

UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR,
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS,
RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE,
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA.

TEMA:

"EVALUACIÓN DEL BIOFERTILIZANTE A BASE DE CEPAS DE Azospirillum spp. EN EL CULTIVO DE MAÍZ (Zea mays L.) INIAP-111 GUAGAL MEJORADO, EN COMPLEMENTO CON TRES TIPOS DE FERTILIZACIÓN Y DOS MÉTODOS DE INOCULACIÓN, EN LA GRANJA LAGUACOTO II, PROVINCIA BOLÍVAR"

TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO OTORGADO POR LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR, A TRAVÉS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE, ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA.

AUTORA:
MARÍA JOSÉ RIVADENEIRA AGUAY.

DIRECTOR DE TESIS:
ING. CARLOS MONAR BENAVIDES. MSc.

GUARANDA – ECUADOR

2012

"EVALUACIÓN DEL BIOFERTILIZANTE A BASE DE CEPAS DE Azospirillum spp. EN EL CULTIVO DE MAÍZ (Zea mays L.) INIAP-111 GUAGAL MEJORADO, EN COMPLEMENTO CON TRES TIPOS DE FERTILIZACIÓN Y DOS MÉTODOS DE INOCULACION, EN LA GRANJA LAGUACOTO II, PROVINCIA BOLÍVAR"

REVISADO POR:

_____

ING. AGR.CARLOS MONAR BENAVIDES. MSc.
DIRECTOR DE TESIS

_____

ING. AGR.KLEBER ESPINOZA MORA. Mg.
BIOMETRISTA

APROBADO POR LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN DE TESIS.

_____

ING. BOLÍVAR ESPÍN COLOMA.
ÁREA TÉCNICA

_____

ING. NELSON MONAR GAVILÁNEZ. MSc.
ÁREA DE REDACCIÓN TÉCNICA

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado para aquellas personas que por un juego inocente del destino se equivocaron de camino y sin darse cuenta entraron en el lado más oscuro y profundo del abismo, cometiendo error tras error y pasando dolor tras dolor. Pero, que a pesar de todo, a pesar de haber abandonado muchas ilusiones y sueños están hoy aquí presentes, parados frente a todos demostrándoles y sobre todo demostrándose a ellos mismo que lo lograron, que lucharon y alcanzaron una meta que aunque no haya sido la soñada la lograron cumplir, transformándose de esta manera en un sueño que los mantendrá orgullosos de sí mismos y de su existir.

Se puede devolver la paz al alma, se puede recobrar la pasión por la vida y lograr que los errores que se cometieron en el pasado sirvan hoy como una experiencia que día a día fortalezca nuestro espíritu, hay que entender, que todos los seres vivos somos maravillosos y que merecemos otra oportunidad en la vida, podemos conseguir la felicidad tan añorada, que está siempre frente a nosotros envuelta en una caja de regalo; la cual solo debes atreverte a abrirla y de esta manera cerrar el libro olvidando el pasado para soñar aún más lejos y llegar hasta el final.

"Debió reencarnarse en tu ser, alguna mariposa triste, de esas que al querer atrapar el reino de la luz y de la miel, se quedó perdida en el polen de una flor"...Cuando sea el momento de tu partir, yo regresaré a ti y abriré tus alas para volar juntos hacia la libertad. Para: Mishell Aguay; Illac Edza Barragán, Cristian Bucheli y JR.

María José Rivadeneira A.

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios, ya que, gracias a su eterno amor me ha dado la oportunidad de encontrarme en este lugar, con todo mi corazón agradezco a mi familia principalmente a mis padres Carlos W. Rivadeneira Ilves y Luz María Aguay, a mis hermanos Carlos E. Rivadeneira y Jonathan J. Rivadeneira que durante todo este tiempo me han sabido apoyar, a mis sobrinos, tíos, tías, primos y abuelos quienes me alojaron en su hogar gracias.

En segundo lugar agradezco a Vanessa Ruiz., Nancy Junta que fueron una parte importante y un apoyo en el transcurso de este trabajo, a mis mejores amigas/os a quienes considero como hermanas/os Ximena Quiña, Cristina Mancheno y David Mantilla que a pesar del tiempo y la distancia han estado a mi lado dándome ánimos para continuar y seguir adelante, de igual manera a Jhoussef Coronel, Patricio Vasconez, Byron Ortiz, Paúl García y Jairo Meléndez por su apoyo y amistad incondicional.

Finalmente quiero agradecer a mi Tribunal de Tesis, Ing. Carlos Monar Benavides, MSc. (Director de tesis), Ing. Kleber Espinoza Mora Mg. (Biometrista), Ing. Nelson Monar Gavilánez (Redacción Técnica) y al Ing. Bolívar Espín Coloma (Área Técnica), de igual manera al Ing. Carlos Yánez MSc. Responsable del Programa de Maíz del INIAP Estación Experimental de Santa Catalina, por abrirme las puertas y haberme permitido realizar esta investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO	PÁG.
I . INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Origen	4
2.2. Clasificación Taxonómica	4
2.3. Descripción botánica	5
2.4. Descripción de la variedad INIAP-111	8
2.5. Manejo agronómico del cultivo	10
2.6. El género **Azospirillum spp.**	14
2.7. Biofertilizantes	24
2.8. Fertilización	27
2.9. Biopolímeros	55
III. MATERIALES Y MÉTODOS	59
3.1. Materiales	59
3.2. Metodología.	62
3.3. Métodos de evaluación y datos tomados	65
3.4. Manejo del experimento	74
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	80
4.1. Física de suelos	80
4.2. Química de suelos	81
4.3. Agronómicas del suelo	88

4.3.1. Contenido de (N) en el grano (Ng), (N) Tusa (Nt), (N) Residuos (Nr), (N) bracteas (Nb) y (N) Total de la planta (NTP) en Kg/ha 88
4.3.2. Contenido de (NH4) del suelo, N-NO3 del suelo , (N) Total en Total en el suelo en Kg/ha y Porcentaje de materia seca 100
4.3.3. Población de **Azospirillum spp**. durante el ensayo 104
4.3.4. Determinación de la profundidad, porcentaje de materia seca y cantidad de raíces a la cosecha en choclo 113
4.3.5. Porcentaje de emergencia (PE), Días a la floración masculina (DFM), Días a la floración femenina (DFF), y Días a la cosecha en choclo (DCCH) 124
4.3.6. Altura de planta en estado VR3 (AP), Altura de mazorca en estado VR3 (AM), Longitud de la mazorca (LM),Diámetro de la mazorca (DM) 136
4.3.7. Daño a la mazorca por **Heliothis zea** y **Euxesta eluta,** Porcentaje de plantas por parcela con choclo, Porcentaje de plantas por parcela sin choclo o vanas 148
4.3.8. Clasificación de las mazorcas o choclos por clase (sacos/ha) y rendimiento de maíz INIAP-111 en choclo y en seco t/ha 150
4.3.9.Análisis de Efecto principal 166
4.4. Información climática 169
4.5. Tendencias Polinomiales 169
4.6 Análisis de correlación y regresión 170
4.7. Eficiencia química y agronómica del Nitrógeno 173
4.7.1. Eficiencia química del (N) 173
4.7.2. Eficiencia agronómica del (N) 174
4.7.3. Índice de (N) 177
4.8 Análisis económico a la cosecha en choclo y en Maíz 180
4.8.1 Análisis económico a la cosecha en choclo 180
4.8.2 Análisis económico a la cosecha en maíz 188

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 192

5.1. Conclusiones 192
5.2. Recomendaciones 194

VI. RESUMEN Y SUMMARY 195

6.1. Resumen 195
6.2. Summary 197

VII. BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO Nº		PÀG.
Cuadro 1.	Características agronómicas del maíz INIAP-111	9
Cuadro 2.	Características de calidad INIAP-111	9
Cuadro3.	Biofertilizantes fijadores de N_2, limitaciones y uso por los agricultores	27
Cuadro 4.	Ventajas y desventajas de diferentes momentos de fertilización con (N)	41
Cuadro 5.	Las condiciones bioclimáticas de la Granja Laguacoto II	59
Cuadro 6.	Textura y densidad aparente del suelo	80
Cuadro 7.	Macro nutrientes al inicio y final del ensayo	81
Cuadro 8.	Micronutrientes al inicio y final del ensayo	83
Cuadro 9.	pH y Materia Orgánica del suelo al inicio y final del ensayo	83
Cuadro 10.	Relación C/N, CIC, CE	84
Cuadro 11.	(Ca), (Mg) , (K) y bases totales al inicio y al final del Ensayo	86
Cuadro 12.	Resultados del Análisis de varianza en las variables: Contenido de (N) grano, Contenido de (N) tusa, Contenido de (N) residuos, Contenido de (N) brácteas y Contenido de (N) total planta en Kg/ha	88
Cuadro 13.	Promedios y Tukey al 5 % del factor A (cepas de **Azospirillum spp.**) para las variables: Contenido de (N) grano, Contenido de (N) tusa, Contenido de (N) residuos, Contenido de (N) brácteas y Contenido de (N) total plantas en Kg/ha	89
Cuadro 14.	Promedios y Tukey al 5 % del factor B (Métodos de inoculación) para las variables : Contenido de (N) grano, Contenido de (N) tusa, Contenido de (N) residuos, Contenido de (N) brácteas y Contenido de (N) total planta en Kg/ha	90

Cuadro 15.	Promedios y Tukey al 5 % del factor C (fertilizaciones) para las variables : Contenido de (N) grano, Contenido de (N) tusa, Contenido de (N) residuos, Contenido de (N) brácteas y Contenido de(N) total planta en Kg/ha	91
Cuadro 16.	Promedios y Tukey al 5 % para la interacción A x B (cepas de **Azospirillum spp.** x Métodos de inoculación) para las variables : Contenido de (N) grano, Contenido de (N) tusa, Contenido de (N) residuos, Contenido de (N) brácteas y Contenido de(N) total planta en Kg/ha	92
Cuadro 17.	Promedios y Tukey al 5 % del factor A x C (cepas de **Azospirillum spp**. x fertilizaciones*)* para las variables: Contenido de (N) grano, Contenido de(N) tusa, Contenido de (N) residuos, Contenido de(N) brácteas y Contenido de (N) total planta en Kg/ha	94
Cuadro 18.	Promedios y Tukey al 5 % para la interacción B x C (Métodos de inoculación x Fertilizaciones) para las variables : Contenido de (N) grano, Contenido de (N) tusa, Contenido de (N) residuos, Contenido de (N) brácteas y Contenido de (N) total planta enKg/ha	95
Cuadro19.	Promedios y Tukey al 5 % para la interacción A x B xC (cepas de **Azospirillum spp.** x métodos de inoculación x fertilizaciones*)* para las variables: Contenido de (N) grano, Contenido de (N) tusa, Contenido de (N) residuos, Contenido de (N) brácteas y Contenido de (N) total planta en Kg/ha	97
Cuadro 20.	Análisis de varianza para las variables: Contenido de NH4 en el suelo Kg/ha, Contenido de N-N03 en el suelo Kg/ha , Contenido de NTotal suelo Kg/ha y Porcentaje de Materia seca en la planta	100
Cuadro 21.	Promedios y Tukey al 5 % del factor A (cepas de **Azospirillum spp.)** para la variable: Porcentaje de Materia seca en la planta	102

Cuadro 22.	Análisis de varianza para las variables; Población de **Azospirillum spp**. UFC/gss) a la Floración masculina, Población de **Azospirillum spp**. (UFC/gss) a la cosecha en choclo y Población de **Azospirillum spp.**(UFC/gss) a la cosecha en seco	104
Cuadro 23.	Curva de crecimiento de **Azospirillum spp.**	106
Cuadro 24.	Promedios y Tukey al 5 % del factor A (cepas de **Azospirillum spp**.) para las variables: Población de **Azospirillum spp.** (UFC/gss) a la Floración masculina, Población de **Azospirillum spp**. (UFC/gss) a la cosecha en choclo y Población de **Azospirillum spp.**(UFC/gss) a la cosecha en seco	107
Cuadro 25.	Promedios y Tukey al 5 % para la interacción A x B (cepas de **Azospirillum spp.** x Métodos de inoculación) para la variable: Población de **Azospirillum spp.**(UFC/gss) a la cosecha en seco	108
Cuadro 26.	Promedios y Tukey al 5 % del factor A x C (cepas de **Azospirillum spp.** x fertilizaciones*)* para las variables: Población de **Azospirillum spp.** (UFC/gss) a la cosecha en choclo y Población de **Azospirillum spp.** (UFC/gss) a la cosecha en seco.	110
Cuadro 27.	Promedios y Tukey al 5 % para la interacción B x C (Métodos de inoculación x Fertilizaciones) para las variables : Población de **Azospirillum spp.** a la cosecha en choclo UFC/gss	112
Cuadro 28.	Análisis de varianza para las variables : Profundidad de raíces, Porcentaje Materia seca de raíces y Cantidad de raíces, en el estudio de "Evaluación del biofertilizante a base de cepas de **Azospirillum spp.**	113
Cuadro 29.	Promedios y Tukey al 5 % del factor A (cepas de **Azospirillum spp.**) para las variables: Profundidad de raíces, Porcentaje Materia seca de raíces y Cantidad de	114

raíces

Cuadro 30. Promedios y Tukey al 5 % del factor B (Métodos de inoculación) para las variables : Profundidad de raíces, Porcentaje Materia seca de raíces y Cantidad de raíces 115

Cuadro 31. Promedios y Tukey al 5 % del factor C (fertilizaciones) para las variables: Profundidad de raíces, Porcentaje Materia seca de raíces y Cantidad de raíces. 116

Cuadro 32. Promedios y Tukey al 5 % para la interacción A x B (cepas de **Azospirillum spp.** x Métodos de inoculación) para las variables : Profundidad de raíces y Porcentaje Materia seca de raíces 117

Cuadro 33. Promedios y Tukey al 5 % del factor A x C (cepas de **Azospirillum spp.** x fertilizaciones*)* para las variables: Profundidad de raíces, Porcentaje Materia seca de raíces y Cantidad de raíces 118

Cuadro 34. Promedios y Tukey al 5 % para la interacción B x C (Métodos de inoculación x Fertilizaciones) para las variables : Profundidad de raíces, Porcentaje Materia seca de raíces y Cantidad de raíces 120

Cuadro 35. Promedios y Tukey al 5 % para la interacción A x B x C (cepas de **Azospirillum spp.** x métodos de inoculación x fertilizaciones*)* para las variables: Profundidad de raíces, Porcentaje Materia seca de y Cantidad de raíces. 121

Cuadro 36. Análisis de varianza para las variables: Porcentaje de emergencia, Días a floración masculina, Días a floración femenina y Días a la cosecha en choclo 124

Cuadro 37. Promedios y Tukey al 5 % del factor A (cepas de **Azospirillum spp.**) para las variables: Porcentaje de emergencia, Días a floración masculina, Días a floración femenina y Días a la cosecha en choclo 126

Cuadro 38. Promedios y Tukey al 5 % del factor B (Métodos de inoculación) para las variables : Porcentaje de 127

emergencia, Días a floración femenina

Cuadro 39. Promedios y Tukey al 5 % del factor C (fertilizaciones) para las variables: Porcentaje de emergencia, Días a floración masculina, Días a floración femenina y Días a la cosecha en choclo 127

Cuadro 40. Promedios y Tukey al 5 % para la interacción A x B (cepas de **Azospirillum spp.** x Métodos de inoculación) para las variables : Porcentaje de emergencia, Días a floración masculina, Días a floración femenina 129

Cuadro 41. Promedios y Tukey al 5 % del factor A x C (cepas de **Azospirillum spp.** x fertilizaciones*)* para las variables: Porcentaje de emergencia, Días a floración masculina, Días a floración femenina y Días a la cosecha en choclo 130

Cuadro 42. Promedios y Tukey al 5 % para la interacción B x C (Métodos de inoculación x Fertilizaciones) para las variables : Días a floración masculina, Días a floración femenina y Días a la cosecha en choclo 132

Cuadro 43. Promedios y Tukey al 5 % para la interacción A x B x C (cepas de **Azospirillum spp.** x métodos de inoculación x fertilizaciones*)* para las variables: Porcentaje de emergencia, Días a floración masculina, Días a floración femenina y Días a la cosecha en choclo 133

