNERO *Rhizobium*

Para VARGAS E. (1969) el género *Rhizobium*, junto con los géneros *Agrobacterium* y *Chromobacterium* forman la familia Rhizobiacea; este deriva su nombre del griego “Rhiza” = raíz y “bios” = vida. La característica más importante es su habilidad para producir nódulos en las raíces de las leguminosas, y vivir en asociación simbiótica con estas plantas mientras fija nitrógeno libre, lo cual no ocurre cuando los organismos están separados de la planta.

Según DAVEY y COLS (1973), algunas veces los rizobios pueden ser estimulados por leguminosas no hospedantes y aún por plantas no leguminosas. Para ejercer el estímulo sobre las bacterias, las plantas no leguminosas requieren estar firmemente adheridos a la superficie de la raíz, en cambio en las leguminosas la superficie radical parece estar relativamente libre de rizobios y el estímulo lo ejerce la raíz a distancia de 10-20 mm.

KUMARI S. *et al.* (2009) reportan la capacidad promotora del crecimiento de cepas de *Rhizobium* y *Bradyrhizobium* en plantas no leguminosas. Las asociaciones entre rizobios y plantas no leguminosas pueden mejorar el crecimiento de las plantas, aunque no se ha demostrado que sea mediante la fijación de nitrógeno, sino más bien debido a la producción de sideróforos, fitohormonas o solubilización de fosfatos.

2.2.1 SIMBIOSIS CON LEGUMINOSAS

Para MORENO L. (2010) el género *Rhizobium* 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. (ej. *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.

MATEO M. (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* sp. se forman nódulos rizoidales, 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 *Rhizobium* sp. pueden ser utilizados como inoculantes para mejorar el crecimiento de leguminosas en lugar de abonos.

MORENO L. (2010), 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.

RODRIGUEZ 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.

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.

Según NEYRA M. (1995), la fijación biológica de nitrógeno atmosférico 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).

LA NUEVA BIOTECNOLOGÍA (1990) indica que una alternativa para mejorar los rendimientos de los cultivos, es la utilización de inoculantes con *Rhizobios*

para incrementar la fijación biológica de nitrógeno. El frijol hasta hace poco era conocido como una de las leguminosas pobres en el establecimiento de una simbiosis efectiva y en su capacidad de fijación de N₂ atmosférico, debido principalmente a la presencia de cepas nativas con poca eficiencia y altamente competitivas en el proceso de infección; sin embargo, hoy día se ha determinado que existe potencial para el incremento de la fijación de nitrógeno en este cultivo mediante una adecuada combinación entre cepas y cultivares (*Graham, 1981; Rosas, 1983; Han, 1981; Piha y Mumns 1987; Zamora y Acuña, 1991*). Estos últimos autores sugieren inoculaciones con cepas seleccionadas que sean efectivas y competitivas.

Para NÁPOLES *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 *Rizobio* 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.

Las leguminosas excretan metabolitos secundarios hacia la rizósfera, entre ellos, los flavonoides son los más importantes en esta interacción. En dependencia de la planta y la bacteria, compuestos específicos de estos servirán como señales inductoras de los genes nod mediante la proteína Nod D en *Rhizobium*

2.3 IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE MAÍZ

El maíz es junto con el trigo y el arroz uno de los cereales más importantes del mundo, suministra elementos nutritivos a los seres humanos y a los animales; siendo la materia prima básica de la industria de transformación, con la que se

producen almidón, aceite, proteínas, bebidas alcohólicas, edulcorantes alimenticios y desde hace poco combustible. La planta tierna, empleada como forraje, se ha utilizado con gran éxito en las industrias lácteas y cárnicas, tras la recolección del grano, las hojas secas y la parte superior, incluidas las flores, aún se utilizan hoy en día como forraje de calidad relativamente buenas para alimentar a los rumiantes de muchos pequeños agricultores de los países en desarrollo. Los tallos erectos, que en algunas variedades son resistentes, se utilizan para construir cercas y muros duraderos.

De acuerdo a PERMUY N. (2005), el maíz es uno de los cereales de mayor importancia económica, ocupando el segundo lugar en el mundo después del trigo. Directa o indirectamente, constituye el alimento del 15 al 20 % de la humanidad. Debido a la gran cantidad de variedades de maíz, este cultivo se puede encontrar en diversas regiones del mundo. Se cultiva en más de 70 países, siendo el cultivo con mayor distribución en todo el mundo. Se cultiva en los cinco continentes aunque su zona fundamental es el continente americano.

MÁRQUEZ S. (2008) argumenta que esta gramínea es cultivada en países como Sudáfrica, Rusia, Italia, Portugal, Francia, Egipto, entre otros, principalmente en Latinoamérica. Tanto en valor comercial como en área cultivada, el maíz supera a todas las otras producciones agrícolas de muchos países. Entre estos encontramos a Estados Unidos, China, la antigua U.R.S.S., Brasil, México, Francia, Yugoslavia, Rumania, Italia y Argentina, los cuales poseen grandes áreas cultivables dedicadas a este valioso grano.

El aumento del uso del maíz como alimento básico se debió a su mayor rendimiento por hectárea en comparación con el trigo, el centeno y la cebada.

Además, gracias a su bajo precio, se convirtió en el alimento principal y la fuente central de energía y proteínas para la gente pobre, especialmente en las zonas rurales y los sectores menos favorecidos de la sociedad.

2.4 GENERALIDADES DEL CULTIVO

2.4.1 Origen del cultivo de maíz

PATERNIANI E. (2000) menciona que en Mesoamérica es donde se han encontrado la evidencias más antiguas sobre la domesticación del maíz provenientes de sitios arqueológicos.

En el mismo sentido, SILVA C. (2005) declara que el maíz es un cultivo que tiene unos 7 000 años de antigüedad y se cultivaba por las zonas de México y América Central. El origen del maíz ha sido objeto de numerosos trabajos, con base en los cuales se han sugerido varios sitios de origen que van desde Paraguay en Sur América hasta Guatemala y México en Mesoamérica.

2.4.2 Clasificación Botánica

CRONQUIST A. 1981 presenta la siguiente clasificación taxonómica para el maíz.

Reino: Vegetal

Subreino: Embryobionta

División: Magnoliopdida

Clase: Magnoliophyta

Orden: Gramineas

Familia Poaceae

Tribu: Maydeae

Género: Zea

Especie: mays L.

2.4.3 Fases del cultivo de maíz

La escala fenológica más empleada para describir el ciclo del cultivo de maíz es la de RITCHIE S. y HANWAY J. (1982), pudiendo distinguir dos grandes etapas, la vegetativa y la reproductiva. Las subdivisiones numéricas de la etapa vegetativa, identificadas con la letra V, corresponden al número de hojas totalmente expandidas. La etapa reproductiva comienza con la emergencia de los estigmas (R1) y finaliza con la madurez fisiológica de los granos (R6). Las subdivisiones de la etapa reproductiva corresponden a distintos momentos del llenado del grano.

Cuadro 1. Etapas fenológicas del maíz

Etapas Fenológicas del maíz (1982)	
Estados vegetativos	Estados reproductivos
VE: Emergencia	R1: Emergencia de estigmas
VI: Primera hoja	R2: Cuaje
V2: Segunda hoja	R3: Grano lechoso
V3: Tercera hoja	R4: Grano pastoso
V4: Cuarta hoja	R5: Grano dentado
V5: Quinta hoja	R6: Madurez Fisiológica
V6: Sexta hoja	
V7: Séptima hoja	
V8: Octava hoja	
V9: Novena hoja	
V10: Decima hoja	
VT: Panojamiento	

NORMAN J. *et al.* (1995) manifiestan que el cultivo de maíz en tierras bajas necesita al menos 500 mm de lluvia durante todo el ciclo; en la práctica, por lo general, el cultivo se lo realiza en áreas que reciben de 750 a 1750 mm anuales.

PRONACA (sf), indica que los requerimientos hídricos de maíz son los siguientes:

- En la etapa de emergencia (0-5 días después de la siembra) se requieren 25 mm que equivale al 5 % del requerimiento total, esto garantiza una buena emergencia.

- En el desarrollo vegetativo (5-35 días después de la siembra) se requieren 115 mm que equivalen al 23% del requerimiento total, lo cual asegura un buen desarrollo.
- En la Prefloración (35-42 días después de la siembra) se requieren 115 mm lo que equivale al 23% del requerimiento total, lo cual asegura una excelente floración.
- En la floración (42-48 días después de la siembra) se requieren 70 mm lo que equivale al 14% del requerimiento total, lo cual asegura una buena polinización.
- En llenado de grano (48-90 días después de la siembra) se requieren 170 mm lo que equivale el 34 % del requerimiento total; con lo cual se asegura un buen llenado de mazorca.
- En la maduración fisiológica (90-115 días después de la siembra), lo cual se traduce en una excelente madurez fisiológica.

Sistema de Integración Centroamericana SICA (1999) declara que la siembra de maíz se la debe realizar cuando se inicia la época de lluviosa, preferiblemente en el periodo comprendido entre el 15 de diciembre al 30 de enero en la costa ecuatoriana. Las siembras tardías reducen sensiblemente el rendimiento. Si se siembra en la época seca, el periodo más conveniente está entre el 15 de mayo y el 15 de junio, así se aprovecha mejor la humedad que se almacena en el suelo al término del periodo de lluvias. Las siembras tardías reducen el rendimiento drásticamente, al menos que se disponga de facilidades de riego.

2.4.4 Fertilización

TROPICALCIS (2008) recomienda que se realice fertilización fraccionada en 3 etapas: (1) momento de siembra, (2) cuando la planta tenga 6 a 8 hojas, y (3) a los 45 días después de siembra (d.d.s.). Los valores de fertilizantes presentados deben estar sujetos a los resultados del respectivo análisis de suelos (Cuadro 2).

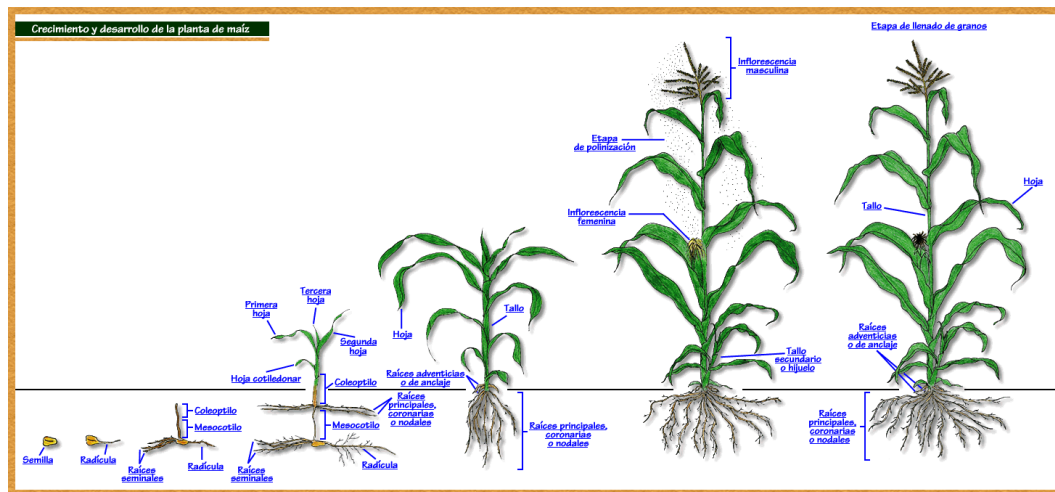


Figura 1. Esquema de la etapa vegetativa y reproductiva de una planta de maíz, durante su ciclo de vida.

Cuadro 2. Extracción de nutrientes del Agri 104.