Cuadro 44. Análisis de varianza para las variables: Altura de planta, Altura de inserción de la mazorca, Longitud de la mazorca, Diámetro de la mazorca, en el estudio de "Evaluación del biofertilizante a base de cepas de **Azospirillum spp.** 136

Cuadro 45. Promedios y Tukey al 5 % del factor A (cepas de **Azospirillum spp.**) para las variables: Altura de planta, Altura de inserción de la mazorca, Longitud de la mazorca, Diámetro de la mazorca 138

Cuadro 46. Promedios y Tukey al 5 % del factor B (Métodos de 139

	inoculación) para las variables : Porcentaje de emergencia, Días a floración femenina.	
Cuadro 47.	Promedios y Tukey al 5 % del factor C (fertilizaciones) para las variables: Altura de planta, Altura de inserción de la mazorca, Longitud de la mazorca, Diámetro de la mazorca	140
Cuadro 48.	Promedios y Tukey al 5 % para la interacción A x B (cepas de **Azospirillum spp.** x 48.Métodos de inoculación) para las variables : Altura de planta, Longitud de la mazorca	141
Cuadro 49.	Promedios y Tukey al 5 % del factor A x C (cepas de **Azospirillum spp.** x fertilizacionespara las variables: Altura de planta, Altura de inserción de la mazorca, Longitud de la mazorca, Diámetro de la mazorca	142
Cuadro 50.	Promedios y Tukey al 5 % para la interacción B x C (Métodos de inoculación x Fertilizaciones) para la variable : Altura de la inserción de la mazorca	144
Cuadro 51.	Promedios y Tukey al 5 % para la interacción A x B x C (cepas de **Azospirillum spp.** x métodos de inoculación x fertilizaciones*)* para las variables: Diámetro de la mazorca y Longitud de la mazorca en cm	145
Cuadro 52.	Análisis de varianza para las variables: Daño a la mazorca por **Heliothis zea** y **Euxesta eluta**, Porcentaje de plantas con choclo, Porcentaje de plantas vanas	148
Cuadro 53.	Promedios y Tukey al 5 % del factor A (cepas de **Azospirillum spp.**) para las variables : Daño a la mazorca por **Heliothis zea** y **Euxesta eluta**, Porcentaje de plantas con choclo, Porcentaje de plantas vanas	150
Cuadro 54.	Promedios y Tukey al 5 % del factor C (fertilizaciones) para las variables : Daño a la mazorca por **Heliothis zea** y **Euxesta eluta**, Porcentaje de plantas con choclo, Porcentaje de plantas vanas	150

Cuadro 55.	Promedios y Tukey al 5 % del factor A x C (cepas de **Azospirillum spp.** x fertilizaciones*)* para las variables: Daño a la mazorca por **Heliothis zea** y **Euxesta eluta**, en el estudio de "Evaluación del biofertilizante a base de cepas de **Azospirillum spp.**	151
Cuadro 56.	Análisis de varianza para las variables: Clasificación Choclos 1era, 2da, y 3era clase en sacos/ha, Rendimiento en choclo y Rendimiento en seco en t/ha	153
Cuadro 57.	Promedios y Tukey al 5 % del factor A (cepas de **Azospirillum spp.**) para las variables: Clasificación Choclos 1era, 2da, y 3era clase en sacos/ha, Rendimiento en choclo y en Rendimiento en seco t/ha.	154
Cuadro 58.	Promedios y Tukey al 5 % del factor C (fertilizaciones) para las variables: Clasificación Choclos 1era, 2da, y 3era clase en sacos/ha, Rendimiento en choclo y en Rendimiento en seco en t/ha	155
Cuadro 59.	Promedios y Tukey al 5 % para la interacción A x B (cepas de **Azospirillum spp.** x Métodos de inoculación) para las variables : Clasificación Choclos 1era, 2da, y 3era clase en sacos/ha, Rendimiento en choclo y en Rendimiento en seco en t/ha	157
Cuadro 60.	Promedios y Tukey al 5 % del factor A x C (cepas de **Azospirillum spp.** x fertilizaciones*)* para las variables: Clasificación Choclos 1era, 2da, y 3era clase en sacos/ha, Rendimiento en choclo y en Rendimiento en seco en t/ha	159
Cuadro 61.	Promedios y Tukey al 5 % para la interacción B x C (Métodos de inoculación x Fertilizaciones) para la variable : Clasificación Choclos 1era, 2da, y 3era clase en sacos/ha, Rendimiento en choclo y en Rendimiento en seco en t/ha	161
Cuadro 62.	Promedios y Tukey al 5 % para la interacción A x B x C	163

(cepas de **Azospirillum spp.** x métodos de inoculación x fertilizaciones*)* para las variables: Clasificación Choclos 1era, 2da, y 3era clase en sacos/ha, Rendimiento en choclo en y en Rendimiento en seco en t/ha

Cuadro 63.	Análisis de efecto principal	166
Cuadro 64.	Respuesta de (N) en la variable rendimiento en cholco y seco en t/ha	169
Cuadro 65.	Rendimiento de maíz en choclo t/ha	170
Cuadro 66.	Rendimiento de maíz en seco t/ha	170
Cuadro 67.	Eficiencia química del (N) expresada en porcentaje	173
Cuadro 68.	Eficiencia agronómica del (N) expresada en Kg/ha	175
Cuadro 69.	Índice de Nitrógeno	177
Cuadro 70.	Análisis económico en choclo sacos/ha	180
Cuadro 71.	Análisis de dominancia en choclo	185
Cuadro 72.	Tratamientos no dominados en choclo	186
Cuadro 73.	Análisis marginal en choclo	186
Cuadro 74.	Análisis económico en seco qq/ha	188
Cuadro 75.	Análisis de dominancia en seco	190
Cuadro 76.	Tratamientos no dominados en seco	191
Cuadro 77.	Análisis marginal en seco	191

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXOS Nº **DESCRIPCIÓN**

ANEXO Nº 1 Mapa físico de la localidad en estudio

ANEXO Nº 2 Número más probable (NMP) inicial de **Azospirillum spp.** por gramo de suelo, en el estudio "Evaluación del biofertilizante a base de cepas de **Azospirillum spp.** en el cultivo de Maíz **(Zea mays L.)** Variedad INIAP-111, en complemento con tres tipos de fertilización"Laguacoto II, Bolívar 2011

ANEXO Nº 3 Medio NFB (nitrogen fixation biological) semi-sólido (Rodríguez y Cáceres, 1982).

ANEXO Nº 4 Tabla de Mc Crady: 3 tubos por dilución (Universidad Complutense, 2001).

ANEXO Nº 5 Clasificación del choclo Por su tamaño. Norma Ecuatoriana Obligatoria: 1761 (INEN, 1991).

ANEXO Nº 6 Reactivación y purificación de cepas **Azospirillum spp.**

ANEXO Nº 7 Peptona al 1 % para la reactivación (CIAT, 1988).

ANEXO Nº 8 Caldo Nutritivo para la fermentación (Girard y Rougieux 1964).

ANEXO Nº 9 Análisis Físico-químico del suelo

- **a)** **Análisis inicial del suelo**
- **b)** **Análisis del contenido de (N) en residuos**
- **c)** Análisis del contenido de (N) en grano
- **d)** Análisis del contenido de (N) en tusa
- **e)** Análisis del contenido de (N) en brácteas
- **f)** Análisis del contenido de (NH4) en el suelo
- **g)** Análisis del contenido de N-NO3 en el suelo
- **h)** Análisis final del suelo

ANEXO Nº 10 Imágenes de las diferentes etapas de la investigación

ANEXO Nº 11 Reportes Índice de (N) 4.4

ANEXO Nº 12 Glosario de término

I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la producción de maíz en el año 2005 fue de 637'444. 480 toneladas siendo Estados Unidos quien ocupa el primer lugar con 40% de la producción total seguido de la China con 19% y Brasil con un 5%, el resto de países con porcentajes menores, y actualmente el maíz es sembrado en todos los países de América Latina (Servicio de Información y Censo Agropecuario. 2006).

En el Ecuador, anualmente se cultivan alrededor de 187.521 has de maíz que cubren 54.858 UPAs, obteniendo un rendimiento promedio de 2.6 t/ha, lo que los coloca entre los niveles de productividad más bajos de América Latina. Este cultivo a más de ser una fuente de trabajo para miles de ecuatorianos, es muy importante debido a la gran cantidad de terreno destinado a su producción y al papel que cumple como componente básico de la dieta de la población rural (Yánez, C. 2007; Servicio de Información y Censo Agropecuario. 2002).

En la provincia Bolívar se cultivan anualmente 35.000 has de maíz suave harinoso tardío de tipo Guagales, de las cuales aproximadamente 25.000 has, se dedican a la producción de maíz para choclo, y 10.000 has, para la producción de grano seco. La producción de maíz se realiza principalmente en terrenos de topografía irregular, donde prevalece el minifundio y en un 86% el sistema de producción es el maíz asociado con frejol voluble de tipo Mixturiado (Monar, C. 2009).

Estudios realizados por el Departamento de Manejo de Suelos y Aguas (DMSA), sobre la nutrición del cultivo de maíz en la provincia Bolívar, han demostrado que el nitrógeno (N) es el principal elemento limitante de la producción, siendo común observar síntomas visuales de deficiencia, lo cual incide directamente en el rendimiento del cultivo (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. 2007).

El nitrógeno es uno de los nutrimentos esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas; ya que, procede de cuatro fuentes principales: las reservas

orgánicas e inorgánicas del suelo; los fertilizantes minerales, los abonos orgánicos; y la Fijación Biológica del Nitrógeno que se encuentra en la atmósfera. Sin embargo, las reservas del suelo son muy limitadas y los fertilizantes son costosos por lo que la fijación biológica de nitrógeno constituye una alternativa importante para aumentar la productividad de los cultivos (Milano, E. 2007).

Una gran parte de la contaminación del medio ambiente ocasionada por los fertilizantes inorgánicos y los daños que causa sobre los seres vivos puede evitarse si se reduce su aplicación y se sustituye por la utilización de los biofertilizantes microbianos (Milano, E. 2007).

Estudios realizados a nivel mundial y en nuestra provincia, demuestran una baja eficiencia del (N), mismo que se lixivia como Nitratos (N-NO3), se volatiliza como Amonio (NH4) y (NO2), dando como efecto la contaminación de acuíferos y del ambiente (Delgado, J. y Monar, C. 2010).

El Programa de Maíz de la Estación Experimental Santa Catalina (EESC) del INIAP y con la participación de egresados de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Estatal de Bolívar, durante varios años ha realizado numerosos estudios de la bacteria **Azospirillum spp.** recolectando muestras de suelo y raíces de las principales zonas maiceras del país, logrando aislar y cuantificar cepas de **Azospirillum spp.** de las cuales se han realizado en combinación con fertilizantes inorgánicos y orgánicos numerosos estudios de su aplicación en el cultivo de maíz bajo invernadero y campo y en alternativas de inoculación líquida y sólida al suelo así como a la semilla, logrando observar un incremento significativo en el rendimiento de las variedades de maíz (Yánez, C. et, al. 2004).

Por ello es importante continuar con más estudios acerca del uso de las cepas de **Azospirillum spp.** para de esta manera, dar una alternativa para las principales zonas maiceras de nuestra provincia y del país entero sin destruir el medio ambiente.

Para este trabajo de investigación se plantearon los siguientes objetivos:

- Evaluar el biofertilizante a base de cepas de **Azospirillum spp.** en el cultivo de maíz **(Zea mays L.)** INIAP-111 Guagal Mejorado, en complemento con tres tipos de fertilización y dos métodos de inoculación.

- Seleccionar la cepa de **Azospirillum spp.** más eficiente en la producción del cultivo de maíz **(Zea mays L.)** para la zona agroecológica de Laguacoto II, provincia Bolívar

- Seleccionar el método más eficiente de inoculación de **Azospirillum spp.** para el cultivo de maíz **(Zea mays L.).**

- Evaluar la mejor dosis de (N) que complemente a **Azospirillum spp.** para una eficiente producción del cultivo de maíz.

- Realizar un análisis económico de Presupuesto Parcial y Tasa Marginal de Retorno para determinar el mejor tratamiento y transferir la tecnología a los productores/as y extensionistas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ORIGEN

El maíz constituye una aportación de las culturas precolombinas al mundo. En la actualidad se acepta que es originario de América, concretamente de la zona situada entre la mitad del sur de México y el sur de Guatemala (Verissimo, L. 1999).

Desde el punto de vista académico, científico, social y económico el maíz es uno de los cultivos más útiles para el hombre; en relación a lo académico, estas plantas constituyen una de las pocas especies utilizadas para múltiples ejemplos y medios de ayuda en cursos de biología, química y agronomía; desde el punto de vista científico, constituye un recurso biológico que permite explicar teorías, principios y leyes que contribuyen a los avances de las ciencias biológicas y sus aplicaciones en la agronomía; está relacionada con el aspecto social, puesto que el maíz significa trabajo, moneda, pan y religión para un gran conglomerado humano mundial; en lo relacionado al aspecto económico, genera entrada y salida de divisas, que pueden trascender en la economía de un pueblo en la producción mundial de cereales ocupa los primeros lugares y desafía el futuro como recurso nutricional por excelencia (Reyes, P. 1995.; Jugenheinier, R. 1997).

2.2. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

El maíz taxonómicamente pertenece a:

División:	Magnoliophyta (Angiospermae)
Clase:	Liliopssida (Monocothyledoneae)
Orden:	Cyperales
Familia:	Poaceae
Género:	Zea
Especie:	mays

(Cronquist, A. 1988).

2.3. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

2.3.1. Planta

El maíz es una gramínea anual de crecimiento rápido y gran capacidad productiva, adaptada a las más diversas condiciones de clima y suelo. Se constituye después del arroz y el trigo, en el cultivo más importante del mundo en la alimentación humana y vegetal (Verissimo, L. 1999).

2.3.2. Raíz

La raíz primaria, o sea, la que se desarrolla en la germinación tiene corta duración. En la planta adulta todo el sistema radicular es adventicio y brota de la corona, con el ápice en la parte inferior formado por 10 entrenudos muy cortos. El tamaño y la forma del sistema radicular cambian considerablemente de acuerdo al tipo de propagación y las condiciones ambientales (Terranova. 1995).

2.3.3. Tallo

El tallo de maíz está constituido por nudos y entrenudos de número y longitud variable. La parte inferior y subterránea del tallo, la corona, poseen entrenudos de los cuales salen los tallos laterales y las raíces principalmente. En los entrenudos siguientes, en especial en las plantas jóvenes existen una zona de crecimiento activo o intercalar ubicada en la parte inferior del entrenudo, de una longitud menor a 0.5 mm de ancho, en la que se producen tejidos nuevos (Maroto, J. 1998).

2.3.4. Hojas

Están constituidas por vaina, cuello y lámina. La vaina es una estructura cilíndrica abierta hasta la base, que sale de la parte superior del nudo, mientras que el cuello es la zona de transición entre la vaina envolvente y la lámina abierta. La Lámina es una banda angosta y delgada de hasta 1.5 m de largo por 10 cm de ancho que

termina en un ápice muy agudo. El nervio central está bien desarrollado, es prominente en el envés de la hoja y cóncavo en la parte superior (Terranova. 1995).

2.3.5. Inflorescencia Masculina

La inflorescencia masculina o panoja, normalmente se hace visible entre las últimas hojas de la planta, de siete a diez días antes de que aparezcan los estilos de la inflorescencia femenina. Generalmente de dos a tres días antes de comenzar la liberación del polen, se elongan los internudos de la parte alta del tallo impulsando a la panoja, la cual queda completamente desplegada; la planta, en ese momento, alcanza su altura definitiva (Maroto, J. 1998).

2.3.6. Inflorescencia Femenina

Corresponde a una espiga. La espiga, por su parte, se presenta cubierta por brácteas u hojas envolventes. La espiga, conjuntamente con las brácteas, conforma la mazorca. La mazorca apical determina su número de óvulos 15 a 20 días antes de la emisión de estilos, presentando en ese momento entre uno y dos cm de longitud.

La cantidad de óvulos de la mazorca apical puede variar entre 500 y 1000. La inflorescencia femenina está conformada por espiguillas; cada espiguilla, a su vez, contiene dos flores, de las cuales sólo una logra emitir su estilo; la otra flor aborta, originándose, por lo tanto, sólo un grano por cavidad (Maroto, J. 1998).

2.3.7. Frutos

En el maíz la mazorca es compacta y está formada por hojas transformadas que en la mayoría de los casos la cubre por completo. El eje de inflorescencia recibe el nombre de tusa en América del Sur y el de elote en México y América Central. La zona de inserción de los granos está formada principalmente por las cúpulas; órganos característicos de ciertas poaceas que tiene forma de copa, con paredes,

cuya base angosta se conecta con el sistema vascular del cilindro central (Terranova. 1995).

2.3.8. Semillas

La semilla de maíz está contenida dentro de un fruto denominado cariópside; la capa externa que rodea este fruto corresponde al pericarpio, estructura que se sitúa por sobre la testa de la semilla. Este última está conformada internamente por el endospermo y el embrión; el cual, a su vez está constituido por la coleoriza, la radícula, la plúmula u hojas embrionarias, el coleóptilo y el escutelo o cotiledón (Maroto, J. 1998).

2.3.9. Ciclo vegetativo

El ciclo vegetativo del maíz empieza con la nascencia, de unos seis u ocho días de duración, y comprende desde la siembra hasta la aparición del coleóptilo. Una vez el maíz germinado, empieza el período de crecimiento en el cual aparece una nueva hoja cada tres días, si las condiciones de cultivo y clima son normales a los veinte días de la nacencia, la planta deberá tener unas cinco o seis hojas, alcanzándose su plenitud foliar dentro de la cuarta o quinta semana.

Se considera como la fase de floración el momento en que la panoja, formada en el interior del tallo, se encuentra emitiendo polen y se produce el alargamiento de los estilos, la emisión del polen suele durar, en función de la temperatura y de la disponibilidad hídrica, unos ocho o diez días.

Con la fecundación de los óvulos por el polen, se inicia la fructificación, la cual finalizada cuando los estilos de la mazorca viran a un color castaño. La mazorca toma su tamaño definitivo a la tercera semana después de la polinización, se forman los granos y dentro de ellos, el embrión.

Seguidamente, los granos se llenan de una sustancia lechosa, rica en azúcares, que se transforma, al final de la maduración, en almidón al mes y medio de la

polinización, que corresponde con el final de la octava semana, el grano alcanza su madurez fisiológica conteniendo su máximo de materia seca suele tener entonces el 33 % de humedad, posteriormente, debido a las condiciones ambientales de humedad y temperatura, el grano se seca y se va aproximando a su madurez comercial (Herrera, J. sf. 2001).

El maíz INIAP-111 Guagal Mejorado tiene un rango de 10 a 14 días en la emergencia de plántulas (Monar, C. 2004. Comunicación personal).

2.4. VARIEDAD INIAP-111 GUAGAL MEJORADO

2.4.1. Origen

Fue desarrollada con la participación de técnicos y agricultores y se caracteriza por ser tardía, de porte bajo (en comparación a las variedades que poseen los agricultores), con resistencia de acame, así como de buen rendimiento y calidad de grano para choclo y seco. Se adapta a altitudes entre los 2.400 a 2.800 msnm, y fue formada con base a variedades locales colectadas en casi toda la provincia Bolívar en 1989 y 1993.

Las variedades que presentan buenas características agronómicas y de calidad de grano, tanto en choclo como en grano seco durante los ciclos de cultivo (1993 – 1995), se cruzaron entre ellas para formar la población Guagal, la cual se seleccionó durante tres ciclos en tres localidades de esta provincia (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. 2003).

2.4.2. Zonificación

Esta variedad se cultiva en la provincia de Bolívar en altitudes comprendidas entre los 2400 a 2800 msnm (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. 2003).

2.4.3. Características Principales

Cuadro 1. Características agronómicas del maíz INIAP-111

Características*	
Tipo	Suave, tardío
Grano	Blanco, harinoso
Días a la cosecha	265
Cosecha en choclo**	208
Altura de planta (cm)	270
Altura de la mazorca (cm)	160
Rendimiento	4091kg/ha (90qq/ha)
Rendimiento en asociación	3400kg/ha (75qq/ha)
Asociación con frejol	Soporta

Fuente: (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias., 2003).
***** Datos obtenidos en localidades que varían de 2400 a 2800 msnm.
**Sacos de 140 choclos de 1er y 2da clase.

Además posee buen rendimiento, grano blanco textura harinosa y de buena calidad, mazorca grande y resistencia al acame (Silva, E. et. al. 1997).

2.4.4. Calidad (base seca)

Cuadro 2. Características de calidad INIAP-111

Rubro	Porcentaje (%)
Ceniza	1.53
Fibra	2.80
Proteína	9,33
Extracto libre de N	81.06

Fuente: (Departamento de Nutrición y Calidad de la E.E.S.C).

2.4.5. Usos

Esta variedad es muy apetecida en la alimentación humana en estado fresco (choclo),y en grano seco es apreciada para la elaboración de tostado, mote, chicha, humitas, tortillas, harina, etc. (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. 2003).

2.4.6.- Reacción a enfermedades

Esta variedad es tolerante a la enfermedad "Roya" causada por el hongo **Puccinia sp**. Asimismo es tolerante a la "pudrición de la mazorca" causada por el hongo **Fusarium moniliforme** (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. 2003).

2.5. MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO

2.5.1. Época de siembra

En nuestra provincia con la variedad INIAP-111 Guagal Mejorado y dependiendo de la zona agroecológica, la época de siembra se inicia en noviembre y puede extenderse hasta el mes de marzo (Monar, C. 2000).

En climas templados se siembran después de las heladas, en climas semiáridos, se siembran al inicio de la estación de lluvias. En ambos casos se debe esperar que la temperatura del suelo alcance 10ºC (Parsons, D. 1988 y Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, 1988).

2.5.2. Preparación del suelo

Se recomienda preparar el suelo con 2 meses de anticipación para facilitar la descomposición de residuos. Las labores de arado, rastrado y surcado pueden realizarse con tractor o yunta (Noroña, J. 2008).

2.5.3. Labranza Mínima o no Convencional

Este sistema se recomienda en aquellas regiones en donde la precipitación es baja o con mala distribución y en aquellos lugares donde no es posible utilizar maquinaria agrícola; ya sea, porque son suelos con mucha pendiente o no existe maquinaria.

La forma más rentable consiste en aplicar Gramoxone (2 litros por hectárea) más Gesaprin 80 (1,5 Kg. por hectárea) antes que el cultivo emerja (Lafitte, H. 1 994).

Investigaciones realizadas en otros países señalan algunas ventajas que presenta el sistema:

- Rendimientos más altos.
- Costos de producción reducidos.
- Mejor retención del agua.
- Menor erosión.
- Baja compactación al no permitir la formación de estratos impermeables a poca profundidad.
- Siembras en épocas sin considerar relativamente húmedas pues se pueden realizar siembras tempranas y obtener más y mejores cosechas.
- Buena aireación y desarrollo radicular, sin alterar las condiciones del terreno, permitiendo la formación de canales internos por acción de procesos biológicos y naturales (acción de lombrices, gusanos, raíces dilatación o contracción del suelo debido a cambios en su estado de humedad, etc.).

Sin embargo, la adaptación de un sistema para reducir la labranza presenta ciertas limitaciones como:

- Una mayor utilización de herbicidas para el control de malezas.
- Falta de investigación en cuanto a herbicidas selectivos para los diversos cultivos en mezclas de productos que resuelvan oportunamente el problema de malezas.
- Posibilidad de que la cobertura dejada en el campo atraiga o presente condiciones propicias para la propagación de nuevas plagas y enfermedades (Suquilanda, M. 1996).

Debido a la intolerancia de la bacteria a los productos químicos cuando se utilice el **Azospirilum spp.** No se deberá utilizar ninguno de estos productos antes mencionados, y los controles de plagas y malezas se los realizara manualmente cuantas veces el cultivo lo requiera.

2.5.4. Densidad de la Siembra

La siembra en unicultivo se puede realizar en surcos separados a 80 cm y depositar tres semillas de maíz cada 80 cm o 3 semillas por cada 50 cm por cada sitio. Ralear cuando las plantas tengan de 12 a 20 cm (Monar, C. 1999).

En el maíz, la densidad de siembra es determinada por la fertilidad del suelo, la cantidad de humedad disponible en el suelo, el objeto para que se siembra, la variedad que se cultive y el porcentaje de germinación (Reyes, P. 1985).

La cantidad de semilla en la variedad INIAP-111 Guagal Mejorado requerida para la siembra es de 25 a 30 Kg/ha (Monar, C. y Rea, A. 2003).

2.5.5. Fertilización

Para una adecuada fertilización es necesario realizar un análisis químico del suelo. Los suelos maiceros de la provincia Bolívar, debido a su mal uso y manejo, cultivos intensivos, monocultivos, son muy pobres en sus contenido de nitrógeno y fósforo. De acuerdo a resultados en trabajos de investigación realizadas por el INIAP en la Provincia Bolívar, se deben poner a la siembra un saco de Sulpomag mas dos sacos de 18-46-0 al fondo del surco a chorro continuo y tapar con una capa de suelo para que no quede en contacto con la semilla de maíz. También se debe aplicar materia orgánica bien descompuesta al fondo del surco o al voleo, antes de realizar la preparación del suelo, aplicar por lo menos 50 sacos de materia orgánica por hectárea. En el aporque se debe utilizar urea en cantidades de dos a tres sacos por hectárea (Monar, C. 1994; 1995 y 1997).

Las extracciones medias del cultivo de los principales macro elementos N-P-K por tonelada métrica son: 25kg de N. 11kg de P_2O_5 y 23 kg de K_2O, por cada 1000 kg de producción esperada, se pueden dar, como orientativas, las siguientes cantidades de abono: 30 kg de N, 15 kg de P_2O_5 y 25 kg de K_2O (Enciclopedia Práctica de la Agricultura y Ganadería. 1995).

2.5.6. Control de Malezas

Los herbicidas deben aplicarse inmediatamente después de la siembra, sobre suelo húmedo. En caso de no aplicarse herbicidas, se debe realizar una o dos deshierbas con yunta o a mano, de acuerdo a la incidencia de malezas (Yánez, C. et, al. 2003).

Si existe una alta presencia de malezas se recomienda aplicar herbicidas selectivos a base de **Atrazina** en dosis de 1,6 a 2,0 Kg/ha de producto comercial, en 400 litros de agua (Caviedes, M. et, al. 1997).

Debido a la intolerancia de la bacteria a los productos químicos cuando se utilice **Azospirilum spp.** No se deberá utilizar ninguno de estos productos y el control se lo realizara manualmente con la ayuda de una azada cuantas veces el cultivo lo requiera.

2.5.7. Control de Plagas

Se recomienda hacer aplicaciones de insecticidas únicamente cuando sea necesario. Para el caso de gusano trozador **(Agrotis ipsilon),** si se observa un 10% de plantas cortadas o con síntomas de marchitez, se recomienda aplicar a la base del tallo insecticidas como: Thiodan (Endosulfán) en dosis de 2 litros/ha; Orthene (Acephate) 0,8 Kg/ha, entre otros (Silva, E. et, al. 1997).

Para controlar a los gusanos de la mazorca **(Heliothis zea y Euxesta eluta),** se recomienda la aplicación de aceite comestible de origen vegetal con aceitero o

algodón en tres aplicaciones. La primera cuando una tercera parte de las plantas presentan en sus mazorcas hasta 3 cm de presencia de estigmas; la segunda luego de 8 días y la tercera a los 15 días de la primera aplicación. La cantidad de aceite a usar es de 3 a 4 l/ha por aplicación (Caviedes, M. et, al. 1997).

2.5.8. Cosecha

La cosecha para choclo se efectúa cuando el grano está en estado "lechoso", para semilla al momento de la madurez fisiológica (cuando en la base del grano se observa una capa negra) y para grano comercial se puede esperar entre 20 a 30 días más en el campo (Silva, E. et, al. 1997).

2.5.9. Almacenamiento

Para almacenar las mazorcas, grano comercial o semilla, deberán secarse completamente y colocarlas en lugares frescos, secos y libres de gorgojo (Caviedes, M. et, al. 1997).

2.6. EL GÉNERO Azospirillum spp.

2.6.1. Antecedentes

La **Spirillum lipoferum**, ahora llamada **Azospirillum spp.** fue descrita por primera vez en 1925 por Martinus Willem Beijerinck, luego de lo cual la bacteria permaneció en el olvido por varias décadas. Las observaciones de Juan José Peña Cabriales y Johanna Döbereiner, en 1973, inician la época moderna de este microorganismo. Actualmente, se reconocen seis especies en el género **Azospirillum spp.** (Caballero, J. 1998).

Las dos primeras en ser descritas fueron **A. lipoferum** y **A. brasilense**, siendo estas las más ampliamente estudiadas. Posteriormente, fueron descritas las especies **A. amazonense**, **A. halopraeferans**, **A. irakense** y **A. largimobile** (Bernal, G. 2001).

Pocos años después del redescubrimiento del **Azospirillum spp.** y hasta 1993, este género fue el más estudiado entre las bacterias asociadas a plantas. Esto se debió a la capacidad del **Azospirillum spp.** para estimular el crecimiento de las plantas y aumentar el rendimiento de los cereales, lo cual promovió numerosos estudios sobre la ecología, fisiología y genética de esta bacteria (Caballero, J. 1998).

2.6.2. Origen e Identificación

El **Azospirillum spp.** pertenece a la subclase alfa de las proteobacterias. Las características útiles en su identificación rutinaria son la forma vibroide, el pleomorfismo y su movilidad en espiral.

Estas bacterias con su característica de ser PGPR (Plant Grown Promoting Rhizobacteria), son de particular interés debido a su capacidad de FBN (nitrogen fixation biological), producción de fitohormonas y su capacidad para adherirse a cualquier sistema de raíces (Bashan y Holguin. 1997).

2.6.3. Hábitat del género Azospirillum spp.

Las especies de **Azospirillum spp.** son habitantes regulares del ambiente externo de las raíces (rizósfera) y de las hojas (phyllosphere) existiendo como flora epífita no patógena. Algunas especies existen en grandes cantidades en la rizósfera de las plantas superiores, en crecimiento asociativo con estas, beneficiándolas con el nitrógeno fijado (Mortimer, P. et, al. 1981).

2.6.4. Distribución

Este grupo de microorganismo incluye bacterias de vida libre, presentes en suelos de todo el mundo, capaces de fijar nitrógeno molecular del medio ambiente. Especies de este grupo presentan una característica cosmopolita, debido a que se

distribuyen en regiones templadas y tropicales .Sin embargo, su ocurrencia es más abundante en regiones tropicales (Bashan y Holguin. 1997).

El pH del suelo juega un papel importante en la presencia de las especies del género **Azospirillum spp.** Las especies de **A. brasilense** y **A. lipoferum** se encuentran en mayor abundancia en suelos con valores de pH cercanos a la neutralidad. También se hallan esporádicamente en suelos con un pH abajo de 5, pero cuando el pH es menor a 4.5 no se logra su aislamiento (Fallick, E. et, al. 1988).

2.6.5. Características

Se considera que uno de los principales mecanismos de acción del **Azospirillum spp.** radica en su capacidad de producir sustancias promotoras durante la colonización de las raíces. Esto estimula la longitud, la densidad de las raíces laterales y el incremento del área superficial de las raíces. Estos y otros cambios fisiológicos favorecen la mayor absorción de agua y nutrientes minerales que ayudan al rápido crecimiento de las plantas (Bashan y Holguin. 1997).

Para lograr estos efectos positivos, el microorganismo debe infectar las raíces. Esto se consigue cuando se garantiza un elevado número de bacterias por gramo del formulado a aplicar y una alta viabilidad del microorganismo en el suelo que le permita sobrevivir aún en condiciones adversas y colonizar las raíces (Martínez, R. et, al. 1999).