Cultivo	Absorción de nutrientes										
	(Kg/ha)						(g/ha)				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	S	Ca	Mn	Zn	Cu	B	Fe
Maíz	200** *	60** *	150***	40**	25**	23**	2400**	4- 8**	2000**	1.5- 2.0**	4500**
8-15 dds	40***	60** *	75***								
25-30 dds	80***										
35-45 dds	80***		75***								

Tomado de TROPICALCIS (2009); Guerrero (1995); Bonilla (1994)

** Los valores que se muestran son generales para el cultivo del maíz

*** Los valores que se muestran son generales para el cultivo de la variedad AGRI 344

2.4.5 Plagas del cultivo de maíz

El maíz al igual que los otros cultivos explotados a nivel comercial, es atacado por numerosas plagas que a su vez poseen sus respectivos enemigos naturales.

Según SICA (sf. en línea), varios son los insectos que causan daño al cultivo del maíz, atacando a las semillas, raíces, el tallo, las hojas y el fruto. Sin embargo,

unos pocos son de importancia económica. En la actualidad el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), el barrenador del tallo (*Diatraea* sp), y falso medidor (*Mocis latipes*) constituyen las principales plagas de maíz en el Ecuador.

Existen otras especies e insectos que constituyen plagas secundarias de la que podemos mencionar el gusano elotero o de la mazorca (*Heliothis zea*), gusanos cortadores o tronzadores, (*Agrotis* sp), perforador menor del tallo (*Elasmopalpus lignosellus*, áfidos o pulgones, *Aphis* sp, *Diabrotica* sp, gusano alambre, *Aeolus*)

Para LEDESMA M. (2000) el problema en el cultivo de maíz es extraordinariamente complejo, por la enorme variedad de insectos y la mayoría de agricultores está consciente de la influencia decisiva de los factores meteorológicos en su nacimiento, desarrollo y propagación, pero cada especie es afectada de manera diferente y además dentro de cada especie, es diferente el comportamiento según su fase de larva, ninfa o adulto.

CORTEZ E. *et al* (2012) mencionan que para el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo del maíz en México, se emplean hasta 2 600 t de ingrediente activo de insecticida.

MOLINA J. *et al* (2010) describen daños causados en el cultivo de maíz por el gusano elotero *Helicoverpa zea* y el gusano de la yema del tabaco *Heliothis virescens* en el sur de los Estados Unidos y México.

2.5 CULTIVO DE MAÍZ EN EL ECUADOR

En el Ecuador, el maíz tiene gran importancia económica ya que es una gran fuente de ingresos en el campo de la agroindustria, tanto en el consumo humano y a nivel de los animales.

La FAO (s.f.) publica que el principal enlace de la cadena agroalimentaria del país, se inicia con el cultivo del maíz amarillo duro (MAD) y culmina en el consumidor de carne de aves. Dentro de su problemática, uno de los cuellos de botella presentados en su cultivo, es el de la comercialización nacional, donde se muestra un sistema tradicional e inadecuada interrelación entre productores y empresas demandantes; en el que el agricultor, termina siendo el más perjudicado de toda la cadena, recibiendo la tercera parte del precio pagado en granja a los comercializadores, limitando así la incursión de otros productores en este campo, cuya demanda aún no es cubierta por la producción nacional. Ante este déficit, las avícolas nacionales tienen que importar este insumo.

Según INEC (2011), el maíz duro seco está localizado principalmente en la Región Costa. En el 2011 las provincias de Los Ríos, Guayas y Manabí sumaron 72,29% de la superficie total cosechada de este producto. Se observa que la provincia de Los Ríos es la que más se dedica a este cultivo, con la participación del 42,15% a nivel nacional; de igual forma su producción es más alta, concentrando el 57,68% de las toneladas métricas del grano. Guayas y Loja concentran el 14,64% y el 7,92% de la producción nacional respectivamente.

2.6 EFECTO DEL NITRÓGENO SOBRE EL DESARROLLO, CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE MAÍZ

Para UHART S y ANDRADE F. (1995) el nitrógeno puede afectar las tasas de aparición y expansión foliar modificando el área foliar y la intercepción de radiación solar por el cultivo. Deficiencias severas de nitrógeno (N) no disminuyeron el número final de hojas por planta y redujeron principalmente la tasa de expansión foliar con un leve impacto sobre la tasa de aparición foliar. Ello disminuyó el índice de área foliar (m² de hojas por m² de suelo) hasta un 60%, así como también la duración del área foliar verde.

ORTEGUI M. (1992) señala que las reducciones en la disponibilidad de N pueden producir desfases entre la liberación de polen y la aparición de los estigmas, asociándose la magnitud de la protandria al grado de estrés sufrido. Este desfase no es generalmente la causa de la pérdida de granos ya que ante deficiencias de recursos ambientales los destinos reproductivos tienden a ser abortivos aunque se disponga de polen fresco durante la emisión de estigmas.

UHART S. y ANDRADE F. (1995) indica que las deficiencias de N reducen el rendimiento en grano afectando tanto el número de grano (NG) como el peso de los granos. Dentro de los componentes del NG, las espigas por planta y los granos por espiga son los más afectados. La mayor parte de la pérdida de granos se debe a fallas en la fertilización y/o incrementos en el aborto de granos. La reducción del número potencial de óvulos por espiga producida por el estrés de N osciló entre el 1 y 8% mientras que la pérdida de granos por espiga debido a fallas en la fertilización más aborto varió entre 32 y 38% para los tratamientos no estresados y entre 38 y 82% para los tratamientos estresados. De manera similar, reducciones de luz, deficiencias de N, sequía, alta densidad poblacional y retraso en la fecha de siembra han aumentado principalmente el aborto de granos con ligeros o nulos efectos sobre la morfogénesis.

De acuerdo a CORDI M. *et al.* (1997), las deficiencias de N redujeron el peso de los granos entre 9 y 25%; así como el rendimiento en grano entre 14 y 80% respecto de los tratamientos no estresados. El N puede disminuir el peso de los granos afectando la fuente de asimilados (menor tasa fotosintética y duración del área foliar) durante el llenado y posiblemente el número de células endospermáticas y gránulos de almidón en postfloración temprana. El estrés de N afectó la duración del llenado de granos sin modificar la tasa de llenado.

2.7 USO DE FERTILIZANTES QUÍMICOS

La International Fertilizer Industry Association IFA (2011) estima que 87,5 t se han aplicado a los cereales, es decir, poco más de la mitad (50,8 %) de los fertilizantes que el mundo utiliza. La aplicación de fertilizantes a los tres cereales principales fueron de magnitud similar: 16,1 % para el maíz, seguido por el trigo (15,8 %) y el arroz (14,3 %). El uso de fertilizantes en los otros cereales representó 4,6 % del total mundial.

La misma fuente indica que la aplicación de fertilizantes nitrogenados durante 2010-11, fue de 57,5 t, que representa 55,2% de fertilizante nitrogenado de consumo mundial. El trigo es el principal cultivo al recibir fertilizantes nitrogenados, con el 18,1% de los usos globales, seguido por el maíz con el 16,8% y el arroz con un 15,4%. Otros cereales representaron el 4,8% del total mundial.

RODRIGUEZ A. *et al* (2003) argumenta que el uso desmedido de fertilizantes químicos y pesticidas sintéticos ha provocado graves consecuencias ambientales, por lo que se ha prestado especial atención al estudio de los microorganismos asociados a las raíces de las plantas y el consiguiente para la agricultura.

Según MELGAR R. *et al* (2012), los criterios que determinan la calidad de los fertilizantes son definidos tanto por atributos medibles, tales como su composición química y sus propiedades físicas, como por otros intangibles, definidos como de respaldo de la marca y/o fabricante del producto. Y que la fertilización esencial para el crecimiento de las plantas requieren grandes cantidades de nitrógeno para crecer normalmente, siendo necesario para la síntesis de la clorofila, por esto se ve involucrado en la fotosíntesis. Además es un componente de las vitaminas para el incremento de las proteínas en las plantas.

2.8 IMPORTANCIA DE LOS BIOFERTILIZANTES

De acuerdo a MARTÍNEZ R *et al.* (1999), los biofertilizantes microbianos pueden definirse como productos a base de microorganismos que viven normalmente en el suelo, aunque en poblaciones bajas. Al incrementar sus poblaciones por medio de la inoculación artificial, son capaces de poner a disposición de las plantas una parte importante de los nutrientes que necesitan para su desarrollo, así como de suministrar sustancias hormonales o promotoras del crecimiento.

Para NOCETI J. (2000) asevera 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.

El mismo autor añade que un biofertilizante es un producto que ofrece al medio de cultivo (suelo, sustrato, etc.) una población de microorganismos capaces de enriquecer dicho medio con elementos fertilizantes en una forma química, que permiten 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.

SAURA G. (2000) afirma que uno de los retos más importantes para la agricultura es reducir el empleo de fertilizantes nitrogenados y el costo económico, sin que se afecte la productividad del cultivo. Los biofertilizantes representan una alternativa real para alcanzar estos objetivos.

Según STEPHENS *et al.* (2000), uno de los grandes desafíos para la producción a gran escala de biofertilizantes ha sido encontrar un soporte que cumpla las siguientes características:

- Que sea fácilmente disponible, teniendo una composición uniforme y con un precio asequible.
- Que no sea tóxico para la bacteria.
- Con alta capacidad de retención de agua.
- De fácil esterilización.
- Que se pueda corregir fácilmente su pH.
- Que favorezca el crecimiento inicial de la bacteria utilizada.
- Que mantenga un alto número de células hasta su uso.

AGUIRRE M. *et al.* (2009) indican que los biofertilizantes microbianos pueden aplicarse a la semilla, el suelo o al material vegetativo. En cultivos anuales los beneficios de la simbiosis se expresan en plazos muy breves, de 20-30 días después de la biofertilización, pero en cultivos perennes en vivero hasta después de tres meses, como en cacao y café. La forma más precisa de aplicarlos es mediante su adhesión a las semillas.

2.9 BIOFERTILIZANTES EN NO LEGUMINOSAS

RODRÍGUEZ N. y MENDOZA R. (1995) sostienen que existen microorganismos libres fijadores de nitrógeno (diazotóxicos), 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: *Azospirillum*, *Azobacter*, *Beijerinckia*, *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 les 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* sp. con leguminosa puede fijar hasta 700 kg/ha.

ARMAS M. (2004) indica que el aprovechamiento integral de este proceso biológico (simbiosis), del cual quedan fuera cultivos tan importantes como arroz, maíz o trigo. Es también la causa de que se busque la forma de que estas especies vegetales, fundamentales en alimentación humana, puedan llegar a utilizar el N₂ 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 las 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.

PLANA R. *et al.* (2008) asevera que 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.

Se ha comprobado en trabajos previos (PREVOST D. *et al.* 2000) que la inoculación de plantas de maíz con rizobios, en condiciones controladas, tiene efectos positivos en los indicadores fisiológicos del vegetal.

ANTOUN E. *et al.* (1998) considera que los rizobios, rizobacterias conocidas comúnmente como organismos que fijan nitrógeno atmosférico en simbiosis con leguminosas, puedan colonizar e influir en el crecimiento de otras familias de plantas.

2.10 EXPERIENCIAS EN EL CULTIVO DE MAÍZ

CHABOT R. *et al.* (1996) demostraron la colonización de dos cepas de *Rhizobium leguminosarum* bv. Phaseoli y de otras tres cepas de rizobacterias promotoras de crecimiento en las plantas (PGPR) en sistemas radiculares de cultivares de lechuga y maíz (no leguminosas).

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 permiten desarrollar una amplia diversidad de cultivos tanto tradicionales como no tradicionales.

Según PEOPLES Y CRASWELL (1992), para mejorar el rendimiento del maíz actualmente se usan inoculantes microbianos o biofertilizantes, a base de bacterias reconocidas por su capacidad de promover el desarrollo de los cultivos y fijar el nitrógeno atmosférico.