2.6.6. Ambiente rizosférico

Aparentemente, una bacteria del suelo deberá sobrevivir a las múltiples interacciones que se presentan con la compleja comunidad microbiana que habitan el mismo microambiente, antes de que ocurra cualquier interacción con las raíces de la planta. En el inicio de una interacción con las raíces de la planta hospedera, el microorganismo específico deberá llegar a la superficie de las raíces, adherirse y multiplicarse para colonizarla. Si la bacteria tiene la capacidad de invadir los

tejidos internos, se diseminará en el interior de la raíz e incluso en otros órganos de la planta (Caballero, J. 2001).

La adaptación de **Azospirillum spp.** al futuro ambiente rizosférico probablemente se inicia con la germinación de la semilla, la cual exuda infinidad de compuestos orgánicos que forman parte fundamental de la espermosfera. Posteriormente, la exudación de compuestos será a través de las raíces durante el desarrollo de la planta. Aún cuando las especies de **Azospirillum spp.** difieren en su capacidad para utilizar diferentes compuestos como fuentes de carbono y nitrógeno, estas bacterias usan para su crecimiento unos pocos mono y disacáridos así como alcoholes polihidroxilados, y principalmente diversos ácidos orgánicos tales como málico y succínico y algunos aminoácidos (Bashan y Holguin. 1997).

2.6.7. Aislamiento

El aislamiento de la bacteria **Azospirillum spp.** resulta en lo general muy simple, ya sea a partir de suelo rizosférico o de la superficie de las raíces (rizoplano) de numerosas plantas hospederas. También se le aísla del interior de las raíces o tallos de algunas plantas. El medio de cultivo usado para el aislamiento de las especies de **Azospirillum spp.** es el NFB (nitrogen fixation biological) semigelificado, libre de nitrógeno y con malato como fuente de carbono. En este medio de cultivo son aisladas predominantemente cepas de las especies **A. lipoferum** y **A. brasilense.** El medio NFB (nitrogen fixation biological) con algunas modificaciones en su composición y pH permiten el aislamiento predominante de otras especies de **Azospirillum spp.** (Caballero, J. 1998).

2.6.8. Asociación bacteria-planta

Los sitios de colonización elegidos por estas bacterias corresponden a las áreas de elongación celular de la zona radical y las bases de los pelos radicales (Kapulnik, Y. et, al. 1985).

Los responsables de una efectiva asociación entre planta-bacteria son las proteínas y polisacáridos de la membrana exterior de **Azospirillum spp.** Estos, permiten una fuerte adhesión a las raíces de las plantas inoculadas (Burdman, S. et, al. 2000).

2.6.9. Colonización de las raíces

Azospirillum spp. posee un flagelo polar que lo utiliza para desplazarse en medios líquidos, mediante el cual migra hacia las raíces y se adhiere a la superficie radicular. Bajo condiciones de medios sólidos se induce la expresión de múltiples flagelos laterales. Estas estructuras laterales están envueltas en la colonización de las raíces, permitiendo a la bacteria adherirse a ellas. En contraste, bacterias mutantes, desprovistas de flagelos laterales y polares, pierden la capacidad de colonización. (Bashan y Holguin. 1997).

El éxito colonizador de **Azospirillum spp.** depende de un proceso indispensable llamado "quimiotaxis". Este evento corresponde a una fuerte atracción entre estas bacterias con las raíces de las plantas a través de sus propios exudados radiculares. Entre estos compuestos se encuentran: malato, succinato y fructosa (Fallick, E. et, al. 1988).

2.6.10. Efectos de Azosprillum spp. sobre las plantas

Estas bacterias, gracias a su metabolismo, ejercen positivos efectos en el crecimiento de las plantas y en el rendimiento de muchos cultivos. Estudios confirman que los efectos positivos que provocan estas bacterias sobre vegetales se deben a la síntesis de fitohormonas y a la fijación biológica de di-nitrógeno molecular (N_2). Estos efectos sobre vegetales son derivados de muchos cambios morfológicos en las raíces que ocurren en plantas inoculadas. Así mismo, hay aumento en la superficie y longitud radical que provocan un aumento en la absorción de agua y nutrientes (Caballero, J. 1998).

2.6.11. Mecanismos de estimulación del crecimiento de las plantas

La capacidad de **Azospirillum spp.** para estimular el crecimiento de las plantas ha sido demostrada en decenas de experimentos, tanto de campo como de invernadero. Varios son los mecanismos que se han sugerido como responsables del efecto estimulatorio observado en las plantas inoculadas (Martínez, R. et, al. 1999).

En numerosos estudios de inoculación con **Azospirillum spp.** además del mejor crecimiento de las plantas, fueron observados incrementos en el contenido de nitrógeno total de las plantas inoculadas respecto a los testigos y en la incorporación de ^{15}N. No obstante, en la mayoría de estos estudios no fueron observadas diferencias significativas en el porcentaje de nitrógeno o en el contenido de proteína entre plantas inoculadas y no inoculadas, razón que contribuyó a desechar la idea de que la fijación biológica de nitrógeno fuera el mecanismo responsable de los efectos benéficos observados.

Debido a que los efectos de la inoculación con **Azospirillum spp.** sobre el crecimiento de la raíz y la parte aérea de las plantas son similares a los que se presentan cuando las plantas son tratadas con fitohormonas fue sugerido que estas sustancias podrían ser responsables del mejor crecimiento de las plantas, así como de los incrementos observados en el contenido de minerales y en el rendimiento de los cultivos (Bashan, Y. y Levanony, H. 1990).

Recientemente ha sido revisada la función de las fitohormonas en las asociaciones planta-microorganismo. **Azospirillum spp.** tiene la capacidad de producir auxinas, citocininas y giberelinas en medios de cultivo. No obstante, el mecanismo analizado con mayor amplitud ha sido la producción de auxinas, especialmente la del ácido indolacético (AIA). El AIA (ácido indolacético) producido por las bacterias puede modificar el contenido de fitohormonas de las plantas conduciendo a la estimulación del crecimiento de las mismas (Thuler, D. et, al. 2003).

La producción de auxinas por **Azospirillum spp.** se cree que juega un mejor rol al promover el crecimiento vegetal, aunque pequeñas evidencias en plantas, han sido publicadas en los últimos años, que **Azospirillum spp.** produce altas cantidades de AIA (ácido indolacético) extracelular, sin embargo, altas concentraciones de suspensión bacteriana, inhibe la elongación de las raíces (El Khawas, M. y Adachi, K. 1999).

En cultivos de **Azospirillum spp.** además de AIA (ácido indolacético) se han encontrado otros compuestos indólicos y metabolitos relacionados tales como el ácido indol pirúvico, indol láctico, indol acetamida, indol acetaldehído, indol etanol e indol metanol, triptamina, antranilato y otros compuestos indólicos no identificados.Actualmente se conoce que **Azospirillum spp.** puede sintetizar AIA (ácido indolacético) a través de tres vías.

En tanto que las vías del ácido indol pirúvico y la del indol acetamida son dependientes del triptofano, la tercera es una vía independiente de este aminoácido, desconociéndose el precursor del AIA. (ácido indolacético) Resultados recientes permiten sugerir que la indol piruvato descarboxilasa es una enzima común tanto a la vía del indol pirúvico como a la vía no dependiente de triptófano (Caballero, J. 2001).

El efecto benéfico de **Azospirillum spp.** consiste en la producción de giberelinas. La aplicación de giberelinas tiene efectos similares a los que presenta **Azospirillum spp.** en el incremento de los pelos radicales, altura de planta y reducción de procesos fisiológicos

El efecto del potencial de agua (concentración de O_2) sobre el crecimiento y producción de giberelinas GA3, indicó que utilizan agua en un 50% para producir células con capacidad de producir altas cantidades de agua, formar resistencia a la sequia y ayudar a la formación del fruto con buen tamaño. Esto indica, un incremento en la cantidad de giberelinas GA3 producidas dentro de la planta por

Azospirillum spp. que actúan en la inducción de crecimiento de las plantas y la resistencia a la sequia en el cultivo de maíz (Piccoli, P. et, al. 1997).

Durante las fases de crecimiento vegetal, la producción de etileno es mínima. El etileno juega un papel importante en la germinación de las semillas, la bacteria **Azospirillum spp.** produce cantidades de etileno suficientes para romper la latencia de la semilla (Kraffczyk, I. et, al. 1984).

2.6.12. Metabolismo del Nitrógeno

La fijación de nitrógeno es el principal mecanismo por el cual **Azospirillum spp.** afecta el crecimiento de las plantas. En los últimos años, pocos estudios han focalizado el ciclo del nitrógeno dentro de las células, y los genes involucrados (Tsgou, V. et, al. 2003).

Aparentemente, la habilidad de las cepas de **Azospirillum spp.** suelen mantenerse en forma natural, mejorando su capacidad para expresar una actividad excepcional de la nitrogenaza.

La eficiencia de la fijación de nitrógeno y la desnitrificación puede ser regulada a través de la concentración de oxígeno, nitratos y molibdeno. El máximo rango de crecimiento se observó bajo condiciones micro aeróbicas al 5% de O_2, 2 g/l de nitrato y la máxima concentración de molibdato posible (0.5 g/l). Estas condiciones fueron llevadas para una máxima eficiencia en el proceso de desnitrificación (Bashan, Y. y Levanony, H. 1990).

Sin embargo, bajo condiciones de fijación de nitrógeno, la tasa de respiración no parecía ser un limitante para el crecimiento vegetal. Además posee la capacidad de adaptarse a bajas temperaturas y a concentraciones bajas de oxigeno, dependiendo de la capacidad de la bacteria para usar eficientemente los nitritos y nitratos (Tsgou, V. et, al. 2003).

La fijación de nitrógeno por **Azospirillum spp.** fue el primer mecanismo sugerido para promover el crecimiento de las plantas. La mayoría de las evidencias registradas durante las tres décadas anteriores sobre este mecanismo de acción ha generado controversia. Algunos experimentos en invernadero y campo han de mostrado repetidamente que es mínima la transferencia de nitrógeno fijado por **Azospirillum spp.** sin embargo, no se descarta su capacidad de fijar nitrógeno (Kennedy, R. y Chellapilai, D. 1998).

Todas las cepas colonizan la superficie y la parte interna de la raíz, estimulando el crecimiento vegetal, incrementando en un 80% del nitrógeno fijado en el suelo y la planta. Cerca de 15 a 20 genes están involucrados en la síntesis de la nitrogenaza y en la actividad fijadora de nitrógeno, en especial el gen Nifa gran negativo. En **Azospirillum spp.** Nifa, ayuda al proceso de fijación en cualquier forma que este se encuentre, ya sea de amonio, nitritos y nitratos (Thuler, D. et, al. 2003).

2.6.13. Solubilización de fosfatos, minerales y degradadores de sideróforos

En estudios in vitro, indican que las plantas inoculadas con **Azospirillum spp.** toman de mejor forma los minerales y la glucosa producida por las raíces (exudados).

Estas observaciones pueden ser claramente explicadas, mediante la acidificación de nutrientes de medios de aislamiento de **Azospirillum spp.** pues, la bacteria puede producir diferentes ácidos orgánicos que ayudan en la Solubilización del fósforo. Debido a que puede solubilizar fósforo por si mismo sin la adición de exudados de la planta (Amooaghaie, R. et, al. 2002).

Tres cepas de **Azospirillum spp.** aisladas de espocarpos de micorrizas, en pruebas in vitro, solubilizaron fosfatos de calcio, adicionalmente estas bacterias produjeron modificaciones estructurales en las moléculas de los otros fosfatos de magnesio, fosfato de amonio y algunos sideróforos (Kamnev, A. et, al. 1999).

2.6.14. Factores que inciden en la eficiencia de Azospirillum spp.

Entre los factores que más inciden en la adaptabilidad y eficiencia de **Azospirillum spp.** a la rizósfera tenemos:

- **Temperatura,** su mayor crecimiento ocurre entre 32 y 36 ºC y disminuye de forma pronunciada por debajo de 30 ºC.
- **pH,** con un punto óptimo entre 6,8 y 7,0; por debajo de pH 5 no es posible lograr su aislamiento.
- **Suministro de Carbono**, los microorganismos deben de tener acceso a abundantes fuentes de Carbono para su crecimiento y la producción de energía, sobre todo en el caso de los fijadores de Nitrógeno, ya que la fijación de una molécula de N2 requiere aproximadamente 16 moléculas de ATP, por lo que los organismos deben utilizar considerables cantidades de sustratos
- **Humedad**, la falta o exceso de humedad limita la vida microbiana en el suelo y, como es natural, también en la zona rizosférica. El exceso influye sobre todo en la capacidad de aireación y es más perjudicial que la falta de humedad, ya que algunos de los organismos rizosféricos son capaces de formar quistes **Azospirillum spp.** que les permiten sobrevivir durante largos períodos a la desecación (Thuler, D. et, al. 2003).
- **Aireación,** ejerce un efecto muy marcado, sobre el desarrollo de la mayoría de los diazotrofos, en comparación con otros microorganismos no fijadores. A pesar de esto, **Azospirillum spp.** funciona mejor a concentraciones reducidas de Oxígeno, debido a la sensibilidad del complejo nitrogenasa al Oxígeno molecular, el cual inactiva de forma irreversible a la enzima (Zuberer, D. 1990).
- **Alto contenido de arcilla, materia orgánica y buena capacidad de retención de agua** afectan positivamente la presencia de **Azospirillum spp.** en el suelo, mientras que alto contenido de partículas arenosas y elevada concentración de Carbonato de Calcio afectan negativamente su supervivencia (Martínez, R. et, al. 1999).

- **La cantidad y tipo de secreciones de las raíces de cada especie vegetal**, presentan exudados de diversas sustancias (azúcares, fenoles, vitaminas, aminoácidos, ácidos orgánicos y grasos, nucleótidos, esteroides, etc.), algunas de las cuales pueden ayudar al establecimiento de las bacterias en la zona rizosférica, mientras que otras pueden actuar como repelentes.

- Así, por ejemplo, en el caso del maíz los exudados que predominan son azúcares (65 %), ácidos orgánicos (33 %) y aminoácidos (2 %), aunque la diversidad es amplia y se han encontrado en este cultivo más de 10 tipos de ácidos orgánicos y 4 tipos de azúcares (Kraffczyk, I. et, al. 1984).

2.7. BIOFERTILIZANTES

2.7.1. Antecedentes

Los primeros estudios que se realizaron acerca de lo que hoy se llama biofertilización estuvieron relacionados con la fijación biológica de Nitrógeno atmosférico y se remontan a la primera mitad del siglo XIX (Martínez, R. et, al. 1999).

Los biofertilizantes son recomendados en la Agenda 21 como resultado de la llamada Cumbre de la Tierra, firmada en Río de Janeiro en 1992. Son considerados biotecnologías "apropiables", que es un término creado para las herramientas biotecnológicas que contribuyen al desarrollo sostenible de un país y que proveen de beneficios tangibles a los destinatarios y, además, por ser ambientalmente seguras y socioeconómica y culturalmente aceptables.

Hoy se utilizan diferentes microorganismos con funciones específicas en la agricultura para mejorar la productividad en las plantas. Todos son una fuente facilitadora del manejo de los nutrimentos que benefician el funcionamiento de los cultivos, y forman parte de una tecnología que garantiza una productividad

biológica, económica y ecológica más exitosa y sin contaminación del ambiente y de la inocuidad reconocida para el hombre (Crea, T. 2003).

2.7.2. Concepto

Los biofertilizantes microbianos pueden definirse como productos a base de microorganismos que viven normalmente en el suelo, aunque en poblaciones bajas, y que, al incrementar sus poblaciones por medio de la inoculación artificial, son capaces de poner a disposición de las plantas, mediante su actividad biológica, una parte importante de los nutrientes que necesitan para su desarrollo, así como de suministrar sustancias hormonales o promotoras del crecimiento. En un sentido amplio, estos términos pueden usarse también para incluir todos los recursos orgánicos necesarios para el desarrollo de las plantas, los cuales son transformados mediante la acción de los microorganismos (Martínez, R. et, al. 1999).

2.7.3. Importancia de los biofertilizantes

Los microorganismos benéficos para la agricultura son muchos y desarrollan sus funciones bajo la influencia de las raíces de las plantas. Dependiendo del tipo de relación con la planta, los microorganismos pueden ser benéficos o nocivos. En el caso de los microorganismos benéficos utilizados como biofertilizante, la relación es mutualista y es conocida como simbiosis.

Si se forman estructuras especializadas dentro de las células de las plantas (nódulos, vesículas, etc.) se denomina simbiosis obligada o estricta, y cuando el microorganismo sobrevive sin la planta y se asocia en beneficio de ambos, la simbiosis se conoce como asociativa o facultativa.La importancia de los biofertilizantes radica en su capacidad para suplementar o movilizar nutrientes con un mínimo uso de recursos no renovables; además, tiene la ventaja de que los procesos microbianos son rápidos y pueden aplicarse en pequeñas unidades para solucionar problemas locales específicos (Frontera, G. 2006).

2.7.4. Mecanismos de acción de los Biofertilizantes

En general, los microorganismos promotores del crecimiento vegetal a base de bacterias, son llamadas rizobacterias PGRP por sus siglas en ingles (Plant Grown Promoting Rhizobacteria) y generalmente provienen de un cultivo puro del microorganismo aislado de la raíz de alguna planta de interés y se multiplica en un medio de cultivo específico para luego ser transferido al sustrato, y de esta forma son utilizados en la agricultura (Bashan, et, al. 1997).

Los principales mecanismos de acción de los biofertilizantes (rizobacterias) son la fijación de nitrógeno atmosférico, la solubilización de minerales, la producción de substancias reguladoras del crecimiento, el incremento del volumen de la raíz, la inducción de la resistencia sistémica a patógenos, la inhibición del crecimiento de organismos patógenos y la interacción sinérgica con otros microorganismos del suelo (Dobereiner, J. et, al. 1995).

2.7.5. Formas de aplicación y cantidades

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, 20-30 días después de la biofertilización, pero en cultivos perennes en vivero hasta después de tres meses como en cacao y cafeto. La forma más precisa de aplicarlos es mediante su adhesión a las semillas (Crea, T. 2003).

Para aplicar el biofertilizante a la semilla se sugiere extenderla en un plástico asperjarlo y mezclar muy bien; es importante verificar que toda la semilla quede "pegajosa". Si no queda "pegajosa" se puede mejorar la adhesividad agregando agua con azúcar (Frontera, G. 2006).

Cuadro3. Biofertilizantes fijadores de N_2, limitaciones y uso por los agricultores

Biofertilizante	Cultivo	Limitaciones técnicas	Limitaciones socio-económ.	Uso por los agricultore
Rhizobium y Bradyrhizobium	Leguminosas de granos. Leguminosas de aceite. Leguminosas forrajeras.	Baja calidad del inoculo. Bajo Fósforo en suelo.	Pobre infraestructura. Poco conocimiento por los agricultores.	Amplio uso Amplio uso Uso intermedio
Azolla	Arroz	Mantenimiento del inoculo. Bajo Fósforo. Calor Plagas y enfermedades.	Pobre infraestructura.	Uso intermedio
Cianobacterias	Arroz	Bajo Fósforo. Malezas.	Falta de tecnología	Uso intermedio
Azospirillum	Gramíneas	Pobre inoculo	Poco conocimiento por los agricultores	Uso intermedio
Azotobacter	Todos los cultivos	Pobre inoculo	Poco conocimiento por los agricultores	A más o menos
Glucon Acetobacter	Caña de azúcar y otros cultivos	Conocimiento muy reciente	Poco conocimiento por los agricultores	A más o menos

Fuente: Martínez, R., et, al. 1999

2.8. FERTILIZACIÓN

2.8.1. Fertilización inorgánica

El uso de fertilizantes resulta imprescindible para el mantenimiento de altos rendimientos en las cosechas. Mediante la fertilización inorgánica, son añadidas al suelo cantidades importantes de nitrógeno, fósforo y potasio, así como otros elementos minerales, las disponibilidades de éstos son muy bajas, ya que es bien conocido que una fracción queda inmovilizada en el suelo formando compuestos

insolubles no asimilables por las plantas y otra es lavada mediante un proceso de lixiviación, lo cual además de pérdidas económicas, genera un importante problema de contaminación ambiental.

La fertilización de fondo, se efectúa antes de la siembra, con objeto de cubrir las necesidades del cultivo. Los fertilizantes que generalmente se utilizan son los de solubilidad lenta, para evitar el lavado de nutrientes. Los componentes inorgánicos en el cultivo de maíz actúan de la siguiente manera (Suquilanda, M. 1999).

2.8.2. El Nitrógeno

El (N) es esencial para el crecimiento de la planta. Forma parte de cada célula viviente, éste promueve el rápido crecimiento e incrementa el tamaño de las hojas y el número de espiguillas por panoja, el nitrógeno afecta todos los parámetros que contribuyen al rendimiento. Las plantas absorben la mayoría de (N) en forma de iones amonio (NH_4) o nitrato (NO_3), algo de urea se absorbe directamente por las hojas y pequeñas cantidades de (N) se obtienen de aminoácidos solubles en agua. El (N) es necesario para la síntesis de Clorofila y como parte de dicha molécula está involucrado directamente en el proceso de la fotosíntesis, además el (N) es un componente de las vitaminas y los sistemas de energía en la planta cuando se aplica suficiente (N) al cultivo se incrementa por otros macro nutrientes como (P) y (K) (Witt, C. 2002).

La descomposición de la materia orgánica provee de más del 90% del (N) nativo del suelo, sin embargo la mayoría de los suelos contienen poca materia orgánica, generalmente 2% o menos, con este porcentaje la cantidad aproximada de (N) liberado es de 10 a 40 Kg N/ha/año, cantidad insuficiente para cubrir las necesidades de los cultivos.

Además las cantidades liberadas son afectadas por las prácticas de manejo; así la labranza de conservación (siembra directa) redunda en suelos cada vez más fríos,

donde los procesos de descomposición de la materia orgánica son más lentos y liberan menor cantidad de (N), actualmente debido a la intensificación de los cultivos se emplean fuentes artificiales para la obtención de (N) partiendo de procesos químicos, dentro de las más importantes tenemos : la urea $CO(NH_2)_2$, que contiene 46% de (N) el sulfato de amonio SO_4 $(NH_4)_2$ contiene 21% de N y 24% de S, nitrato de amonio NO3(NH4) que contiene 33.5 a 34% de (N), la mitad en forma de nitrato y la otra mitad en forma de (N) amoniacal (Lafitte, H. 1994).

2.8.3. Importancia del nitrógeno para las plantas

El Nitrógeno (N), es uno de los mayores factores, junto con el agua, que gobiernan la productividad del cultivo de maíz, debido a que actúa en forma específica en procesos metabólicos en las plantas, y en forma estructural. En las plantas existen formas nitrogenadas además de los aminoácidos y proteínas en las que se incluyen: vitaminas, hormonas, pigmentos, purinas y pirimidinas. Es además componente esencial de la clorofila (Kass, D. 1998).

Su deficiencia provoca el típico síntoma de secado “en V” de las hojas inferiores de la planta, las plantas se observan raquíticas, delgadas y mal desarrolladas. El crecimiento es lento y hay clorosis generalizada. Si la deficiencia es severa, las hojas adquieren un color pardo oscuro y mueren. Además forma parte de la materia viva y es un constituyente de los más importantes compuestos y complejos órgano-minerales de la planta como aminoácidos, proteínas, ácidos nucleícos, amidas y aminas (Domínguez, A. 1989).

2.8.4. Incorporación del nitrógeno en las plantas

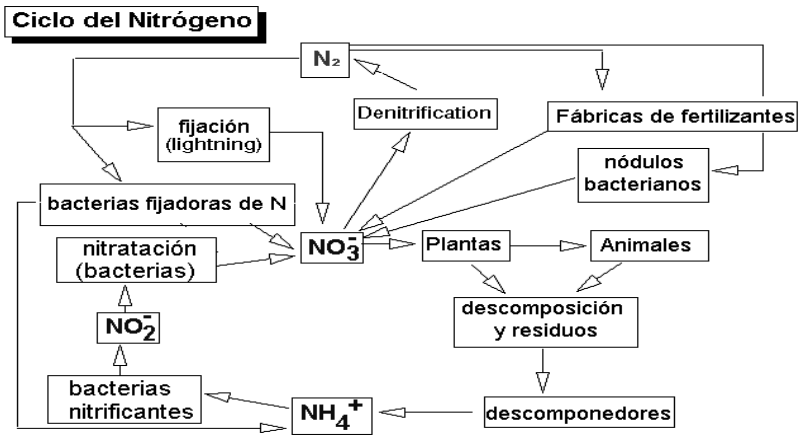
La asimilación del nitrógeno requiere una serie compleja de reacciones bioquímicas con un alto costo energético. En la asimilación del nitrato (NO3-), el nitrógeno de este compuesto es convertido en una forma de energía superior, nitrito (NO2-), luego en una mayor forma de energía, amonio (NH4+) y

finalmente nitrógeno amídico en la glutamina. Este proceso consume 12 equivalentes de ATP (Adenosin trifosfato) por molécula de nitrógeno.

Las plantas asimilan la mayor parte del nitrato absorbido por sus raíces en compuestos orgánicos nitrogenados. La primera etapa de este proceso es la reducción de nitrato a nitrito en el citoplasma. Dado que el nitrito formado es altamente reactivo, siendo un ión potencialmente tóxico, las células vegetales lo transportan inmediatamente después de ser generado a los cloroplastos en las hojas y a los plastidios en las raíces (Pereyra, M. 2001).

2.8.5. Ciclo del Nitrógeno

Este es posiblemente uno de los ciclos más complicados, ya que el (N) se encuentra en varias formas y porque los organismos son los responsables de las interconversiones. Su reserva fundamental es la atmósfera, en donde se encuentra en forma de (N_2), pero esta molécula no puede ser utilizada directamente por la mayoría de los seres vivos (exceptuando algunas bacterias). Esas bacterias y algas cianofíceas que pueden usar el (N_2) del aire juegan un papel muy importante en el ciclo de este elemento al hacer la fijación del nitrógeno. De esta forma convierten el (N_2) en otras formas químicas (nitratos y amonio) asimilables por las plantas (González, A. y Raciman, J. 2000).



Fuente: González, A. y Raciman, J. 2000

El principal reservorio de nitrógeno es la atmósfera, con 78%. Este nitrógeno gaseoso está compuesto de dos átomos de nitrógeno unidos, el (N_2) es un gas inerte, y se necesita una gran cantidad de energía para romper esta unión y combinarlo con otros elementos como el carbono y el oxígeno. Esta ruptura puede hacerse por dos mecanismos: las descargas eléctricas y la fijación fotoquímica, que proveen suficiente energía para romper la unión del nitrógeno y unirse a tres átomos de Oxígeno para formar nitratos (NO3-). Este procedimiento es reproducido en las plantas productoras de fertilizantes.

La segunda forma de fijación del nitrógeno es llevada a cabo por bacterias quienes usan enzimas especiales en lugar de la luz solar o las descargas eléctricas. Entre estas bacterias se encuentran las que pueden vivir libres en el suelo, aquellas en simbiosis con raíces de ciertas plantas (Fabáceas) y las cianobacterias fotosintéticas (las antiguas "algas verde-azuladas") que viven libres en el agua.Las tres fijan (N), tanto como nitratos (NO3-) o como amonio (NH4). Las plantas toman los nitratos y los convierten en aminoácidos, los cuales pasan a los animales que las consumen. Cuando las plantas y animales mueren (o liberan sus desechos) el nitrógeno retorna al suelo. La forma más común en que el nitrógeno regresa al suelo es como amonio. El amonio es tóxico, pero afortunadamente, existen bacterias nitrificantes (**Nitrosomonas y Nitrosococcus**) que oxidan el amonio a nitritos, con dos oxígenos. Otro tipo de bacteria (**Nitrobacter**) continúa la oxidación del nitrito (NO2-) a nitrato (NO3-) el cual es absorbido por las plantas que completan el ciclo.Existe un tercer grupo de bacterias desnitrificantes (entre ellas **Pseudomonas desnitrificans**) que convierten nitritos y nitratos en nitrógeno gaseoso (González, A. y Raciman, J. 2000).

2.8.6. Fijación de Nitrógeno

Es necesario apuntar que la fijación de nitrógeno es un proceso que consume mucha energía, y que los fijadores simbióticos de nitrógeno obtienen esta energía del cultivo al que están asociados, lo que en un principio provoca algunas pérdidas en la producción vegetal. Además parece que los organismos no simbióticos

pueden funcionar eficazmente a temperaturas altas del suelo, pero (salvo el **Azotobacter spp.**) no son eficaces en condiciones templadas. Muchos suelos, en especial los suelos ácidos, no poseen poblaciones activas de estas bacterias y se ha determinado ampliamente que la inoculación bacteriana puede aumentar los rendimientos (Food and Agriculture Organization, 1996).

Podemos encontrar asociaciones importantes entre bacterias del género **Azospirillum spp.** y varias gramíneas. Estas bacterias tienen un amplio rango de hospederos, entre los que se encuentran el maíz y el sorgo, por lo que se ha sugerido su utilización en agricultura. Se ha observado igualmente que las gramíneas de metabolismo C4 tropicales inducen una mayor fijación (Pérez, S. y Torralba, A. 1997).

2.8.7. Nitrificación

En este proceso, el amonio (NH4+) se transforma primero en nitrito (N02-), y éste en nitrato (NO3 -) mediante la acción de las bacterias aerobias del suelo. El proceso se lleva a cabo en dos etapas coordinadas, controlada cada una por diferentes grupos de bacterias. Globalmente se las llama nitrobacterias. Al grupo responsable de la conversión de compuestos amoniacales en nitritos se les llama Nitrosomonas. El grupo encargado de la oxidación de los nitritos a nitratos recibe el nombre de Nitrobacter. El esquema de las transformaciones es el que sigue:

$$2NH_4^+ + 3O_2 \text{ ----->oxidación enzimática ---> } 2NO_2\text{-} + 2H_2O + 4H^+ + \text{energía}$$

$$2\ NO_2^- + O_2 \text{ ----> oxidación enzimática -----> } 2\ NO_3^- + \text{energía}$$

Debido a que normalmente el nitrito se transforma en nitrato con mayor rapidez que se produce, los niveles de nitrito en los suelos suelen ser muy bajos en comparación con los de nitrato (Ramírez, M. 2004).

Bajo condiciones adecuadas, la nitrificación puede transformar del orden de 10-70 kilogramos de nitrógeno por hectárea por día. Esto implica que un abonado en

forma amónica puede transformarse casi totalmente en nitrato en unos pocos días si la humedad y temperatura del suelo son favorables. En ocasiones, debido a que la nitrificación es más rápida que la mineralización, se emplea el término mineralización para indicar el proceso global de conversión del nitrógeno orgánico en nitrógeno mineral (fundamentalmente nitrato y amonio) (Martin, A. 1980).

2.8.8. Inmovilización

La mineralización es la transformación del nitrógeno orgánico en amonio (NH4+) mediante la acción de los microorganismos del suelo. La inmovilización es el proceso contrario. Como ambos actúan en sentido opuesto, su balance se denomina mineralización neta. La mineralización neta de la materia orgánica del suelo depende de muchos factores, tales como el contenido en materia orgánica, la humedad y la temperatura del suelo. En climas templados la mineralización neta anual es, aproximadamente, el 1-2% del nitrógeno total, y esto supone una producción de nitrógeno mineral de unos 40 a 150 kg/ha, en los primeros 30 cm del suelo (Ramírez, M. 2004).

2.8.9. Desnitrificación

La desnitrificación es la conversión del nitrato en nitrógeno gaseoso (N_2) o en óxidos de nitrógeno, también gaseosos, que pasan a la atmósfera. Este fenómeno se debe a que, en condiciones de mucha humedad en el suelo, la falta de oxígeno obliga a ciertos microorganismos a emplear nitrato en vez de oxígeno en su respiración (Martínez, R. et, al. 2008).