BURDMAN *et al.* (2000) sostiene que, siendo el cultivo de maíz (*Zea mays*), uno de los cultivos más importante y dado el completo paquete tecnológico que se le aplica, la incorporación de la inoculación con bacterias promotoras del desarrollo vegetal, podría favorecer la producción del mismo, como lo hace en otras especies vegetales.

FERRARIS G y COURETOT L. (2008) mencionan que durante el periodo 2007-2008 sobre la aplicación en maíz, trigo, sorgo, soya del bioinoculante Green Quality elaborado por la empresa Green Max S.A de C.V que en las condiciones experimentales de evaluación el producto de Green Quality S. A. incrementó en forma significativa el rendimiento de Maíz con respecto al control sin inocular. La mejora en rendimiento se explica por la mayor cantidad de granos respecto del control y por el mayor peso por semilla respecto del tratamiento con *Azospirillum brasilense* únicamente. El incremento registrado del rendimiento para maíz en este ensayo es del 20.12%.

En Ecuador, ORTIZ G. (2010) experimentó el efecto de cuatro métodos de inoculación con dos cepas de *Azospirillum* en la localidad de Amaguaña (prov. Pichincha) y Quinchupi (prov. Imbabura), obteniendo resultados en las variables porcentaje de germinación 87,4 y 82,05%, la media de altura de planta 218,53 y 212,78 cm, altura de inserción de mazorca 122,08 y 114,92 cm, diámetro de mazorca 4,5 y 4,69 cm y longitud de mazorca 9,86 y 10,35 cm, respectivamente con las variedades de maíz

ORTEGA L. y MANZO A. (2010) demostraron que resulta eficiente reducir la dosis de fertilizante en un 50% complementado con la aplicación de biofertilizantes comerciales más *Azospirillum brasilense* y *Glomus intraradices*, y obtener un rendimiento de 6,6 t/ha, con el consiguiente beneficio económico.

2.11 PRODUCCIÓN DE SUSTANCIAS REGULADORAS DE CRECIMIENTO

FERLINI H. y DÍAZ S. (2006) narran que cuando se reconoció el papel de las bacterias de la rizosfera 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, citocininas, etileno y ácido abscísico.

La misma fuente manifiesta que 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.

HERNANDEZ A. *et al.* (2004) confirman de manera general la capacidad de las rizobacterias para producir metabolitos del tipo AIA, sideróforos y ácido salicílico que pueden influir en la estimulación del crecimiento vegetal y el biocontrol de patógenos en diferentes cultivos de importancia económica.

BASHAN D. y HOLGUIN S. (1997) indican que los mecanismos activados por las bacterias promotoras de crecimiento están relacionados con la síntesis de reguladores del crecimiento como auxinas, citocininas y giberelinas, así como en la síntesis de precursores de estas fitohormonas, mismas 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 demuestra 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 rizosfera. Por ejemplo, *A. chroococcum* produce

ácido indol-3-acético (AIA) a partir del triptofano, el cual es exudado por la raíz de las plantas y puede sintetizar auxinas, giberelinas y citocininas.

KUMARI S. *et al.* (2009) sostienen que las moléculas promotoras del crecimiento como el ácido indolacético, las giberelinas y las citoquininas producidas por los rizobios presentes ya sea en la rizósfera o en los tejidos de las plantas estimulan el mayor desarrollo de la raíz e incrementan la capacidad de absorción de nutrientes de la raíz en beneficio de la planta no leguminosa.

2.12 USO DE BIOFERTILIZANTES DE *Rhizobium*

SANTILLANA N. *et al.* (2005) manifiestan que las cepas PEVF02 y PEVF08 de rizobios tuvieron un efecto significativo positivo en la germinación y en el crecimiento de las plantas de tomate, por lo cual podrían recomendarse como potenciales PGPR en este cultivo, como alternativa para reducir el uso de fertilizantes químicos.

Para SESSITSCH J. *et al.* (2002) un considerable número de especies bacterianas asociadas con la rizósfera 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*.

BASHAN D y HOLGUIN S. (1997) 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 NO₃, NH₄, PO₄, K y Fe, lo cual incrementa la acumulación de minerales en hojas y tallos.

En numerosos estudios realizados por SPENCER *et al.* (1994), CHABOT *et al.* (1996), Noel *et al.* (1996), REDDY *et al.* (1997), SCHLOTTER *et al.* (1997),

YANNI *et al.* (1997), ANTOUN *et al.* (1998) reportan que se ha explorado también el uso de los rizobios como promotores del crecimiento de plantas no leguminosas tales como trigo, maíz, arroz, patata, rábano y canola. La acción promotora de crecimiento de las cepas de rizobios en las plantas de cebada, posiblemente es debido a la habilidad de los rizobios para producir hormonas como el ácido indolacético, ácido giberélico y citoquininas, sustancias reguladoras del crecimiento de las plantas (DEY *et al.*, 2004; YANNI *et al.*, 2001; PERRINE *et al.*, 2004).

En resumen considerando que el maíz es uno de los cereales de mayor importancia económica y social, lo cual implica la utilización de grandes dosis de fertilización nitrogenada para su producción.

Frente a esto existen prácticas y labores ecológicas para minimizar la contaminación y degradación del suelo y agua; la agricultura sustentable promueve la utilización de biofertilizantes a partir de microorganismos no solo incrementan la capacidad de fijar nitrógeno, sino que además promueven el crecimiento en plantas no leguminosas como el maíz mediante la producción de hormonas reguladoras de crecimiento tales como citoquininas, giberelinas, ácido indolacético.

En la península de Santa Elena se han evaluado tres cepas de bacterias nativas promotoras de crecimiento vegetal (VAI RV, FPMG2 y FPMG4) en plántulas de maíz provenientes de Manglaralto y Río Verde, seleccionadas por su mayor potencial para la producción de inoculante de uso agrícola en calidad de biofertilizante.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN DEL ENSAYO

El trabajo de investigación se desarrolló en la Granja Experimental Manglaralto, cantón Santa Elena, a un costado de la vía Dos Mangas, con las coordenadas planas UTM 9796375 m S y 528964 m E Datum WGS 1984 zona 17M; altitud 11 msnm; precipitación anual 100 - 200 mm; heliofanía 12 horas luz; temperatura promedio entre 20 y 30 °C, cuenta con un suelo ligeramente alcalino, pH 7,7 en cuanto a los elementos mayores el nitrógeno estaba en nivel medio, fósforo alto y potasio alto y con agua de riego para manejarla con precaución por tener salinidad de que va en ascenso y estar bajo en sodio según el análisis de suelos y agua en el campo de estudio.

3.2 CARACTERÍSTICAS AGROQUÍMICAS DEL SUELO Y AGUA

Las muestras de suelo se tomaron a una profundidad de 20 cm, fueron mezcladas entre sí y enviadas al Laboratorio de Suelos de la Estación Experimental INIAP Boliche. El análisis de suelo se presenta en los cuadros 3 y 4.

El suelo posee un pH parcialmente neutro, ubicándose dentro del rango óptimo para el cultivo. En los cálculos realizados tiene 21,11 kg/ha de nitrógeno, 219,84 kg/ha fósforo y 4 240,08 kg/ha de potasio alto.

Cuadro 3. Análisis de suelo

Elementos	ug/ml	Interpretación
pH	7,7	Ligeramente alcalino
Nitrógeno	36	Medio
Fosforo	22	Alto
Potasio	1185	Alto
Calcio	3098	Alto
Magnesio	587	Alto
azufre	41	Alto
Zinc	1,1	Bajo
cobre	7,1	Alto
Hierro	21	Medio
Manganeso	4	Bajo
Boro	0,63	Medio

Cuadro 4. Análisis del extracto de pasta de suelo

pH	8,3	Lal
C.E.	0,91	mS/cm
Sodio	22	mg/L
Potasio	1185	mg/L
Calcio	3098	mg/L
Suma	224	mg/L
CO ₃ H	3,2	meq/L
CO ₃	1,6	meq/L
SO ₄	3	meq/L
RAS	3	
PSI	3	

Estos parámetros indican un suelo no salino, con una C.E. de 0,91ms/cm; esto significa que no habrá influencia en el desarrollo del cultivo.

Cuadro 5. Análisis químico de agua

C.E.	911	mS/cm
Calcio	90,9	mg/L
Magnesio	14,4	mg/L
Sodio	98,1	mg/L
Potasio	7,3	mg/L
CO ₃	ND	meq/L
HCO ₃	4,6	meq/L
CL	2	meq/L
SO ₄	4	meq/L
pH	7,4	
RAS	3	
PIS	2	
% Na	42,64	
Clase	C3S1	

Los datos del análisis del cuadro anterior señalan que el agua es de salinidad mediana a alta con bajo contenido de sodio.

3.3 MATERIAL GENÉTICO

3.3.1. Híbrido AGRI 104

MORENO. *et al.* (2008) mencionan que el híbrido Agri 104 tiene un desempeño sobresaliente, altos contenidos de betacaroteno, presenta tolerancia a la sequía y buen comportamiento en suelos salinos, ofreciendo competitivos porcentajes de producción.

TROPICALCIS (2009), citado por SEMICOL (sf), menciona que entre los maíces amarillos con altos rendimientos se destaca el híbrido AGRI 104, creado por la casa comercial boliviana Agricom seeds para climas cálidos, cálidos- medios.

Las características agronómicas de maíz Agri 104 se muestran el cuadro 6

Cuadro 6. Descripción agronómica del híbrido Agri 104

Variables	Descripción
Siembra a emergencia	5 días
Emergencia a cosecha	120 días
Tipo de cruce	Simple modificado
Tipo de grano	1,7 cristalino
Altura de planta	201 cm
Altura de inserción de mazorca	98 cm
Peso de mazorca	256 g
Longitud de mazorca	18,41 cm
Peso (1000granos)	455,2
Porcentaje de desgrane	90%
Numero de hileras por mazorcas	14
Granos por hileras	38
Resistencia al acame del tallo	Excelente
Nivel de tolerancia a la enfermedad	Excelente
Color de grano	Anaranjado

Fuente: Interoc Custer

www.interoc.com.ec

3.3.2 BIOFERTILIZANTE

Obtenido a partir de las cepas FP MG2 y VAI RV de la colección de bacterias fijadoras de nitrógeno nativas del Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP-UPSE), cultivadas en las instalaciones del laboratorio de Biología de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño empleado fue bloques completamente azar con 10 tratamientos y 3 repeticiones. Los resultados se sometieron al análisis de la varianza, los grados de libertad se detallan en el cuadro 7.

Cuadro 7. Distribución de los grados de libertad

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

3.5 TRATAMIENTOS

Cuadro 8. Dosis fertilizantes e inoculantes en tratamientos

TRATAMIENTOS	
1.	$N_{100}P_{40}K_{100}+FPMg_2$
2.	$N_{100}P_{40}K_{100}+VAI$
3.	$N_{100}P_{40}K_{100}+ FPMg_2 +VAI$
4.	$N_{150}P_{40}K_{100}+FPMg_2$
5.	$N_{150}P_{40}K_{100}+VAI$
6.	$N_{150}P_{40}K_{100}+ FPMg_2 +VAI$
7.	$N_{200}P_{40}K_{100}+FPMg_2$
8.	$N_{200}P_{40}K_{100}+VAI$
9.	$N_{200}P_{40}K_{100}+ FPMg_2 +VAI$
10.	$N_0P_0K_0$

Cuadro 9. Dosis fertilizantes e inoculantes por ha.

TIPOS DE FERTILIZACIÓN	FERTILIZANTES	TRATAMIENTOS Kg/ha										TOTAL DE FERTILIZANTE	
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10		
FONDO	MAP	76,92	76,92	76,92	76,92	76,92	76,92	76,92	76,92	76,92	76,92	0,00	2076,92
	SULFATO DE POTASIO	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	0,00	5400,00
COBERTURA	NITRATO DE AMONIO	289,28	289,28	289,28	438,53	438,53	438,53	587,78	587,78	587,78	0		11840,32
	3 aplicaciones 20-30-40 dds	96,426	96,426	96,426	146,177	146,177	146,177	195,928	195,928	195,928	0,000		3946,774

Cuadro 10. Dosis fertilizantes e inoculantes por parcela.