El Fósforo (P), al contrario del nitrógeno tiene muy poca solubilidad, lo que obliga a aplicarlo junto con la siembra. Su baja movilidad nos obliga a realizar una fertilización localizada, para ubicarlo en un lugar donde pueda ser alcanzado por las raíces. El fósforo forma parte de los ácidos nucleídos, de los fosfolípidos, de las coenzimas NAD (Nicotin Adenin Dinucleotido) y NADP Nicotin Adenin Dinucleotido Sulfato) y lo que es especialmente importante, como una parte

integrante del ATP. (Adenosin Trifosfato). Además ayuda al buen crecimiento de las plantas, favorece la formación de raíces fuertes y abundantes y es indispensable para la formación de las semillas (Domínguez, A. 1989).

Las deficiencias del fósforo son similares a las del nitrógeno presentando síntomas como: crecimiento lento de las plantas, las hojas se oscurecen y toman un color verde azuloso y se produce una producción muy baja porque se disminuye la floración (Manual agropecuario. 2004).

El Potasio (K), Es uno de los nutrientes o minerales primarios que junto con el nitrógeno y fósforo son utilizados en mayores cantidades por las plantas; presenta su carencia de una forma clorótica (amarillamiento) de los bordes de las hojas inferiores, debilitamiento de los tejidos de las raíces y tallos, y posteriormente el deterioro de la caña en la madurez. A diferencia de otros elementos esenciales el potasio no entra en la composición de los constituyentes importantes que se relacionan con el metabolismo como las proteínas, los carbohidratos y la clorofila. Por lo que se hace raro observar carencias de este elemento en los suelos de las regiones maiceras (Yogodin, B. 1986).

La fertilización inorgánica ha sido utilizada para el desarrollo de diferentes estudios; sin embargo también existen investigaciones realizadas con organismos vivos (**Azospirillum spp.**) en combinación con fertilización inorgánica, determinando que la fertilización nitrogenada en el cultivo de maíz, puede disminuirse alrededor del 50% cuando se inoculaba **Azospirillum brasilense y Azospirillum lipoferum** (Pereyra, M. 2001).

2.8.10. Ventajas y Desventajas del (N) en las plantas.

El nitrógeno es uno de los nutrientes más importantes s para las plantas, pero a la vez uno de los más limitantes en los suelos de Latinoamérica. Por, lo tanto presenta las siguientes ventajas y desventajas:

- Ventajas

- Es fundamental para formar los órganos vegetativos y de reproducción de las plantas.
- Fomenta el crecimiento rápido en las plantas.
- Aumenta el contenido de proteínas en los granos.

- Desventajas

Cuando el suelo tiene un contenido bajo de (N) la planta puede presentar los siguientes síntomas:

- Pérdida uniforme del color verde del follaje.
- las hojas nuevas alcanzan tamaño pequeño y color amarillento.
- Crecimiento lento y raquítico.
- Cuando la deficiencia es grave, disminuye considerablemente la floración, y por tanto, la cosecha.
- En los cereales principalmente presenta un deficiente desarrollo aéreo de la planta; los tallos pueden presentar una coloración rojiza o púrpura.

Cuando existe un exceso de (N); presentan los síntomas:

- Las plantas crecen demasiado rápido.
- Los tallos toman una consistencia blanda que los hace frágiles y se caen con facilidad.
- Todas las estructuras están más propensas a enfermedades.

Hay desproporción entre el crecimiento de las raíces, que es más lento, y el crecimiento del tallo, más rápido. Por ello, puede presentarse volcamiento de la planta (Enciclopedia Práctica de Agricultura y Ganadería. 1995).

2.8.11. Fuentes de (N)

El nitrógeno no se encuentra en la fracción mineral del suelo. De tal manera; que el nitrógeno existente en el suelo proviene de diferentes fuentes como:

- **Fuentes químicas**

Fertilizantes: La producción agrícola depende en gran medida de que los suelos sean capaces de desarrollar cultivos con un buen rendimiento y esa capacidad es establecida por su fertilidad. El contenido de nutrientes de origen natural en los suelos, generalmente no es suficiente para lograr una adecuada fertilidad, por esa razón se emplean los fertilizantes naturales orgánicos y químicos. Los fertilizantes nitrogenados pueden ser de cuatro tipos:

- Nítricos: aportan el nitrógeno entre el 11 y el 16% en forma de nitratos. Ejemplos: $NaNO_3$, $Ca(NO_3)_2$, KNO_3.
- Amónicos: aportan el nitrógeno en alrededor del 21% en forma de amonio. Ejemplo: $(NH_4)2SO_4$.
- Amónicos y nítricos: aportan el nitrógeno entre el 20 y 34% en formas de nitratos y amonio. Ejemplos: (NH_4) NO3, $Ca(NH_4)_2$ y $(NH_4)2SO_4$.
- De Amidas: aportan en nitrógeno entre el 21 y el 45% en forma de amidas. Ejemplo: urea cianamida de calcio. La acción de éstos es más lenta pues el nitrógeno amídico deberá transformarse en nitrógeno amónico y de nitratos. El nitrato de amonio es uno de los fertilizantes nitrogenados más empleados en la agricultura, se obtiene industrialmente a partir del amonio y del ácido nítrico y su composición en nitrógeno es del 33 al 34.5% (Fuentes Principales de Nitrógeno. 2003).

- **Fuentes naturales**

Los nitratos también existen en forma natural en algunos alimentos, particularmente en algunos vegetales. Los nitritos se forman por la oxidación bacteriana incompleta del nitrógeno en el medio acuático o terrestre, o por la

reducción bacteriana del nitrato. Son productos intermedios del ciclo completo de oxidación-reducción y sólo se encuentran presentes en condiciones de baja oxidación.

Los nitratos derivan de la descomposición natural, por microorganismos, de materiales nitrogenados orgánicos como las proteínas de las plantas, animales y excretas de animales. El ion amonio formado se oxida a nitritos y nitratos según un proceso de oxidación biológica (nitrificación).Aunque la presencia natural de nitratos y nitritos en el medio ambiente es una consecuencia del ciclo del nitrógeno, por lo común los nitritos se encuentran en muy bajas concentraciones (Fuentes Principales de Nitrógeno. 2003).

- **Fuentes orgánicas**

La necesidad de disminuir la dependencia de productos químicos artificiales en los distintos cultivos, está obligando a la búsqueda de alternativas fiables y sostenibles. En la agricultura ecológica, se le da gran importancia a este tipo de abonos, y cada vez más, se están utilizando en cultivos intensivos.

No podemos olvidarnos la importancia que tiene mejorar diversas características físicas, químicas y biológicas del suelo, y en este sentido, este tipo de abonos juega un papel fundamental. Con estos abonos, aumentamos la capacidad que posee el suelo de absorber los distintos elementos nutritivos, los cuales aportaremos posteriormente con los abonos minerales o inorgánicos (Fairhurst, T. et. al. 2002).

- **Manejo de rastrojo o y la labranza.-**La incorporación de la paja al suelo retorna la mayoría de los nutrientes absorbidos por el cultivo, y ayuda a conservar las reservas de nutrientes en el suelo a corto y largo plazo. De igual manera, incrementa las reservas (N), (P) y (Si). La incorporación de rastrojo y la labranza en el suelo incrementa la disponibilidad del N hasta la fase de crecimiento vegetativo (Fairhurst, T. et, al. 2002).

- **Abonos verdes.-** Es una práctica que consiste en cultivar plantas, especialmente leguminosas (como trébol, alfalfa, fréjol, etc.) o gramíneas (como avena, cebada, reygrass, etc.) luego son incorporadas al asuelo en estado verde sin previa descomposición, con el propósito de mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo y de la misma manera producir nutrientes como el (N), (K), que ayuden en el desarrollo de los cultivos.
- **Gallinaza.-** es de uso frecuente en la agricultura, debe comportarse para que los microorganismos descompongan la materia orgánica y ponga a disposición los nutrientes para las plantas (Langdale, S. 1982), citado por López, (1991).
- **Ecoabonaza.-** se deriva de la pollinaza de la granja de engorde de PRONACA, la cual es compactada, clasificada y procesada para potenciar sus cualidades. Por su alto contenido de materia orgánica, mejora la calidad de los suelos y provee los elementos básicos para el desarrollo apropiado a los cultivos.
- **La composta.-** es un tipo de abono orgánico que se prepara con diferentes materiales orgánicos, presentando grandes beneficios para los cultivos como: aumenta las cosechas, si la tierra es arenosa la hace más firme e incorpora macro y micronutrientes al suelo (http://www.pronaca.com/site/principal_india.jsp?arb=184).

2.8.11.1. Forma de aplicación y Frecuencias

Es necesario aplicar fertilizantes para completar los requerimientos de nutrientes del cultivo que no son satisfechos por los nutrientes nativos del suelo para obtener la meta de rendimiento. La dosis total de un nutriente aplicado con los fertilizantes depende del déficit entre la necesidad total del nutriente para obtener la meta de rendimiento y el suplemento del nutriente proveniente del suelo, determinado en la respectiva parcela de omisión (Witt, C. et, al. 2002).

El manejo de (N) es el más difícil en todos los sistemas de cultivo. El MNSE permite un manejo dinámico de este nutriente que busca incrementar la eficiencia aplicando (N) en épocas críticas para el cultivo. En cada época crítica el color de la hoja indica la necesidad de aplicar (N). Para lograr esto, se utiliza la tabla de comparación de colores desarrollada para arroz por el IRRI (Internacional Rice Research Institute) (INIAP/PNRT-PAPA, 2008).

El color de la hoja determina el estado de (N) en la planta y permite ajustar las dosis fraccionadas de (N) durante las primeras etapas del ciclo del cultivo (Witt, C. et, al. 2002).

2.8.11.2. Necesidades del Maíz

El maíz requiere alrededor de 20 a 25 kg/ha de nitrógeno (N) por cada tonelada de grano producida. Esta cantidad sería la demanda para satisfacer esa necesidad para mantener el sistema en equilibrio nutricional. Esta aproximación es lo que se conoce como criterio o modelo de balance. Sin embargo, la diferencias entre las cantidades de (N) en el suelo y las absorbidas por el cultivo son determinadas por las llamadas eficiencias de absorción, que varían según se considere al (N) presente en el suelo a la siembra, al (N) mineralizado durante el cultivo y al (N) aportado como fertilizantes. Este valor tendrá relación directa con la temperatura y humedad que reguló el crecimiento del maíz hasta el estadio de 4 a 6 hojas. En varias regiones maiceras, se ha establecido que un valor de alrededor de 18 a 20 ppm de (N) de nitratos ($N\text{-}NO3^{-}$) en esas condiciones es indicador de suficiencia, ofreciendo bajas posibilidades de respuesta económica al agregado de (N) como fertilizante (http://aeiagro.galeon.com/aficiones1553013.html).

Las posibles pérdidas de nitrógeno son contempladas en la eficiencia de uso, normalmente oscila alrededor del 50 %, con máximos de 70 %, si se aplica durante los momentos de máxima capacidad de absorción, dosis no excesivas, proporcionales a su utilización y con fuentes de bajo potencial de volatilización como amoniaco.

El maíz comienza su mayor consumo de nitrógeno alrededor de seis hojas completamente expandidas (V-6 a V-7), por lo que antes de comenzada esta etapa fenológica, el cultivo debería de disponer de una oferta de nitrógeno adecuada para satisfacer su demanda para crecimiento. Las estrategias de fertilización podrían resumirse en tres posibilidades:

- Fertilizar únicamente a la siembra o incluso antes.
- Fertilizar sólo con el cultivo implantado entre dos y siete hojas (V2/V6).
- Fraccionar la dosis entre la siembra y V-7 en dos aplicaciones.

De las tres alternativas, la aplicación a la siembra integra globalmente ventajas en los aspectos operativos, agronómicos y económicos. Sin embargo, los equipos de siembra que disponen de doble cajón fertilizador para colocar separadamente al nitrógeno fuera de la línea de semillas no son abundantes.

Por esa razón, serían más recomendables las aplicaciones fraccionadas, donde se garantice una gran parte de la necesidad total de nitrógeno a la siembra (70 a 80 %), regulando luego la cantidad de nitrógeno restante en función de la evolución de la campaña y de las posibilidades ofrecidas por las condiciones climáticas, ya que muchas veces, al coincidir la primavera lluviosa con ese periodo, se pierde la oportunidad y el follaje avanza impidiendo una fácil circulación entre líneas, agravada por la tendencia creciente a sembrar con espaciamiento de 52 cm.

Una recomendación intermedia en este sentido es fraccionar en dos veces, pero aplicando en lugar de la siembra la mayor proporción del (N) en estadios muy tempranos hasta 3 hojas, cuando la planta es flexible y admite trafico de maquinaria de aplicación con cubiertas de alta flotación

(http://aeiagro.galeon.com/aficiones1553013.html).

Cuadro 4. Ventajas y desventajas de diferentes momentos de fertilización con N

Momento	Ventajas	Desventajas
Pre siembra	Simplicidad operativa	Riesgo de lavado de nitratos hasta desarrollo de las raíces. No recomendable antes de 30 días de la siembra.
A la siembra	Simplicidad operativa	Riesgo de lavado (lixiviación) de nitratos hasta desarrollo de raíces.
	El N queda disponible inmediatamente para el cultivo.	Riesgo de fitotoxicidad en aplicaciones junto con la semilla. Depende de dosis y ambiente.
	Facilidad para incorporar al suelo.	
Entre 2 y 8 hojas **(V-2 y V-8)**	Mayor eficiencia de utilización con fuentes de fertilizantes que no volatilizan	Si no se incorpora al suelo, hay riesgo de pérdida de N por volatilización de amoníaco (fertilizantes con urea). Depende del ambiente (temperatura y humedad de suelo)
		Dependencia de las lluvias que a veces ocasiona retrasos o imposibilidad de aplicar por falta de piso (común en ciclos húmedos como el actual).
Fraccionada	Necesaria para aplicar dosis elevadas.	Mayor complejidad operativa.
	Distribuye y reduce el riesgo económico de la práctica.	Mayores costos de aplicación

(http://aeiagro.galeon.com/aficiones1553013.html)

2.8.12. Características Físicas del Suelo

2.8.12.1. Textura

Es la proporción en que se encuentra los diferentes separados (arena, limo, arcilla), que conforman el suelo. De acuerdo con el separado que predomine en el suelo, éste recibe su nombre, dando origen a los siguientes tipos de suelo:

- **Suelos arenosos o livianos:** Son suelos sueltos con mucha aireación, baja retención de agua, muy permeables, poco fértiles, especialmente se encuentran en zonas de alta pluviosidad.
- **Suelos arcillosos o pesados:** Son suelos con buenas propiedades químicas, pero de propiedades físicas de difícil manejo, poco permeables; se erosionan con facilidad debido a que el agua no penetra, sino que corre superficialmente y arrastra nutrientes.
- **Suelos limosos:** Las propiedades físicas y químicas de estos suelos hacen que se encharquen fácilmente, ocasionando algunos problemas a las plantas por deficiencia de oxígeno.
- **Suelos francos:** Estos suelos son ideales porque tienen proporción adecuada entre sus componentes (arena, limo, arcilla). Presentan proporciones físicas y químicas adecuadas para el desarrollo de las plantas (Manual Agropecuario. 2004).

2.8.12.2. Densidad Aparente

La densidad aparente del suelo es un buen indicador de importantes características del suelo, tales como porosidad, grado de aireación y capacidad de drenaje.

En un tipo de suelo los valores bajos de densidad aparente implican suelos porosos, bien aireados y con buen drenaje. Por otro lado, si los valores son altos, quiere decir que el suelo es compacto o poco poroso, que tiene poca porosidad en su composición, que la infiltración del agua es lenta, lo cual puede provocar anegamientos (Jackson, M. 1982).

2.8.12.3. Compactación del suelo

Es el aumento en la densidad de un suelo como resultado de cargas aplicadas o de presión. Esto implica que el suelo tiene cierta densidad o estado de compactación antes de la aplicación de la fuerza. En otras palabras, "la compactación del suelo

es un comportamiento dinámico del suelo por el cual el estado de compactación aumenta" (Baver, G. et, al. 1991).

2.8.12.4. Estructura del suelo y Agregados

La estructura del suelo se define por la forma en que se agrupan las partículas individuales de arena, limo y arcilla. Cuando las partículas individuales se agrupan, toman el aspecto de partículas mayores y se denominan agregados.