TIPOS DE FERTILIZACIÓN	FERTILIZANTES	TRATAMIENTOS Kg/parcela										TOTAL DE FERTILIZANTE	
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10		
FONDO	MAP	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,00	4,36
	SULFATO DE POTASIO	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,00	11,34
COBERTURA	NITRATO DE AMONIO	0,61	0,61	0,61	0,92	0,92	0,92	1,23	1,23	1,23	0		24,86
	3 aplicaciones 20-30-40 dds	0,202	0,202	0,202	0,307	0,307	0,307	0,411	0,411	0,411	0,000		8,288

3.6 DELINEAMIENTO EXPERIMENTAL

a. Diseño experimental	DCA
b. Tratamientos	10
c. Repeticiones	3
d. Total unidades experimentales	30
e. Distancia entre hileras	1,5 m
f. Distancia entre planta	0,20 m
g. Área total de parcela	21 m ²
h. Área útil de parcela	4,5 m ²
i. N° de plantas por sitio	1
j. N° de plantas por hilera	70
k. N° de hileras	3
l. N° de plantas por parcela	210
m. Área del bloque	304,5 m ²
n. Área útil del bloque	45m ²
o. Distancia entre parcela	1,5 m
p. Distancia entre bloque	2 m
q. Distancia del borde experimental	3 m
r. N° plantas por bloques	2100
s. N° plantas por experimento	6300
t. N° plantas por hectárea	66667
u. Área útil del experimento	135m ²
v. Área neta del experimento	630 m ²
w. Área total del experimento	1534,5 m ²

3.7 MANEJO DEL EXPERIMENTO

3.7.1 Preparación del suelo

Se realizó un pase de arado y dos de rastra, delimitando el área del experimento en bloques y parcelas.

3.7.2 Preparación del biofertilizante

Para la preparación del biofertilizante se tomó tres asadas de cada aislado (cepas jóvenes de VAI RV y FPMG2), colocadas en fiolas diferentes, agregando luego 25 ml de CELM a cada una. El fermentador se armó de la siguiente manera:

- Una fiola con 0,5 L de CELM esterilizado.
- 15 ml CELM con el inóculo (tres asadas del cultivo)
- Aire filtrado (por 24 horas).
- Posteriormente se realizó la cuantificación de los microorganismos, comparando su turbiedad por la escala Mc Farland.
- Cuando se obtuvo una población de 10^9 bacterias por ml aproximadamente, se aplicó el inoculante a las semillas y plántulas de maíz en el campo.

3.7.3 Desinfección de la semilla

- Las semillas se lavaron diez veces con agua corriente y tres veces con agua destilada para eliminar residuos químicos.
- Se sumergieron en alcohol potable al 90% por 30 segundos para eliminar microorganismos indeseables.

3.7.4 Inoculación de la semilla

Una vez obtenido el biofertilizante se procedió a la inoculación de 1 890 semillas, previamente se las impregnó con una solución de 25% de azúcar, con el objetivo de adherir las bacterias a las semillas (210 semillas por parcela experimental y por tres repeticiones); para luego, emplear un litro de bioinóculo de cada cepa bacteriana, durante 30 minutos. Quedaron sin inocular 633 semillas del tratamiento testigo.

3.7.5 Siembra

La siembra se realizó de forma manual inmediatamente después de la inoculación a una distancia de 1,5 m x 0,20 m a doble hilera, con ayuda de un espeque.

3.7.6 Inoculación durante el ciclo vegetativo

En los días 7 y 14 se inoculó con 1ml a cada planta con las respectivas cepas según sus tratamientos.

3.7.7 Fertilización

Se realizaron cuatro aplicaciones de fertilizantes durante el ciclo vegetativo, una de fondo (previo a la siembra) y las restantes de cobertura a los 20, 30 y 40 días de cultivo; especificado en el cuadro número 10.

3.7.8 Raleo

Ésta labor se realizó cuando la planta llega a una altura aproximada de 25 a 30 cm y consiste en eliminar plantas enfermas y torcidas.

3.7.9 Control de plagas

Después de la siembra se realizó una aplicación localizada al suelo con Cipermetrina en dosis de 20 cc por bomba de 20 litros, para control de trozadores. Además se aplicó Curacron para el control del gusano de mazorca.

3.7.10 Control de Malezas

Fue realizada en forma manual o mecánica.

3.7.11 Riego

La cantidad de agua aplicada al cultivo de maíz varió de acuerdo a las etapas de crecimiento. Durante la etapa de germinación y la etapa de desarrollo vegetativo se requirió una humedad constante. Quince días antes de la floración el cultivo necesitó de mayor cantidad de agua para el llenado de las mazorcas. Finalmente, en la etapa de maduración y secado del grano, el riego fue suspendido.

3.7.12 Cosecha

De forma manual y debe realizarse cuando el grano esté en madurez fisiológica (En la base del grano se observa una capa negra).

3.8 VARIABLES EXPERIMENTALES

Los datos de las variables a evaluarse se realizarán con 10 plantas al azar del área útil de cada parcela del experimento, para luego promediarlas.

3.8.1 VARIABLES AGRONÓMICAS

3.8.1.1 Porcentaje de germinación

Es el resultado del número de semillas germinadas sobre el total de semillas multiplicado por 100.

3.8.1.2 Altura de planta (30, 60 y 90 días)

Se midió la altura de la planta desde la base del tallo hasta la hoja bandera a los 30 y 60 días de cultivo. Y, a los 90 días hasta el ápice de la floración masculina, expresadas en centímetros.

3.8.1.3 Altura de inserción de mazorca.

La altura de inserción de la mazorca fue considerada desde la superficie del suelo hasta el nudo de inserción de la mazorca, medida en centímetros.

3.8.1.4 Diámetro del segundo entrenudo a los 90 días.

Se midió el diámetro del segundo entrenudo utilizando un calibrador Vernier digital con margen de error de 0,05 mm.

3.8.1.5 Longitud de mazorca

Se evaluaron las mazorcas de 10 plantas tomadas al azar de cada tratamiento, medidas en centímetros desde la base al ápice en la mazorca.

3.8.1.6 Número de hilera de grano por mazorca

Se contó el número de hilera de grano por mazorca.

3.8.1.7 Diámetro de mazorca

Se tomó la medida del diámetro de la mazorca luego de la cosecha con ayuda de un calibrador.

3.8.1.8 Rendimiento

Se consideró el peso de las semillas de cada tratamiento por hectárea al final de la cosecha.

3.8.1.9 Peso de 1000 semillas

Se pesó 1000 semillas en gramos de las mazorcas evaluadas.

3.9 Método para determinar el contenido de humedad

3.9.1 Método de la estufa

Se somete una muestra de los granos de peso conocido al secado y se calcula el porcentaje de humedad del peso que se pierde durante el secado. Para obtener el porcentaje de humedad se divide la pérdida de peso de la muestra entre el peso de la muestra y el peso original de ella, multiplicado por 100:

$$\mathbf{3.9.2 \text{ Contenido de humedad (en \%)} = \frac{P_i - P_f}{P_i} * 100}$$

P_i = peso de la muestra antes del secado

P_f = peso de la muestra después del secado

Con relación a la temperatura y tiempo de secado de las muestras existen diversos métodos cuyas referencias se encuentran en la bibliografía especializada. Los métodos se diferencian sobre todo, en lo que concierne a la temperatura de estufa, al periodo de secado y al estado físico de la muestra (granos enteros o molidos).

En este trabajo se emplearon las Reglas Internacionales aprobadas por el ISTA (Internacional Seed Testing Association). Fueron pesados y secados los granos de maíz de cada tratamiento a una temperatura de 130°C±3°C por dos horas.

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 100% para el presente ensayo.

4. RESULTADOS

4.1. PORCENTAJE DE GERMINACIÓN

Los T₆ (N₁₅₀P₄₀K₁₀₀+ FPMg₂ +VAI), T₅ (N₁₅₀P₄₀K₁₀₀+VAI) y obtuvieron los porcentajes más altos de germinación al día cinco de sembrado; mientras que el más bajo fue el tratamiento uno. La prueba de Duncan al 5% presenta 3 grupos estadísticos. El coeficiente de variación fue de 1,82%.

La aplicación del biofertilizante con *Rhizobium* sp. mostró un porcentaje de germinación aceptable del 98% del T₆, frente al testigo con un 93%, superando al testigo a excepción del tratamiento uno con 92%.

Cuadro 11. Análisis de la varianza, porcentaje de germinación al día 5

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Porcentaje de Germinación	30	0,73	0,57	1,82

Análisis de la varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor P
Modelo	150,23	11	13,66	4,49	0,0025
Tratamiento	88,97	9	9,89	3,25	0,0159
Repetición	61,27	2	30,63	10,07	0,0012
Error	54,73	18	3,04		
Total	204,97	29			

Medias de los tratamientos

Tratamientos	Medias
T6 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	98,00 a
T5 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	97,67 a
T7 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	96,67 ab
T4 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	96,67 ab
T2 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	96,67 ab
T8 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	96,33 ab
T9 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	96,00 ab
T3 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	96,00 ab
T10 N ₀ P ₀ K ₀	93,67 bc
T1 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	92,00 c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

4.2 ALTURA DE PLANTA

Esta variable se midió en tres etapas del cultivo, a los 30 y 90 días no se obtuvo diferencia significativa en las medias; mientras que a los 60 días de cultivo se observan 2 grupos estadísticos.

4.2.1 Altura de planta a los 30 días

La mayor altura de planta a los 30 días de cultivo lo obtuvo el T₆ con 60,62 cm y la menor altura el T₁ (N₁₀₀P₄₀K₁₀₀+FPMg₂) con 59,48 cm. La prueba de Duncan al 5% indicó que los tratamientos tienen medias iguales. El coeficiente de variación fue de 4,28 %.

Cuadro 12. Análisis de la varianza, altura de planta 30 días

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura de planta 30 días	30	0,45	0,12	4,28

Análisis de la varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor P
Modelo	105,07	11	9,55	1,35	0,274
Tratamiento	93,54	9	10,39	1,47	0,2307
Repetición	11,52	2	5,76	0,82	0,4574
Error	126,91	18	7,05		
Total	231,98	29			

4.2.2 Altura de planta a los 60 días

La altura de planta a los 60 días de cultivo presenta a los T₂ y T₈ con 120,64 cm y 119,84 cm como los más altos y al T₁ con 100,76 cm el más bajo; con un coeficiente de variación de 8,83 %.

Cuadro 13. Análisis de la varianza, altura de planta 60 días

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura de planta 60 días	30	0,57	0,3	8,83

Análisis de la varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor P
Modelo.	2142	11	194,71	2,14	0,073
Tratamiento	1439	9	159,94	1,76	0,147
Repetición	702,4	2	351,19	3,86	0,0402
Error	1636	18	90,89		
Total	3778	29			

4.2.3 Altura de planta a los 90 días

En los tratamientos no se obtiene diferencia significativa en las medias, el T₇ presenta mayor altura 200,8 cm y el T₉ menor altura 193,76 cm; con un coeficiente de variación de 2,08 %.