Las partículas del suelo se clasifican como arena, limo y arcilla. Las partículas de arena tienen diámetros entre 2 y 0,05 mm, las de limo entre 0,05 y 0,002 mm, y las de arcilla son menores de 0,002 mm. En general, las partículas de arena pueden verse con facilidad y son rugosas al tacto. Las partículas de limo apenas se ven sin la ayuda de un microscopio y parecen harina cuando se tocan. Las partículas de arcilla son invisibles si no se utilizan instrumentos y forman una masa viscosa cuando se mojan (Baver, G. et, al. 1991).

2.8.12.5. Clasificación taxonómica del Suelo

- **Orden Inceptosoles**

Suelos que evidencian un incipiente desarrollo pedogenético, dando lugar a la formación de algunos horizontes alterados; los procesos de traslocación y acumulación puede presentarse. Constituye una etapa subsiguiente de evolución, en relación con los Entisoles, sin embargo son considerados inmaduros en su evolución.

Los Incéptisoles ocurren en cualquier tipo de clima y se han originado a partir de diferentes materiales parentales (materiales resistentes o cenizas volcánicas); en posiciones de relieve extremo, fuertes pendientes o de presiones o superficies geomorfológicos jóvenes. La definición de los Incéptisoles es inevitablemente complicada. Abarca suelos que son muy pobremente drenados a suelos bien

drenados y como ya se ha indicado en la presencia de algunos horizontes diagnósticos, sin embargo el perfil ideal del Inceptisoles incluiría una secuencia de un epipedonócrico sobre un horizonte cámbrico El uso de estos suelos es muy diverso y variado, las áreas de pendientes más apropiadas para la reforestación mientras que los suelos de depresiones drenaje artificial pueden ser cultivados intensamente. Dentro de este Orden se identifican tres subórdenes caracterizados por la humedad, temperatura y mineralogía del suelo (Henesal, P. 2002).

- **Suborden Andeps**

Son los Inseptisoles originados de las cenizas volcánicas y se encuentran cerca de las montañas que tienen actividad volcánica (principalmente en el callejón interandino). Son suelos que se presentan más o menos sin restricciones de drenaje, tiene una baja densidad aparente (<0.8 g/cc), apreciable cantidad de alófana, alta cantidad de intercambio catiónico y alto contenido de minerales piro plásticos. Características principales de estos suelos debido a que pueden ser originados de diferentes aportes volcánicos, presentan muchas veces horizontes "enterrado" que corresponden a anteriores capas superficiales ricas en materia orgánica. Los grandes grupos se definen en función de los criterios: saturación en baja retención de humedad (Baver, G. et, al. 1991).

- **Hídrandepis**

Son los Andeps negros de regiones con muy alta pero bien distribuida precipitación. Estos suelos tienen siempre un contenido de humedad por debajo de la capacidad de campo. La lixiviación es casi un proceso continuo (Henesal, P. 2002).

- **Suborden dystrandepts**

Son los Andeps que poseen una humedad inferior al s: 100%, gran cantidad de carbón orgánico y materiales amorfos y un bajo contenido de bases. Se han desarrollo en climas húmedos. Poseen un alto poder de fijación del fósforo, lo

cual limita su capacidad de uso. Sus profundos de color muy negro en las zonas frías y amarillentas en las zonas cálidas y templadas (Baver, G. et, al. 1991).

- **Eutrandeps**

Son los Andeps con gran cantidad de materiales amorfos y carbón orgánico y alto contenido de bases (Henesal, P. 2002).

- **Itrandepts**

Son los Andeps caracterizados por la presencia de grandes cantidades; de materiales piro plástico como vidrio, ceniza y pómez. De texturas arenosas francas (Henesal, P. 2002).

- **Andisoles**

Suelos desarrollados sobre ceniza volcánica, que tienen baja densidad aparente (menor de (0.9 g/cc) y con altos contenidos de alófono. Generalmente son suelos con alto potencial de fertilidad y adecuadas características físicas para su manejo. Son suelos de color oscuro.

Sin embargo por sus mismas características y las posiciones que en algunos casos ocupan en el relieve tienden a erosionarse con facilidad. Una característica de los andisoles es su alta retención de fosfatos (arriba del 85 %) lo cual es una limitante para el manejo, por lo que se debe de considerar en los planes de fertilidad (Baver, G. et, al. 1991).

- **Suborden Udands**

Andisoles que no están secos en su interior, por más de 90 días en el año. Tienen un adecuado contenido de humedad la mayor parte del año, se halla presente en climas húmedos (Henesal. P. 2002).

2.8.13. Características químicas del suelo

2.8.13.1. pH, acidez y alcalinidad

Desde el punto de vista del cultivo de las plantas se define al pH como presencia o ausencia de iones hidrogeno en el suelo; es decir, es el resultado de la relación que existe entre las concentraciones de H+ y OH- si predominan los protones estaremos hablando de un suelo acido , mientras que si son los grupos hidroxilo- los que están predominado el suelo será alcalino. Por último, si tanto el grupo OH- como el grupo H+ poseen las mismas concentraciones será un suelo neutro (Jackson, M. 1982).

2.8.13.2. Capacidad de Intercambio Catiónico

Es una de las propiedades químicas más importante del suelo porque está relacionada con la fertilidad y la acidez del suelo. El CIC es la capacidad que tiene un suelo con un pH determinado de intercambiar iones positivos, liberándolos y/o reteniéndolos en función de su composición. Es decir la estructura química de un suelo y los aportes de abonos o nutrientes es la causa de que determinados iones de determinados elementos químicos puedan "pasar" de un elemento a otro. Dado que los cationes son iones positivos y las arcillas son ricas en aniones, o iones negativos, el mayor intercambio por atracción electrostática se realiza en suelos arcillosos, permitiendo al suelo retener e intercambiar esos elementos, lo cual evita que se pierdan y así mantener la fertilidad. La capacidad de intercambio catiónico (CIC) se expresa en miliequivalentes por 100 g de suelo, y es una medida de la cantidad de cationes fácilmente intercambiables que neutralizan la carga negativa existente en el suelo (Manual Agropecuario. 2004).

2.8.13.3. Materia Orgánica

La materia orgánica forma parte del ciclo del nitrógeno, del azufre y del fósforo, contribuye a la asimilación de nutrientes, mejora la estructura y la retención de

agua del suelo y da soporte a todo un mundo de microorganismos cuya actividad resulta beneficiosa para el cultivo.

La materia orgánica procede de los seres vivos (plantas o animales superiores o inferiores) y su complejidad es tan extensa como la composición de los mismos seres vivos. La descomposición en mayor o menor grado de estos seres vivos, provocada por la acción de los microorganismos o por factores abióticos da lugar a un abanico muy amplio de sustancias en diferentes estados que son los constituyentes principales de la materia orgánica (Manual Agropecuario. 2004).

2.8.13.4. Conductibilidad eléctrica

La conductividad eléctrica (CE) de una disolución puede definirse como la aptitud de ésta para transmitir la corriente eléctrica, y dependerá, además del voltaje aplicado, del tipo, número, carga y movilidad de los iones presentes y de la viscosidad del medio en el que éstos han de moverse (Jackson, M. 1982).

2.8.13.5. Macro y micro nutrientes

- **Macro nutrientes**

Los macro nutrientes son aquellos elementos primordiales para el desarrollo de los cultivos y son absorbidos por las raíces de las plantas en grandes proporciones para su buen desarrollo .Dentro de los macro nutrientes tenemos los siguientes elementos:

- **Nitrógeno (N)**

El nitrógeno es importante en el cultivo porque es un componente esencial de los aminoácidos, proteínas, clorofila, de las enzimas y otros componentes que se encuentran en las membranas celulares. La mayor parte del nitrógeno presente en el tejido vegetal de la planta se presenta como proteína enzimática en los cloroplastos y formando parte de las proteína en las semillas.

La principal función del nitrógeno es estimular el crecimiento de la planta, especialmente en la etapa inicial de crecimiento vegetativo, generando un alto índice de área foliar y prolongando el período útil de las hojas a través del tiempo. El (N) además, incrementa el número de ejes durante de floración, el número de flores, número y peso, aumentando por lo tanto el rendimiento. Además regula la cantidad de hormonas dentro de la planta.Una deficiencia de nitrógeno reduce y retrasa el crecimiento de la planta, disminuye el número de semillas y su peso, lo que se traduce en un menor rendimiento. Se produce un menor desarrollo de la planta, y en etapas fenológicas más avanzadas, no podrían redistribuir el nitrógeno asimilado a las semillas. Además la falta de (N) reduce la cantidad de flores y acorta el periodo de floración y la actividad fotosintética, debido a que aumenta la producción de ácido abscísico (Fuentes Principales de Nitrógeno. 2003).

- **Fósforo (P)**

El P es esencial para el transporte y almacenamiento de energía en la planta. El (P) es móvil dentro de la planta, promueve el macollamiento, el desarrollo de la raíz, la floración temprana y la maduración. Es particularmente importante en las primeras fases de crecimiento (Witt, C. 2002). La primera señal de la falta de (P) es una planta pequeña, la forma de la hoja se distorsiona, cuando la deficiencia es severa se desarrollan áreas muertas en la hoja el fruto y el tallo debido a su baja movilidad las hojas bajeras son las primeras en afectarse, un color púrpura rojizo aparece por la acumulación de azucares, aparece en la planta de maíz en otros cultivos sensibles al déficit de (P) especialmente a bajas temperaturas, adicionalmente la falta de (P) retarda la madurez (http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/$webindex/EEF13C22C2433D9186256A79005219DA/$file/IA+COM+4-3.pdf).

- **Potasio (K)**

El K tiene funciones esenciales en las células de la planta y se requiere para el transporte de los productos de la fotosíntesis. El (K) fortalece las paredes celulares y contribuye a una mayor fotosíntesis y a mayor crecimiento de la planta, cuando

existe deficiencia se reduce el proceso fotosintético y aumenta la respiración. A diferencia del (N) y (P), el (K) no tiene un efecto mayor en el macollamiento, sin embargo, su presencia incrementa el número de granos por mazorca, el porcentaje de granos y el peso (Witt, C. 2002).

La deficiencia de (K) en maíz se presenta con los siguientes síntomas:

Acortamiento de los nudos y crecimiento reducido, quemado o secamiento de los márgenes exteriores de la hoja mientras que la parte media permanece verde, mazorcas que no se llenan completamente y grano de mal aspecto (Manual agropecuario. 2004).

- **Calcio (Ca)**

El Ca pertenece a los llamados nutrientes secundarios, este es absorbido por la planta en forma de catión (Ca^{++}), una vez dentro de la planta, el (Ca) funciona en varias formas: estimula el desarrollo de las raíces y de las hojas, ayuda a activar varios procesos enzimáticos, influye indirectamente en el rendimiento

La deficiencia de (Ca) generalmente aparece primero en las hojas jóvenes. La deficiencia de (Ca) también limita la función de las raíces y puede predisponer la toxicidad de (Fe). Un adecuado suplemento de (Ca) incrementa la resistencia a enfermedades causado por **Xanthomonas** o **Helminthosporium** (Witt, C. 2002).

- **Magnesio (Mg)**

El (Mg) es constituyente de la clorofila y por lo tanto está involucrado en la fotosíntesis. El (Mg) es muy móvil puede translocarse fácilmente de hojas viejas a hojas jóvenes.

Los síntomas de deficiencia aparecen primero en las hojas inferiores (viejas), las hojas presentan un color amarillento, bronceado o rojizo, mientras que las venas

se mantienen verdes, en el maíz se presentan fajas amarillentas a lo largo de las hojas (http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/$webindex/EEF13C22C2433D9186256A79005219DA/$file/IA+COM+4-3.pdf).

a) Micronutrientes

Consideramos micronutrientes a los elementos esenciales cuya concentración en planta es menor a 0.1% en peso seco. Actualmente se consideran micronutrientes a los siguientes elementos: Hierro, Manganeso, Zinc, Cobre, Boro, Molibdeno, Cloro, Níquel.

Los micronutrientes presentan dos características generales que les diferencian de los macro nutrientes:

- El orden de magnitud de las concentraciones de micronutrientes en los tejidos vegetales es significativamente inferior a los de los macro nutrientes.

Los micronutrientes no participan en procesos que dependen de concentración, como los osmóticos, pH, antagonismo catiónico. Una excepción es el cloro que puede tener un papel osmótico. Tampoco suelen desempeñar funciones estructurales, a excepción del boro en la pared celular (Enciclopedia Práctica de la Agricultura y Ganadería. 1995).

- **Zinc (Zn)**

El (Zn) es esencial para varios procesos bioquímicos en la planta de maíz. El (Zn) se acumula en las raíces, pero puede traslocarse hacia las partes de la planta en desarrollo. Sin embargo, debido a que existe poca re-traslocación de (Zn) deficiencia de (N), los síntomas de la deficiencia de (Zn) son más comunes en las hojas jóvenes.

La deficiencia de (Zn) en maíz hace que el ápice se torne de color amarillento claro a blanco en las etapas iniciales de crecimiento de la planta, las hojas desarrollan franjas de color (Manual agropecuario. 2004).

- **Azufre (S)**

El (S) es absorbido por la planta desde la solución del suelo en forma de (SO_4) siendo parte de todas y cada una de las células vivientes participa en la síntesis de proteínas, forma parte 2 de los 21 aminoácidos, interviene en el metabolismo de los carbohidratos, ayuda a la formación de la semilla. La deficiencia de (S) presentan un color verde pálido y crecimiento lento, las hojas se arrugan a medida que la deficiencia avanza, los síntomas de deficiencia son similares a los de (N) con la diferencia que son menos móvil que este les deficiencias de (S) son más visibles en las hojas más jóvenes http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/$webindex/EEF13C22C2433D9186256A79005219DA/$file/IA+COM+4-3.pdf).

- **Silicio (Si)**

El (Si) es un nutriente "benéfico" para el maíz. La planta requiere este elemento para desarrollar hojas, tallos y raíces fuertes. La eficiencia del uso del agua se reduce en plantas que tienen deficiencia de (Si) (Witt, C. 2002).

- **Hierro (Fe)**

El (Fe) es un metal que cataliza la formación de la clorofila y actúa como un transportador del oxígeno, también ayuda a formar ciertos sistemas enzimáticos que actúan en los procesos de respiración.

La deficiencia de (Fe) puede ser causada por un desbalance con otros metales como (Mo), (Cu) o (Mn), también puede influir un exceso de (P) en el suelo, niveles bajos de materia orgánica en el suelo (Manual agropecuario. 2004).

- **Manganeso (Mn)**

El (Mn) está involucrado principalmente en el sistema enzimático de la planta, activa varias reacciones metabólicas importantes. El (Mn) acelera la germinación y la maduración de las plantas e incrementa la disponibilidad de (P) y (Ca).

Debido a que el (Mn) no se trasloca en la planta, los síntomas de deficiencia aparecen primero en las hojas jóvenes como un amarillamiento entre las venas, en algunas ocasiones aparecen una serie de puntos de color café oscuros, las deficiencias de (Mn) ocurren con más frecuencia en suelos con alto contenido de materia orgánica y con pH de neutro a alcalinos (Witt, C. 2002).

- **Cobre (Cu)**

El (Cu) tiene un papel importante en los siguientes procesos: metabolismo de (N), proteínas y hormonas, fotosíntesis y respiración, formación y fertilización del polen.

Los síntomas comunes de la deficiencia de (Cu) en cereales son la falta de formación de panoja o granos, las hojas pierden la turgencia, que luego desarrollan un color azul-verdoso y luego se tornan cloróticas finalmente enrollándose.

Estas plantas no llegan a florecer. Los suelos orgánicos son los más propensos a ser deficientes en (Cu), por lo general tienen cantidades adecuadas de (Cu) sin embargo esta tan fuertemente retenido que muy poca cantidad está disponible para el cultivo, mientras los suelos arenosos presentan deficiencia debido a las perdidas por lixiviación, son los suelos pesados (arcillosos) los que presentan menores índices de deficiencia de (Cu) (Witt, C. 2002).