Cuadro 14. Análisis de la varianza, altura de planta 90 días

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura de planta 90días	30	0,33	0	2,08

Análisis de la varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor P
Modelo.	152,55	11	13,87	0,81	0,6328
Tratamiento	133,83	9	14,87	0,87	0,5701
Repetición	18,72	2	9,36	0,55	0,5889
Error	308,92	18	17,16		
Total	461,47	29			

Medias de los tratamientos

Tratamientos	Medias 30días	Medias 60 días	Medias 90 días
T1 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	59,48	a	200,29
T2 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	63,08	a	200,36
T3 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	61,23	a	200,32
T4 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	64,10	a	200,37
T5 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	64,23	a	200,31
T6 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	64,62	a	200,31
T7 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	61,70	a	200,38
T8 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	61,10	a	200,34
T9 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	60,50	a	193,76
T10 N ₀ P ₀ K ₀	60,08	a	196,99

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

4.3 ALTURA DE INSERCIÓN DE MAZORCA

La mayor altura de inserción de mazorca a los 90 días del cultivo se encontró en el T₇ con 86,63cm y el menor en el T₉ con 81,93 cm. Al 5% de probabilidad la prueba de Duncan indicó que los tratamientos tienen medias iguales. El coeficiente de variación fue de 5,52%.

Cuadro 15. Análisis de la varianza, altura de inserción de la mazorca

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura de inserción de mazorca	30	0,18	0	5,52

Análisis de la varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor P
Modelo.	84,47	11	7,68	0,36	0,9579
Tratamiento	68,91	9	7,66	0,35	0,9423
Repetición	15,56	2	7,78	0,36	0,7023
Error	388,7	18	21,59		
Total	473,1	29			

Medias de los tratamientos

Tratamientos	Medias
T7 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	87,63 a
T5 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	85,70 a
T1 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	84,83 a
T10 N ₀ P ₀ K ₀	84,32 a
T3 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	83,98 a
T2 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	83,70 a
T4 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	83,70 a
T8 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	83,15 a
T6 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	82,88 a
T9 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	81,93 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

4.4 DIÁMETRO DE TALLO

El T₇ (N₂₀₀P₄₀K₁₀₀+FPMg₂) con 21,57 mm y T₁₀ (N₀P₀K₀) con 19,57 mm presentaron los diámetros de tallo más altos y bajos respectivamente. El

coeficiente de variación fue de 4,52 %.Con la prueba de Duncan al 5% de probabilidad presentando dos grupos estadísticos.

**Cuadro 16. Medias de los tratamientos
Análisis de la varianza, diámetro de tallo**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Diámetro de tallo	30	0,43	0,08	4,52

Análisis de la varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor P
Modelo	11,97	11	1,09	1,23	0,337
Tratamiento	10,53	9	1,17	1,32	0,2934
Repetición	1,45	2	0,72	0,82	0,4576
Error	15,94	18	0,89		
Total	27,92	29			

Media de los tratamientos

Tratamientos	Medias
T7 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	21,57 a
T2 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	21,36 ab
T3 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	21,34 ab
T5 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	21,26 ab
T4 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	21,02 ab
T1 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	20,86 ab
T8 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	20,68 ab
T9 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	20,40 ab
T6 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	20,21 ab
T10 N ₀ P ₀ K ₀	19,57 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

4.5 LONGITUD DE MAZORCA

En la variable longitud de mazorca presentó diferencia significativa con tres grupos estadísticos, siendo T₇ (N₂₀₀P₄₀K₁₀₀+FPMg₂) con 21,57 cm y T₁₀ (N₀P₀K₀) con 13,88 cm, los que mayor y menor longitud de mazorca respectivamente. Al 5% de probabilidad con la prueba Duncan.

Cuadro 17. Análisis de la varianza, longitud de mazorca

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Longitud de mazorca	30	0,66	0,45	4,84

Análisis de la varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	20,32	11	1,85	3,16	0,0149
Tratamiento	17,39	9	1,93	3,3	0,0149
Repetición	2,93	2	1,47	2,51	0,1095
Error	10,53	18	0,59		
Total	30,86	29			

Medias de los tratamientos

Tratamiento	Medias
T7 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	16,97 a
T4 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	16,32 ab
T2 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	16,15 ab
T5 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	16,13 ab
T6 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	16,03 ab
T8 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	15,88 ab
T3 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	15,82 ab
T1 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	15,53 ab
T9 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	15,47 b
T10 N ₀ P ₀ K ₀	13,88 c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

4.6 NÚMERO DE HILERAS DE GRANO POR MAZORCA

El T₇ (N₂₀₀P₄₀K₁₀₀+FPMg₂) presentó mayor número de hileras de granos por mazorca; mientras que el T₂ (N₁₀₀P₄₀K₁₀₀+VAI) el más bajo. Las medias no muestran diferencias significativas, al 5% de probabilidad con la prueba de Duncan, con un factor de variación de 5,61%.

Cuadro 18. Análisis de la varianza, número de hileras de grano por mazorca

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Número de hilera grano por mazorca	30	0,41	0,05	5,61

Análisis de la varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor P
Modelo.	7,93	11	0,72	1,15	0,383
Tratamiento	6,03	9	0,67	1,07	0,4298
Repetición	1,9	2	0,95	1,51	0,2467
Error	11,29	18	0,63		
Total	19,23	29			

Medias de los tratamientos

Tratamientos	Medias
T7 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	14,80 a
T6 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	14,77 a
T5 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	14,40 a
T3 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	14,27 a
T10 N ₀ P ₀ K ₀	14,15 a
T9 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	14,03 a
T8 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	13,93 a
T4 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	13,83 a
T1 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	13,70 a
T2 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	13,27 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

4.7 DIÁMETRO DE MAZORCA

En la variable diámetro de mazorca se encontró diferencia significativa, formando seis grupos estadísticos, con un coeficiente de variación de 1,32 %, con la prueba Duncan al 5% de probabilidad; destacando el T₇ (N₂₀₀P₄₀K₁₀₀+FPMg₂) con el mayor diámetro 55,82 mm y el menor 49,92 mm el T₁₀ (N₀P₀K₀).

Cuadro 19. Análisis de la varianza, diámetro de mazorca

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Diámetro de mazorca	30	0,92	0,88	1,32

Análisis de la varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor P
Modelo.	102,19	11	9,29	19,51	<0,0001
Tratamiento	99,08	9	11,01	23,13	<0,0001
Repetición	3,11	2	1,56	3,27	0,0616
Error	8,57	18	0,48		
Total	110,76	29			

Media de los tratamientos

TRATAMIENTO	Medias
T7 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	55,82 a
T4 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	54,03 b
T6 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	53,88 b
T2 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	52,89 bc
T5 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	52,1 cd
T8 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	51,2 de
T1 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	51,03 de
T3 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	50,76 e
T9 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	50,31 e
T10 N ₀ P ₀ K ₀	49,92 e

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

4.8 PESO DE 1 000 SEMILLAS

Los T₄ y T₁₀ presentaron 409,00 g y 298,33 g, mayor y menor peso de mil semillas, respectivamente con la prueba de Duncan al 5% de probabilidad coeficiente de variación de 5,51%.

Cuadro 20. Análisis de la varianza, peso de 1000 semillas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso de 1000 semillas	30	0,83	0,72	5,51

Análisis de la varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor P
Modelo.	36373,93	11	3306,72	7,79	0,0001
Tratamiento	27001,87	9	3000,21	7,07	0,0002
Repetición	9372,07	2	4686,03	11,05	0,0007
Error	7635,93	18	424,22		
Total	44009,87	29			

Medias de los tratamientos

Tratamiento	Medias
T4 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	409,00 a
T6 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	400,33 a
T2 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	390,67 a
T7 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	390,00 a
T3 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	381,33 ab
T9 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	379,67 ab
T5 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	373,00 ab
T8 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	371,33 ab
T1 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	347,00 b
T10 N ₀ P ₀ K ₀	298,33 c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

4.9 RENDIMIENTO

Los T₇ (N₂₀₀P₄₀K₁₀₀+FPMg₂) y T₁₀ (N₀P₀K₀) presentaron mayor y menor rendimiento con 12.983 y 6683,67 kg/ ha respectivamente, al 5% de probabilidad con la prueba de Duncan, indicando 6 grupos estadísticos (Cuadro 21) con un coeficiente de variación de 5,65%.

Cuadro 21. Análisis de la varianza, Rendimiento

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento por Ha	30	0,94	0,91	5,65

Análisis de la varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor P
Modelo.	109006629,9	11	9909693,62	27,03	<0,0001
Tratamiento	102758164,8	9	11417573,87	31,15	<0,0001
Repetición	6248465,07	2	3124232,53	8,52	0,0025
Error	6598153,6	18	366564,09		
Total	115604783,5	29			

Medias de los tratamientos

Tratamientos	Medias
T7 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	12983,00 a
T4 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	12602,67 ab
T6 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	11954,67 abc
T2 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	11647,33 bc
T5 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	11145,33 cd
T8 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	10748,33 d
T3 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	10673,67 d
T9 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	10628,00 d
T1 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	8128,00 e
T10 N ₀ P ₀ K ₀	6683,67 f

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

4.10 ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS TRATAMIENTOS

El análisis económico del experimento muestra que para el T₇ el beneficio bruto es el más alto, con un valor de 3081,68 dólares; el T₄ tiene el mayor beneficio neto de \$ 2711,90.

Los costos variables más altos se encuentran en T₇, T₈ y T₉, con un valor de \$ 374,63 cada uno, mientras que los más bajos le corresponden al T₁₀ debido a que no incluye el insumo nitrogenado (Cuadro 22).

Los tratamientos T₃, T₅, T₆, T₇, T₈ y T₉ fueron dominados por los T₁₀, T₁, T₂ y T₄, al relacionar el incremento de los costos variables con los beneficios netos. De los tratamientos que dominan, el T₄ presenta una tasa de retorno marginal de 138,4%, lo que significa recuperar \$0,384 incluido el dólar utilizado en la producción. Si se considera una tasa de retorno mínima aceptable del 100%, entonces se descarta el T₁₀, T₁ y T₂ (Cuadro 23-24).

La relación beneficio/costo de los tratamientos se indica con el Cuadro 25 registrándose el mayor valor en el T₄ con \$1,292, seguido del T₇ con \$1,279; siendo el T₁₀ con \$0,810 el de menor valor.

Cuadro 22. Presupuesto parcial de producción de maíz con semillas inoculadas con Rhizobium sp. en Manglaralto, cantón Santa Elena.

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	8128	7315	161	13	161	1929,28	184,37	1744,91
T2	11647	10483	230	13	230	2764,64	184,37	2580,27
T3	10674	9606	211	13	211	2533,53	184,37	2349,16
T4	12603	11342	249	13	249	2991,40	279,50	2711,90
T5	11145	10031	220	13	220	2645,48	279,50	2365,98
T6	11955	10759	236	13	236	2837,59	279,50	2558,09
T7	12983	11685	257	13	257	3081,68	374,63	2707,05
T8	10748	9673	213	13	213	2551,25	374,63	2176,62
T9	10628	9565	210	13	210	2522,69	374,63	2148,06
T10	6684	6015	132	13	132	1586,45	0,00	1586,45

Cuadro 23. Análisis de dominancia de producción de maíz con semillas inoculadas con Rhizobium sp. en Manglaralto, cantón

Santa Elena.

Tratamiento	Costos que varían	Beneficio neto	
T10	0,00	1586,45	
T1	184,37	1744,91	
T2	184,37	2580,27	
T3	184,37	2349,16	D
T4	279,50	2711,90	
T5	279,50	2365,98	D
T6	279,50	2558,09	D
T7	374,63	2707,05	D
T8	374,63	2176,62	D
T9	374,63	2148,06	D

Cuadro 24. Análisis marginal de producción de maíz con semillas inoculadas con Rhizobium sp. en Manglaralto, cantón

Santa Elena.

Tratamiento	Costos que varían	Costos marginales	Beneficio neto	Beneficios netos marginales	Tasa de retorno marginal	Tasa de retorno mínima aceptable
T10	0,00	0,00	1586,45	0,00	0,0	0
T1	184,37	184,37	1744,91	158,46	85,9	100
T2	184,37	0,00	2580,27	835,36	0,0	100
T4	279,50	95,13	2711,90	131,63	138,4	100

Cuadro. 25 Relación costo beneficio

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 104	25Kg	1	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145
Siembra	jornales	8	15	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
4. Fertilización													
MAP	sacos/25 kg	3,1	55	170,5	170,5	170,5	170,5	170,5	170,5	170,5	170,5	170,5	170,5
Sulfato de potasio	sacos/25 kg	8	33	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264
Nitrato de amonio	sacos/50 kg	7	29	185,6	185,6	185,6	278,4	278,4	278,4	374,1	374,1	374,1	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.				2276,43	2276,43	2276,43	2369,23	2369,23	2370,23	2466,93	2467,93	2468,93	2005,83
11. Costos administrativos	5%			113,82	113,82	113,82	118,46	118,46	118,51	123,35	123,40	123,45	100,29
12. Costo financiero	12%			286,83	286,83	286,83	298,52	298,52	298,65	310,83	310,96	311,09	252,73
13. COSTOS TOTALES Usd				2677,08	2677,08	2677,08	2786,21	2786,21	2787,39	2901,11	2902,29	2903,46	2358,86
14. Beneficio bruto en campo				2322,29	3327,81	3049,62	3600,76	3184,38	3415,62	3709,43	3070,95	3036,57	1909,62
Relación beneficio/costo				0,87	1,24	1,139	1,292	1,143	1,225	1,279	1,058	1,046	0,810

5. DISCUSIÓN

Es ampliamente conocido que la aplicación de los biofertilizantes de origen microbiano buscan optimizar la fijación del nitrógeno mediante la endosimbiosis de leguminosas con rizobios competitivos, como promotores del crecimiento de plantas leguminosas y no leguminosas (PGPR) y en los últimos años han sido utilizados en biorremediación y fitorremediación para extender las ventajas de la simbiosis a otros cultivos de importancia.

Los resultados del presente experimento confirman la colonización y capacidad infectiva de los rizobios en el sistema radicular del maíz, referida por CHABOT R. et al (1996) con *Rhizobium etli* bv. *phaseoli* y GUTIERREZ M. y MARTÍNEZ E. (2001) con *Rhizobium leguminosarum* bv. *Phaseoli*.

Durante los meses los meses de junio a septiembre la temperatura promedio en la zona de Manglaralto fue de 22,3 °C y la máxima de 27,6 °C. La primera se encuentra dentro del rango óptimo para el maíz de 18 – 24 °C, mientras que la segunda es menor a la máxima permitida para el desarrollo de este cultivo (32 – 35 °C), mencionado por BARANDAS (1994), siendo el maíz una especie de clima cálido y semicálido.

La aplicación del bioinóculo con *Rhizobium* sp. en el cultivo del híbrido de maíz AGRI 104 mostró el mayor porcentaje de germinación (98%) en el T6, frente al testigo (93%); lo cual concuerda con CRESPO L. y JULIO A. (2012), y supera los valores promedios obtenidos por ORTIZ G. (2010) de 84,7% empleando *Azospirillum* en los híbridos de maíz 102 y 122 de INIAP.

En las variables altura de planta y número de hileras por mazorca, el biofermento presenta cifras similares (200,38 cm y 14,8 hileras/mazorca respectivamente) a la información técnica del híbrido AGRI 104 de Interoc-Custer (201 cm y 14

hileras/mazorca respectivamente) a los 90 días de cultivo; y, ligeramente inferior al promedio de altura de planta (215,65 cm) obtenido por ORTIZ G. (2010).

Sin embargo, en las variables altura de inserción de mazorca, longitud de mazorca y peso de mil semillas, el biofermento se presenta ligeramente inferior (87,63 cm, 16,97 cm y 409 g, respectivamente) a la información técnica del híbrido Agri (104, con 98 cm, 18,41 cm y 455,2 g respectivamente); superado por ORTIZ G. (2010), sólo en la variable altura de inserción con 118,5 cm.

El mayor rendimiento por hectárea lo obtuvo el T7, (N₂₀₀P₄₀K₁₀₀+FPMg₂) con 12.983 kg/ ha, significativamente mayor a los obtenidos con otros materiales genéticos de maíz, inoculados con Rizobios promotores de crecimiento vegetal, por FERRARIS G y COURETOT L. (2008) con 12.655 kg/ha; y ORTEGA L. y MANZO A. (2010) con 6.695 kg/ha, quienes utilizaron biofertilizantes comerciales más *Azospirillum brasilense* y *Glomus intraradices* en *Zea mays* L.

Finalmente las dos metodologías empleadas para la evaluación del análisis económico (tasa interna de retorno marginal y el beneficio costo), coinciden en que el T₄ (N₁₅₀ P₄₀ K₁₀₀ + cepa FPMG2) es el más recomendable con 138,4 % y 1,292 respectivamente.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos e hipótesis planteadas, se concluye lo siguiente:

1. En la granja experimental Manglaralto, cantón Santa Elena, el uso del biofertilizante proveniente de cepas nativas de *Rhizobium* sp. en el cultivo del híbrido de maíz (*Zea mays* L.) AGRI 104, presentó resultados que superan al testigo sin inocular y sin fertilizar, destacando el T7 (N₂₀₀ P₄₀ K₁₀₀ + cepa FPMG2) con valores más altos en siete de las once variables experimentales, especialmente en el rendimiento (12 983,00 kg/ha contra los 6 683,67 kg/ha del testigo).
2. Las dosis de NPK y bioinóculos empleados en este experimento permiten considerar su uso como potencial biofertilizante en el cultivo de plantas no leguminosas, como una alternativa para la sustitución parcial de los fertilizantes minerales, el mejoramiento de los ingresos de los productores de la zona y la protección del medio ambiente.
3. El uso combinado de las dos cepas estudiadas (VAI+ FPMG2+ fertilización) se presenta como alternativa tecnológica para aquellas regiones donde no se aplican fertilizantes químicos o donde se requiere disminuir su uso.
4. El mejor comportamiento de la cepa FPMG2 en cuanto al rendimiento se presenta con las dosis N150 (240 sacos/ha) y N200 (257 sacos/ha); sin embargo, la relación beneficio costo es más favorable para la dosis N150 (1,292 contra 1,279). Esto implica que el bioinoculante ofrece mejores resultados económicos con una dosis media alta de nitrógeno, ya que disminuye los costos y con menor riesgo ambiental.

5. De acuerdo a la tasa interna de retorno, el T₄ (N₁₅₀ P₄₀ K₁₀₀ + cepa FPMG2) es el de mayor rentabilidad y de mejor relación costo/beneficio, por lo que se constituye en la dosis más recomendada, conforme a los resultados del presente experimento.

RECOMENDACIONES

1. Realizar investigaciones similares en otros ambientes de la región, utilizando el híbrido de maíz Agri 104 inoculadas con otras cepas bacterianas nativas.
2. Realizar investigaciones que consideren el efecto de los microorganismos en otros cultivos de interés agrícola, en diferentes dosis, épocas del año y demás localidades de la provincia de Santa Elena.
3. Realizar análisis físico, químico y microbiológico de los suelos de importancia agrícola en la región, con el fin de implementar una base de datos que sirva de consulta y apoyo técnico a investigadores, profesionales, estudiantes y productores de la zona.

BIBLIOGRAFÍA

AGUIRRE J., IRIZAR M., DURÁN, A. GRAJEDA O., Peña M. y LOREDO C, GUTIÉRREZ A. 2009. Los Biofertilizantes microbianos: alternativa para la agricultura en México, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chiapas, México. 86 p.

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

ANTOUN E., BEAUCHAMP C., GOUSSARD N., CHABOT and LALANDE R. 1998. Potential of *Rhizobium* and *Bradyrhizobium* species as plant growth promoting rhizobacteria on non- legumes: Effect on radishes (*Rhaphanus sativus* L.) Plant and Soil. 204:57.

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. 2013.

Disponible en <http://www.buap.mx/investigacion/icuap/area.htm>

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

BURDMAN S., KIGEL J. and OKON Y. 2000. Effects of *Azospirillum brasilense* on nodulation and growth of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Soil Biol. Biochem. 29(5/6):923-929 p.

CHABOT R.; ANTOUN H.; KLOEPPER J. y BEAUCHAMP C. 1996. Root colonization of maize and lettuce by bioluminescent *Rhizobium leguminosarum* biovar phaseoli. *Appl. Environ. Microbiol.* 62p.

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%20Bin%20maize&searchHistoryKey=&queryHash=965ad9134e73cacc547a0e543d11870c>

COOL A. 2010. Evaluación del biofertilizante a base de cepas de *Azospirillum* sp., en el cultivo de Maíz (*Zea mays* L.), en complemento con tres tipos de fertilización. Tesis Universidad Estatal de Bolívar p. 104

CORDI M., UHART S., ECHEVERRÍA E. y SAINZH. 1997. Efecto de la disponibilidad de nitrógeno sobre la tasa y duración del llenado de granos en maíz. VI Congreso Nacional de Maíz y III Reunión Suramericana de Maiceros. Octubre de 1997.

CORTEZ E. 2012. Control biológico natural de gusano cogollero (lepidóptera: Noctuidae) en maíz y en sorgo, en el norte de Sinaloa, México. Published By: Society of Southwestern Entomologists; BioOne PDF. Vol 37, N°3.

Disponible en: <http://www.bioone.org/doi/pdf/10.3958/059.037.0320>

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.

CRONQUIST A. 1982. Introducción a la botánica. Editorial CECSA. México 89-90p.

ESSALMANI H. y LAHLOU H. 2003. Mécanismes de protection des plantes de lentille par *Rhizobium leguminosarum* contre *Fusarium oxysporum* sp. Lentis. C.R. Biologies. 326: 1163-1173p.

FAO. Boletín Trimestral de la Seguridad Alimentaria y Nutricional. Enero a Marzo (2013a)

Disponible en:

<http://www.rlc.fao.org/es/temas/hambre/precios/trimestral/2013-1/>

FAO. Agronoticias América Latina y el Caribe. Visto el 26 de septiembre del (2013b). Disponible en:

[http://www.fao.org/agronoticias/agronoticias/detalle/es/?dyna_fef\[backuri\]=21178&dyna_fef\[uid\]=174893](http://www.fao.org/agronoticias/agronoticias/detalle/es/?dyna_fef[backuri]=21178&dyna_fef[uid]=174893)

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 Febrero del 2012.

Disponible en:

http://www.engormix.com/inoculacion_con_azopirillum_brasilense_s_articulos_1159.AGR.htm

FERRARIS G. y COURETOT L. 2006. Respuesta a la aplicación de inoculantes, fertilizantes y fungicidas en trigo. Área de Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino, Proyecto Regional Agrícola.

Disponible en: <http://www.fertilizando.com/articulos/Trigo.asp>.

HASSAN DAR G., ZARGAR Y. y BEIGH M. 1997. Biocontrol of *Fusarium* Root Rot in the Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by using Symbiotic *Glomus mosseae* and *Rhizobium leguminosarum*. Microb.Ecol. 34: 74-80p.

HERNANDEZ A., RIVES N., CABALLERO A., HERNANDEZ A., HEYDRICH M. 2004. Caracterización de Rizobacterias asociadas al cultivo de Maíz en la producción de metabolitos Del Tipo AIA, Siderofos Y Acido Salicílico Revista Colombiana de Biotecnología VOL. VI N° 1 Julio 2004.

IFA International Fertilizer Industry Association 2011. Assessment of fertilizer use by crop at the global level Patrick Heffer FR Disponible en:

<http://www.fertilizer.org/ifa/HomePage/LIBRARY/Publication-database.html/Assessment-of-Fertilizer-Use-by-Crop-at-the-Global-Level-2010-2010-11.html>

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS. INEC. 2011. Sistema estadísticos agropecuario nacional SEAN. Datos estadísticos agropecuarios Resumen ejecutivo. 12p.

Disponible

en:http://www.inec.gob.ec/espac_publicaciones/espac2011/INFORME_EJECUTIVO%202011.pdf

KUMARI S., RAM R y MALLAIAH V. 2009. Studies on exopolysaccharide and indole acetic acid production by *Rhizobium* strains from *Indigofera*. African Journal of Microbiology Research, 3(1): 10 - 14p.

LA NUEVA BIOTECNOLOGÍA 1990: Fundamentos, usos y perspectivas. Palmira, CO. 85 p.

LEDESMA, M. 2000. Climatología y Meteorología Agrícola. Paraninfo. Madrid, España. 449 p.

LIRA R. y MEDINA J. (2009): AGRICULTURA SUSTENTABLE Y BIOFERTILIZANTES. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México

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

MARTINEZ R. y DIBUT B. 2006. "Practical applications of Bacterial Biofertilizers and Biostimulators", Biological Approachs to Sustainable Soil Systems, Francis and Tylor Publ., Boca Raton, EE.UU., 467-477p.

MÁRQUEZ, S. 2008. De las variedades criollas de maíz (*zea mays* L.) a los híbridos transgénicos. I: Recolección de germoplasma y variedades mejoradas. Agricultura, Sociedad y Desarrollo. Vol. 5 No 2. México.

MATEO M. 1993. Biotecnología, Agricultura y Alimentación. Ediciones Mundi-Prensa, PE. 54p.

MELGAR R. 2012 Guía de Fertilizantes, Enmiendas y Productos nutricionales Agroeditorial; Fertilizar Asociación Civil. Buenos Aires 11 p.

MELGAR R., TORRES M., CAMOZZI M. 2012 Guía de Fertilizantes, Enmiendas y Productos nutricionales Agroeditorial; Fertilizar Asociación Civil. Buenos Aires 147 p.

MOLINA J., OCHOA W., HUTCHISON D, and CARLOS A. 2010. Estado Actual de *Helicoverpa Zea* y *Heliothis Virescens* dentro de un panorama

NORMAN J., PEARSON C. y SEARLE P. 1995. The ecology of tropical food crops, New York, USA, Cambridge University Press. 430p.

OKON Y. y LABANDERA-GONZÁLEZ, CA. 1994. Agronomic applications of *Azospirillum*: an evaluation of 20 years worldwide field inoculation. *Soil BiolBiochem*26: 1591-1601p.

ORTEGA L. y MANZO A. 2010. Efecto de Biofertilizantes en el crecimiento y desarrollo del Maíz (*Zea maíz L.*) y en sus requerimientos de nitrógeno y fosforo en Bonilla, Michoacan. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo con especialidad Fruticultura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Agrobiología “Presidente Juárez”.

ORTIZ G. 2010. Evaluación del efecto de cuatro métodos de inoculación de cepas de *Azospirillum* spp., en el cultivo de maíz (*Zea mays L.*) Variedades INIAP 122 y 102, en las provincias de Imbabura y Pichincha.

OTEGUI M. 1992. Influencia de la sequía alrededor de anthesis en el cultivo de maíz. Consumo de agua, producción de materia seca y determinación del rendimiento. Tesis M.S. Universidad Nacional de Mar del Plata, Buenos Aires. 93 p.

PATERNIANI E. 2000. Evolución del maíz. In: Fontana, N, H.; González, N. C. El maíz en Venezuela. Fundación Polar. Caracas. 530 p.

PEOPLES M. y CRASWEELL M. 1992. Biological nitrogen fixation: Investments, expectations and actual contributions to agriculture. *Plant and Soil* 141: 13-39 p.

PERMUY, N. 2005. Guía técnica para la producción del cultivo del maíz. Cuba Literaria. <http://www.cubaliteraria.com>. Consulta: agosto 21 del 2013.

PEVOST D., SADDIKI S. and ANTOUN H. 2000. Growth and mineral nutrition of corn inoculated with effective strains of *Bradyrhizobium japonicum*. Proc. 5th International PGPR Workshop. Villa Carlos Paz, Cordoba. Argentina.

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

PROEQUADOR 2011. Producción internacional de maíz duro Disponible en: <http://www.proecuador.gob.ec/?s=MAIZ++33g3>

PRONACA, sf. Híbrido de maíz amarillo, DEKALB DK- 5005, Hoja divulgativa. 1 p.

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

RITCHIE S. y HANWAY J. 1982. How a corn plant develops. Iowa State Univ. Technol. Spec. Rep. 48 p.

RODRÍGUEZ A, ROJAS M, TRUJILLO I, MANZANO J, HEYDRICH M. 2003. Caracterización de la comunidad microbiana endófitas de la caña de azúcar, En: V Taller Internacional sobre recursos Filogenéticos FITOGEN 2003. (Memorias) Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes, La Habana, Cuba.

SAHOTA A. 2004. Overview of the global market for organic food and drink. The world of organic agriculture. Statistics and emerging trends. IMFOAM. FIBL, SOL, Germany 21-26p.

SANTILLANA N. *et al.* 2008. CAPACIDAD DEL *Rhizobium* DE PROMOVER EL CRECIMIENTO EN PLANTAS DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Miller), Departamento Académico de Biología, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú. 4p.

SANTILLANA N. *et al.* 2005. Capacidad del *Rhizobium* de promover el crecimiento en plantas de tomate. Revista Ecología aplicada Vol. 4 N° 1 y 2, p. 47-51. Departamento Académico de Biología, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, PE.

SANTILLANA N. 2006. Producción de biofertilizante utilizando *Pseudomonas* spp. Ecología Aplicada. 5: 87-91p.

SAURA, G.; 2000. Uso de *Azospirillum* sp., en caña de azúcar; FIAGRO; Buenos Aires – Argentina SESSITSCH J., HOWIESON X., PERRET H., ANTOUN H. y MARTINEZ- ROMERO E. 2002. Advances in *Rhizobium* Research. Critical Reviews in Plant Sciences.21, Issue 4, 1 : 323-378p.

SICA (sf en línea). El cultivo del maíz duro (*Zea mays*) (en línea). Consultado 22 de dic. 2009.

Disponible en: <http://www.sica.gov.ec/agronegocios/biblioteca/.../maizduro.pdf>.

SICA. 1999. Maíz Amarillo duro, Consultado el martes 15 de mayo de 2013.

Disponible en:

<http://www.sica.gov.ec/agronegocios/biblioteca/convenio%20MAG%201>

SILVA C. A. 2005. Maíz genéticamente modificado. AGRO-BIO. Colombia. 17p.

STEPHENS, J., Rask, H. 2000. Inoculant production and formulation. Field Crops Res. 65p.

TROPICALCIS. 2008. Ficha técnica de AGRI 103, 104 y 344. Consulta Julio 2012:
http://www.agricomseeds.net/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=31&Itemid=69.

UHART S., y ANDRADE F, 1995 a. Nitrogen and Carbon accumulation and remobilization during grain filling in maize under different source/sink ratios. 1995. Crop Sci. 35:183-190

UHART, S y ANDRADE F. 1995 b. Nitrogen deficiency in maize: I. Effects on crop growth, development, dry matter partitioning and kernel set. Crop Sci. 35:1376-1383.

VARGAS E. (1969). Aspectos microbiológicos de la fijación simbiótica del nitrógeno por el *Rhizobium*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá-Colombia. 198 p.

YANNI Y., RIZK R., FATTAH K. and SQUARTINE A. 2001. The beneficial plant growth-promoting association of *Rhizobium leguminosarum* bv. trifolii with rice root. Australian Journal of Plant Physiology. 28: 845 - 870.

ANEXOS

Cuadro 1A. Promedios porcentaje de germinación al día 5, (%). Producción de maíz a partir de semillas inoculadas con *Rhizobium* sp. en Manglaralto, cantón Santa Elena.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			SUMA	PROMEDIO
	I	II	III		
T1 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	90	96	90	276,00	92,00
T2 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	94	99	97	290,00	96,67
T3 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	92	98	98	288,00	96,00
T4 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	95	98	97	290,00	96,67
T5 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	96	98	99	293,00	97,67
T6 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	97	98	99	294,00	98,00
T7 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	94	99	97	290,00	96,67
T8 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	94	98	97	289,00	96,33
T9 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	95	97	96	288,00	96,00
T10 N ₀ P ₀ K ₀	95	96	90	281,00	93,67

Cuadro 2A. Altura de planta día 30, (cm). Producción de maíz a partir de semillas inoculadas con *Rhizobium* sp. en Manglaralto, cantón Santa Elena.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			SUMA	PROMEDIO
	I	II	III		
T1 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	61,10	60,33	57,00	178,43	59,48
T2 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	60,33	66,00	62,90	189,23	63,08
T3 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	55,50	63,50	64,70	183,70	61,23
T4 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	63,90	63,60	64,80	192,30	64,10
T5 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	64,00	63,10	65,60	192,70	64,23
T6 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	64,10	64,95	64,80	193,85	64,62
T7 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	65,00	63,60	56,50	185,10	61,70
T8 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	58,10	61,80	63,40	183,30	61,10
T9 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	59,90	61,30	60,30	181,50	60,50
T10 N ₀ P ₀ K ₀	60,90	59,80	59,55	180,25	60,08

Cuadro 3A. Altura de planta día 60, (cm). Producción de maíz a partir de semillas inoculadas con *Rhizobium* sp. en Manglaralto, cantón Santa Elena.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			SUMA	PROMEDIO
	I	II	III		
T1 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	100,74	100,74	100,80	302,28	100,76
T2 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	110,69	130,57	120,67	361,93	120,64
T3 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	100,70	110,82	120,68	332,20	110,73
T4 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	100,84	130,60	90,93	322,37	107,46
T5 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	100,83	100,78	100,75	302,36	100,79
T6 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	100,73	100,83	100,81	302,37	100,79
T7 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	100,79	120,69	100,78	322,26	107,42
T8 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	130,54	130,61	98,38	359,53	119,84
T9 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	100,84	110,79	100,86	312,49	104,16
T10 N ₀ P ₀ K ₀	110,65	110,74	100,63	322,02	107,34

Cuadro 4A. Altura de planta día 90, (cm). Producción de maíz a partir de semillas inoculadas con *Rhizobium* sp. en Manglaralto, cantón Santa Elena.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			SUMA	PROMEDIO
	I	II	III		
T1 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	200,21	200,34	200,31	600,85	200,28
T2 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	200,28	200,43	200,38	601,08	200,36
T3 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	200,25	200,35	200,35	600,95	200,32
T4 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	200,39	200,39	200,34	601,12	200,37
T5 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	200,33	200,38	200,23	600,94	200,31
T6 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	200,28	200,32	200,32	600,92	200,31
T7 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	200,29	200,40	200,44	601,12	200,37
T8 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	200,33	200,35	200,33	601,01	200,34
T9 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	200,34	180,55	200,38	581,27	193,76
T10 N ₀ P ₀ K ₀	190,36	200,42	200,19	590,96	196,99

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

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			SUMA	PROMEDIO
	I	II	III		
T1 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	81,30	91,10	82,10	254,50	84,83
T2 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	80,30	81,10	89,70	251,10	83,70
T3 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	85,10	88,25	78,60	251,95	83,98
T4 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	88,00	76,50	86,60	251,10	83,70
T5 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	88,20	85,10	83,80	257,10	85,70
T6 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	80,30	85,65	82,70	248,65	82,88
T7 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	85,20	85,60	92,10	262,90	87,63
T8 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	78,70	81,05	89,70	249,45	83,15
T9 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	83,60	80,50	81,70	245,80	81,93
T10 N ₀ P ₀ K ₀	81,40	89,25	82,30	252,95	84,32

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

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			SUMA	PROMEDIO
	I	II	III		
T1 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	20,63	21,97	19,98	62,59	20,86
T2 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	20,60	22,40	21,08	64,09	21,36
T3 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	20,62	21,25	22,16	64,03	21,34
T4 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	21,02	21,29	20,74	63,06	21,02
T5 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	20,18	22,44	21,17	63,79	21,26
T6 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	20,25	19,99	20,38	60,61	20,20
T7 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	20,83	21,87	22,02	64,72	21,57
T8 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	22,01	20,59	19,45	62,05	20,68
T9 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	20,97	20,07	20,17	61,21	20,40
T10 N ₀ P ₀ K ₀	21,35	19,00	18,35	58,71	19,57

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

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			SUMA	PROMEDIO
	I	II	III		
T1 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	15,85	15,80	14,94	46,59	15,53
T2 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	16,55	15,95	15,95	48,45	16,15
T3 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	15,95	16,07	15,45	47,47	15,82
T4 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	15,85	16,70	16,41	48,96	16,32
T5 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	16,45	16,40	15,55	48,40	16,13
T6 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	15,35	16,80	15,95	48,10	16,03
T7 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	17,69	16,35	16,88	50,92	16,97
T8 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	16,50	14,85	16,30	47,65	15,88
T9 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	16,25	15,10	15,05	46,40	15,47
T10 N ₀ P ₀ K ₀	16,05	12,95	12,65	41,65	13,88

Cuadro 8A. Número de hileras de grano por mazorca. Producción de maíz a partir de semillas inoculadas con *Rhizobium* sp. en Manglaralto, cantón Santa Elena.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			SUMA	PROMEDIO
	I	II	III		
T1 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	13,00	13,90	14,20	41,10	13,70
T2 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	13,40	13,20	13,20	39,80	13,27
T3 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	13,20	14,40	15,20	42,80	14,27
T4 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	13,20	13,80	14,50	41,50	13,83
T5 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	14,40	14,20	14,60	43,20	14,40
T6 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	14,30	14,70	15,30	44,30	14,77
T7 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	15,30	14,10	15,00	44,40	14,80
T8 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	13,30	13,80	14,70	41,80	13,93
T9 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	13,00	14,30	14,80	42,10	14,03
T10 N ₀ P ₀ K ₀	16,05	13,20	13,20	42,45	14,15

Cuadro 9A. Diámetro de mazorca, (mm). Producción de maíz a partir de semillas inoculadas con *Rhizobium* sp. en Manglaralto, cantón Santa Elena.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			SUMA	PROMEDIO
	I	II	III		
T1 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	51,70	50,05	51,35	153,10	51,03
T2 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	53,37	53,49	51,80	158,65	52,88
T3 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	51,80	50,55	49,93	152,27	50,76
T4 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	54,18	54,23	53,69	162,10	54,03
T5 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	52,79	51,60	51,91	156,29	52,10
T6 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	53,84	54,08	53,72	161,64	53,88
T7 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	57,33	54,38	55,76	167,48	55,83
T8 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	50,93	51,85	50,82	153,60	51,20
T9 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	50,83	49,98	50,11	150,92	50,31
T10 N ₀ P ₀ K ₀	49,65	50,20	49,90	149,74	49,91

Cuadro 10A. Peso de 1000 semillas, (g). Producción de maíz a partir de semillas inoculadas con *Rhizobium* sp. en Manglaralto, cantón Santa Elena.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			SUMA	PROMEDIO
	I	II	III		
T1 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	340,80	360,00	340,24	1041,04	347,01
T2 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	385,04	386,64	399,84	1171,52	390,51
T3 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	336,48	421,60	385,54	1143,62	381,21
T4 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	406,16	449,36	372,00	1227,52	409,17
T5 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	375,84	394,40	349,28	1119,52	373,17
T6 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	414,64	427,12	359,04	1200,80	400,27
T7 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	384,66	409,39	376,20	1170,25	390,08
T8 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	387,20	390,08	337,20	1114,48	371,49
T9 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	381,92	392,72	364,08	1138,72	379,57
T10 N ₀ P ₀ K ₀	280,00	346,32	268,80	895,12	298,37

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

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			SUMA	PROMEDIO
	I	II	III		
T1 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	7952,04	8400,04	8032,31	24384,39	8128,13
T2 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	11499,92	11499,92	11941,95	34941,79	11647,26
T3 N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	9421,49	11804,86	10795,17	32021,52	10673,84
T4 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	12509,79	13840,36	11457,66	37807,81	12602,60
T5 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	11225,14	11779,47	10431,88	33436,49	11145,50
T6 N ₁₅₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	12383,98	12756,71	10723,38	35864,07	11954,69
T7 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +FPMg ₂	13078,51	13078,51	12790,86	38947,88	12982,63
T8 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ +VAI	11203,04	11286,37	9756,37	32245,78	10748,59
T9 N ₂₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + FPMg ₂ +VAI	10693,81	10996,21	10194,29	31884,31	10628,10
T10 N ₀ P ₀ K ₀	6272,03	7757,61	6021,15	20050,79	6683,60

Cuadro 12A. Reporte Análisis de suelo.



ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL LITORAL SUR "DR. ENRIQUE AMPUERO PAREJA" LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS

Km. 26 Vía Duran - Tambo Apdo. Postal 09-01-7069 Yaguachi - Guayas - Ecuador
Teléfono: 2717161 Fax: 2717119 Celular: 094535163 - 084535163 - 099351760 e-mail: iniap_ls_lab@yahoo.es

*"Laboratorio de ensayo
acreditado por el OAE
con acreditación N° OAE LE C 11-007"*

INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		DATOS DE LA MUESTRA	
Nombre :	UPSE	Nombre :	MANGLARALTO	Informe No. :	0013393
Dirección :	VIA LA LIBERTAD	Provincia :	SANTA ELENA	Responsable Muestreo :	Cliente
Ciudad :	SANTA ELENA	Cantón :	SANTA ELENA	Fecha Muestreo :	08/01/2013
Teléfono :	2784006	Parroquia :	MANGLARALTO	Fecha Ingreso :	08/01/2013
Fax :	N/E	Ubicación :	MANGLARALTO	Condiciones Ambientales :	T°C: %H:
				Factura No. :	9468
				Fecha Análisis :	16/01/2013
				Fecha Emisión :	18/01/2013
				Fecha Impresión :	21/01/2013
				Cultivo Actual :	BARBECHO

N° Laborat.	Identificación del Lote	pH	ug/ml											
			* NH ₄	* P	K	* Ca	* Mg	* S	* Zn	Cu	* Fe	* Mn	* B	* Cl
45727	MANGLARALTO	7.7 LAI	36 M	22 A	1185 A	3098 A	587 A	41 A	1.1 B	7.1 A	21 M	4.0 B	0.63 M	

Interpretación	pH	
NH ₄ , P, K, Ca, Mg, S	MAc = Muy Acido	N = Neutro
Zn, Cu, Fe, Mn, B, Cl	Ac = Acido	LAI = Lig. Alcalino
	MeAc = Med. Acido	MeAl = Med. Alcalino
	LAc = Lig. Acido	Al = Alcalino
	PN = Prac. Neutro	RC = Requiere Cal
	B = Bajo	
	M = Medio	
	A = Alto	

Determinación	Metodología	Extracción
NH ₄ , P	Colorimetría	Olsen
K, Ca, Mg	Absorción	Modificado
Zn, Cu, Fe, Mn	Atómica	pH 8.5
S	Turbidimetría	Fosfato de Ca
B	Colorimetría	Monobásico
Cl	Volumetría	Pasta Saturada
pH	Potenciométrica	Suelo: agua (1:2.5)

Niveles de Referencia Optimos					
Medio (ug/ml)					
NH ₄	20 - 40	Mg	121.5 - 243	Fe	20 - 40
P	10 - 20	S	10 - 20	Mn	5 - 15
K	78 - 156	Zn	2.0 - 7.0	B	0.5 - 1.0
Ca	800 - 1600	Cu	1.0 - 4.0	Cl	17 - 34

N/E = No entregado

<LC = Menor al Límite de Cuantificación

Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometida(s) al ensayo

Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación solicitado al OAE



Las opiniones, interpretaciones, etc. que se indican a continuación, están fuera del alcance de acreditación solicitado al OAE

** Ensayo subcontratado

Se prohíbe la reproducción parcial, si se va a copiar que sea en su totalidad

Responsable Laboratorio

Cuadro 13A. Determinación de salinidad de extracto pasta suelo.

 INIAP <small>Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias</small>	ESTACION EXPERIMENTAL DEL LITORAL SUR "DR. ENRIQUE AMPUERO PAREJA" LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS Km. 26 Vía Duram - Tambo Apdo. Postal 09-01-7069 Yaguachi - Guayas - Ecuador Teléfono: 042724260 fax: 042724261 e-mail: labsuelos.eels@iniap.gob.ec	 OAE <small>LABORATORIO DE ENSAYOS</small> N° OAE LE C 11-007
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		DATOS DE LA MUESTRA			
Nombre :	UPSE	Nombre :	MANGLARALTO	Informe N° :	00 13392	Factura N° :	9468
Dirección :	VIA LA LIBERTAD	Provincia :	SANTA ELENA	Resp/ Muestreo :	CLIENTE	Fecha/Análisis :	18/01/2013
Ciudad :	SANTA ELENA	Cantón :	SANTA ELENA	Fecha/ Muestreo :	08/01/2013	Fecha/Emisión :	18/01/2013
Teléfono :	N/E	Parroquia :	MANGLARALTO	Fecha/ Ingreso :	08/01/2013	Fecha/Impresión :	21/01/2003
Fax :	N/E	Ubicación :	MANGLARALTO	Cond. Ambientales : T°C:	22.7	%H:	52
				Cultivo Actual :	BARBECHO		

REPORTE DE ANALISIS DE SALINIDAD EN EXTRACTO DE PASTA DE SUELOS

N°. Laboratorio	Identificación del Lote	pH.	mS/cm	mg/L					meq/L				RAS	PSI(*)
			C.E.	Na	K	Ca	Mg	Suma	CO ₃ H*	CO ₃ * ²	SO ₄ * ²	Cl*		
45727	MANGLARALTO	83	0.91	113.5	27.7	61.7	21.1	224.00	3.2	1.6	3	2.6	3	3
	C.E.	INTERPRETACIÓN											Determinación	Metodología
	0 - 2,0	Suelo no salino, efecto de sales despreciables.											pH, CE	Electrométrica
	2.1 - 4,0	Suelo ligeramente salino, puede reducirse las cosechas de cultivos sencibles.											K, Ca, Na, Mg	Absorción Atómica
	4.1 - 8,0	Suelo salino, se reducen las cosechas de numerosos cultivos.												
	Más de 8	Suelo muy salino.												

<LC = Menor al Límite de Cuantificación

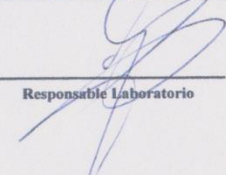
Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometida(s) al ensayo

Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación solicitada al OAE.

Las opiniones, interpretaciones, etc. que se indican a continuación, están fuera del alcance de acreditación solicitada al OAE

Se prohíbe la reproducción parcial, si se va a copiar que sea en su totalidad

(*) Cálculo efectuado según nomograma de suelos salinos y sódicos manual No. 60


Responsable Laboratorio

Página 1 de 1

Figura 1A. Preparación de biofertilizante.



Figura 2A. Limpieza de terreno.



Figura 3A. Delineamiento experimental.



Figura 4A. Fertilización de fondo.



Figura 5A. Inoculación de la semilla.



Figura 6A. Germinación de plántulas de maíz, día 5.



Figura 7A. Control de malezas.



Figura 8A. Inoculación a la planta.



Figura 9A. Toma de variable altura de planta 30 días.



Figura 10A. Parcelas experimentales.



Figura 11A. Inflorescencia masculina.



Figura 12A. Daño por pájaros.



Figura 13A. Mazorca con buen llenado de grano.