- **Boro (B)**

El (B) es esencial para la germinación de los granos de polen, el crecimiento del tubo polínico y para la formación de semillas, además tiene un importante constituyente de la pared celular.

Debido a que el (B) no se transloca al crecimiento nuevo, los síntomas de deficiencia generalmente aparecen primero en las hojas jóvenes, otro síntoma de deficiencia es la detención en el crecimiento de las plantas.

La respuesta de los cultivos a la fertilización es muy variada siendo los cereales los que menos responden, existe un estrecho rango entre la deficiencia de (B) y la toxicidad por lo cual los fertilizantes que contengan este nutriente deberán ser aplicados con sumo cuidado y uniformemente (Enciclopedia Práctica de la Agricultura y Ganadería. 1995).

2.8.14. Características biológicas del suelo

2.8.14.1. Importancia

El suelo es una mezcla de materias orgánicas e inorgánicas conteniendo una gran variedad de macro organismos (por ejemplo lombrices, hormigas, etc.) y microorganismos (como bacterias, algas, hongos). El suelo provee ancla y soporte para las plantas, las cuales extraen agua y nutrientes de él. Estos nutrientes están devueltos al suelo por la acción de los organismos del suelo sobre las plantas muertas o en vía de morirse y la materia de origen animal (Martin, A. 1980).

La fertilidad es la función principal de la eficiencia en este ciclo de reciclaje continuo. La proporción de nutrimentos no disponibles, sea en la biomasa o en el suelo, en un momento dado, es función del clima. Los organismos del suelo son inactivos a bajas temperaturas, su actividad aumenta conforme aumenta la temperatura (pero cesa de nuevo cuando hace mucho calor) (Manual Agropecuario. 2004).

La diferencia de ritmo de reciclaje de nutrientes es responsable del incremento en el ritmo de crecimiento y del aumento de la diversidad de las especies cuando pasamos de un área templada a una región tropical (Manual Agropecuario. 2004).

- **Microorganismos**

Forman parte del ecosistema del suelo, de las raíces de vegetales y pueden ser:

- **Mamíferos.-** (ratones, topos), crean galerías que permiten la penetración del agua y aire en el suelo.
- **Artrópodos.-.(**crustáceos, arácnidos, etc.) trocean la materia orgánica y producen con sus excrementos un soporte adecuado a la vida microbiana-
- **Lombrices.-** escavan galerías en todos los sentidos aireando el suelo. Al mezclar la tierra y la materia orgánica en su intestino mejoran la fertilidad de los suelos.
- **Moluscos**.- (babosas y caracoles) comen la materia orgánica (Manual Agropecuario. 2004).

- **Microorganismos**

Los microorganismos son el conjunto de seres vivos que se caracterizan por tener un tamaño pequeño de modo que la mayoría de ellos no son visibles a simple vista, teniendo una gran sencillez en su estructura y organización. Dentro de los cuales tenemos los grupos principales:

- **Cianobacterias**: Realizan la fotosíntesis oxigénica. Tienen nutrición autótrofa y muchas asimilan nitrógeno atmosférico, gracias a la enzima nitrogenasa. Por eso habitan cualquier ambiente siendo sus preferidos: manantiales, rocas mojadas, aguas dulces y el suelo.
- **Bacterias fototróficas anoxigénicas**: Realizan la fotosíntesis anoxigénica y la fijación del CO2 es mediante el ciclo de Calvin.

- **Algas:** Nutrición autótrofa y que viven en medios acuáticos. Pertenecen al heterogéneo mundo de los microorganismos. Son omnipresentes en todas las aguas, constituyendo más del 90% del fitoplancton, auténtico forraje de mar.
- **Hongos:** Se incluyen en el heterogéneo mundo de los microorganismos por su tamaño.
- **Mohos:** hongos que se caracterizan por su pequeño. Son heterótrofos en sus tres variantes: saprófitos, parásitos y simbiontes. Como simbiontes son notorios los que viven sobre las raíces de muchas plantas formando una asociación denominada micorriza.

Los microorganismos presentan los siguientes beneficios:

- **Reciclado de nutrientes**: los microorganismos son responsables del reciclado de la materia orgánica en descomposición, volviendo a originar materia inorgánica asimilable por las plantas. En ésta acción se basa la utilización del estiércol.
- **Fijación del nitrógeno atmosférico:** en la producción de arroz, soja, alfalfa, judías, guisantes, lentejas, garbanzos cuya simbiosis con la bacteria **Rhizobium** ya ha sido expuesta.
- **En el aparato digestivo** de rumiantes (rumen) existen en simbiosis bacterias que permiten digerir la celulosa.
- **Eliminación de varios contaminantes** mediante el empleo de microorganismos de Biodegradación de plaguicidas: incluimos 1980).

2.9. BIOPOLIMEROS O POLIMEROS

2.9.1. Introducción

Los compuestos orgánicos son en general sustancias de constitución simple, porque se forman por moléculas con un número muy reducido de átomos. La polimerización es una reacción química realizada mayormente en presencia de un

catalizador que se combina para formar moléculas gigantes. Los polímeros tienen propiedades físicas y químicas muy diferentes constituidas por moléculas sencillas (http://www.profesorenlinea.cl/Quimica/PolimerosCeluloAlmid.htm).

2.9.2. Definición

Los Polímeros, provienen de las palabras griegas **Poly y Mers,** que significa muchas partes, son grandes moléculas o macromoléculas formadas por la unión de muchas pequeñas moléculas: sustancias de mayor masa molecular entre dos de la misma composición química, resultante del proceso de la polimerización. Los polímeros se caracterizan a menudo sobre la base de los productos de su descomposición
(http://www.profesorenlinea.cl/Quimica/PolimerosCeluloAlmid.htm).

2.9.3. Clases de polímeros

Los polímeros pueden ser de tres tipos:

- **Polímeros naturales:** provenientes directamente del reino vegetal o animal. Por ejemplo: celulosa, almidón, proteínas, caucho natural, ácidos nucleicos, melaza, etc.
- **Polímeros artificiales:** son el resultado de modificaciones mediante procesos químicos, de ciertos polímeros naturales. Ejemplo: nitrocelulosa, etonita, etc.
- **Polímeros sintéticos:** son los que se obtienen por procesos de polimerización controlados por el hombre a partir de materias primas de bajo peso molecular. Ejemplo: nylon, polietileno, cloruro de polivinilo, polimetano, etc.
- **Muchos elementos** (el silicio, entre otros), forman también polímeros, llamados polímeros inorgánicos

2.9.4. Ventajas de los biopolímeros

- Aumenta su capacidad de retención de agua y el uso eficiente del agua
- Mejora de la permeabilidad del suelo y las tasas de infiltración
- Reducción de la frecuencia de riego
- Reducción de la tendencia de compactación
- Detiene la erosión y la escorrentía del agua
- Aumenta el rendimiento (especialmente en los suelos de estructura en las zonas sujetas a la sequía) (http://www.slideshare.net/danielperez6/biopolmeros8223250/downloads/art.pdf).

2.9.5. Desventajas de los biopolímeros

- La complejidad de la aplicación y la mala distribución en el suelo.
- La mayoría de los estudios con los polímeros se realizaron en el laboratorio o invernadero, sin consideración para la economía en el nivel de producción en la agricultura a gran escala (http://www.copersaingenieria.com/home.htm).

2.9.6. Melaza.

Es un viscoso producto derivado de la transformación de la caña de azúcar o remolacha en azúcar . La melaza proviene del portugués melaço palabra, que en última instancia proviene de *mel* que significa miel. La calidad de la miel depende de la madurez de la caña de azúcar o remolacha azucarera, la cantidad de azúcar extraído, y el método de extracción. sorgo dulce miel que se conoce en algunas partes de los Estados Unidos como la melaza, aunque no es la melaza verdad (http://www.slidesharenet/danielperez6/biopolmeros-8223250/downloads/art.pdf).

2.9.6.1.Usos

- **Química**

- La melaza se puede utilizar como el carbono de origen para in situ de remediación de hidrocarburos clorados.
- En Australia , la melaza se fermenta para producir etanol para su uso como combustible alternativo en los vehículos de motor (http://www.copersaingenieria.com/home.htm).

Industrial

- La melaza se puede utilizar como un quelante del agente para eliminar el óxido que una parte oxidada permanece unas semanas en una mezcla de 1 parte de melaza y 10 partes de agua.
- La melaza se puede utilizar como un componente menor de mortero para albañilería

Hortícola

- La melaza se puede agregar a la tierra de casi cualquier planta para promover la actividad microbiana.
- La melaza se utiliza a menudo en la horticultura como una flor en flor y fruto potenciador, en particular en orgánicos hidroponía .
- La melaza se la utiliza como medio de adherencia de microorganismos a la semilla (http://www.copersaingenieria.com/home.htm).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES

3.1.1. Ubicación del ensayo

Provincia:	Bolívar
Cantón:	Guaranda
Parroquia:	Veintimilla
Sitio:	Granja Laguacoto II

3.1.2 Situación geográfica y climática

Cuadro 5. Las condiciones bioclimáticas de la Granja Laguacoto II son:

CARACTERISTICAS	VALOR
Altitud:	2.622 msnm
Latitud:	1º 36´52´´ S
Longitud:	78º 59´54´´ W
Temperatura máxima:	21ºC
Temperatura mínima:	7ºC
Temperatura media:	14.4ºC
Precipitación media:	980mm
Heliofania (H/L)/AÑO:	900/h/l/año
Humedad Relativa:	70%
Velocidad promedio del viento:	6m/s

Fuente Estación Meteorológica de la Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente de la Universidad Estatal de Bolívar, 2008. Monar, C. 2009.

3.1.3. Características físicas-químicas del suelo

Tipo de Suelo:	Andisol
Textura:	Franco Arcillosa
pH:	6.8
Densidad Aparente:	1.1.-1.2
N:	Medio-Bajo
P2O5:	Medio-Alto
K:	Medio-Alto
S:	Bajo
Materia Orgánica:	< 3%

(Monar, C. 2009).

3.1.4. Zona de vida

La localidad en estudio, corresponde al piso montano o templado frió. (T.F) (Monar, N. 1997).

3.1.5. Material experimental

Semilla de maíz variedad INIAP-111, Guagal Mejorado sin desinfectar, cepas **Azospirillum spp**. como fuente de (N) la urea.

Materiales de Laboratorio:

- Cajas petri
- Micro pipetas
- Espátula
- Papel absorbente
- Porta y cubre objetos
- Tips
- Plásticos
- Azas

- Marcadores
- Varillas de agitación
- Fundas de polipropileno
- Tubos ependorf

- **Reactivos:**

- Alcohol antiséptico
- Alcohol industrial 95-96%
- Cloruro de Sodio (NaCl)
- Carbonato de Calcio ($CaCO_3$)
- Cloruro de Calcio ($CaCl_2$ $2H_2O$)
- Cloruro Férrico ($FeCl_3$)
- Azul bromothymol
- Extracto de levadura agar-agar
- D-L ácido Málico
- Hidróxido de Potasio (KOH)
- Rojo Congo
- Extracto de Carne
- Peptona
- Agua destilada

Materiales de Campo:

- Lote de 1647.20 m^2
- Cámara Fotográfica
- GPS (Global Position System),
- Altímetro
- Hielera
- Balde plástico
- Guantes de contacto
- Libro de campo

- Flexómetro
- Estacas
- Sulpomag
- SFT
- Herramientas manuales (Azadones, rastrillos, machetes, etc.).

3.2. MÉTODOS

3.2.1. Factores en estudio

Factor A. Biofertilizantes (4).

Código	Identificación	Procedencia
A1	Cepa3-Tungurahua	Tungurahua, Píllaro, Emilio Terán, El Capulicito
A2	Cepa2-Bolívar	Bolívar, Guaranda, Veintimilla, Laguacoto II
A3	Cepa4-Simbambe	Chimborazo, Alausí, Sibambe, Cochapamba
A4	Cepa 2-3-4-mezcla	Tungurahua, Bolívar, Chimborazo

Factor B. Métodos de Inoculación (2)

Código	Identificación	Descripción
B1	Sólido	Soporte sólido a base de Turba de Chimborazo, CaCO3,Raíz
B2	Líquido	Soporte Líquido a base de Melaza

Factor C. Fertilizaciones (3).

Código	Descripción
C1	Fertilización inorgánica completa (100%): 110 kg/ha
C2	Fertilización inorgánica media (50%); 55 kg/ha
C3	Sin fertilización (0%) 0 kg/ha (Testigo)

3.2.2. Tratamientos

Combinación de los factores en estudio (AxBxC) biofertilizantes, métodos de inoculación y fertilizaciones.

Trat.	Código	Descripción
1	A1B1C1	C3 Tungurahua + método sólido + Fertilización completa (100%)
2	A1B1C2	C3 Tungurahua + método sólido+Fertilización media (50%)
3	A1B1C3	C3 Tungurahua + método Sólido + Fertilización (0%)
4	A1B2C1	C3 Tungurahua + método liquido + fertilización completa (100%)
5	A1B2C2	C3 Tungurahua + método liquido +Fertilización media (50%)
6	A1B2C3	C3 Tungurahua + método liquido + fertilización (0%)
7	A2B1C1	C2 Bolívar + método Sólido + Fertilización Completa (100%)
8	A2B1C2	C2 Bolívar + método Sólido + Fertilización media (50%)
9	A2B1C3	C2 Bolívar + método Sólido + Fertilización (0%)
10	A2B2C1	C2 Bolívar + método liquido + Fertilización completa (100%)
11	A2B2C2	C2 Bolívar + método líquido +Fertilización media (50%)
12	A2B2C3	C2 Bolívar + método líquido +fertilización (0%)
13	A3B1C1	C4 Simbambe + método sólido + Fertilización completa (100%)
14	A3B1C2	C4 Simbambe + método sólido+ Fertilización media (50%)
15	A3B1C3	C4 Simbambe+ método Sólido+ Fertilización (0%)
16	A3B2C1	C4 Simbambe +método líquido + Fertilización completa (100%)
17	A3 B2C2	C4 Simbambe + método Líquido + Fertilización media (50%)
18	A3 B2C3	C4 Simbambe + método Líquido + Fertilización (0%)
19	A4 B1C1	C5 (mezcla) + medio Sólido + fertilización completa (100%)
20	A4 B1C2	C5 (mezcla) + medio Sólido + fertilización media (50%)
21	A4 B1C3	C5 (mezcla) + método Sólido + fertilización (0%)
22	A4 B2C1	C5 (mezcla) + método Líquido + fertilización completa (100%)
23	A4 B2C2	C5 (mezcla) + medio Líquido + fertilización media (50%)
24	A4 B2C3	C5 (mezcla) + método Líquido + fertilización (0%)

3.2.3. Procedimiento

Tipo de diseño:	Bloques Completos al Azar (DBCA) en arreglo factorial A x B x C.
Número de tratamientos	24
Número de repeticiones	3

Número de unidades experimentales	72
Superficie total de la unidad experimental:	16 $m.^{2.}$ (5 m. x 3.2 m.)
Superficie de la unidad experimental neta:	6.4 $m.^2$ (4 m. x 1.6 m.)
Área total del ensayo/localidad:	1647.20m^2
Área neta total del ensayo/localidad:	460.8m^2
Número de plantas por parcela:	80
Número de plantas por parcela neta:	32
Número de plantas por golpe:	2
Número de surcos:	4 por parcela total y 2 por parcela neta
Distancia entre surcos:	0.80 m.
Distancia entre plantas:	0.50 m.

3.2.4. Análisis

Análisis de varianza (ADEVA) según el siguiente detalle:

FUENTES DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	CME*
Total	**71**	
Bloques	2	$\int^2 e+24b\int^2$ bloques
Factor A Biofertilizante	3	$\int^2 e+18\theta^2$ A
Factor B M. Inoculación	1	$\int^2 e+36\theta^2$ B
Factor C Fertilizaciones	2	$\int^2 e+24\theta^2$ C
Fac. A x Fac. B	3	$\int^2 e+9\theta^2$ A x B
Fac. A x Fac. C	6	$\int^2 e+6\theta^2$ A x C
Fac. B x Fac. C	2	$\int^2 e+12\theta^2$ B x C
Fac. A x Fac. B x Fac. A	6	$\int^2 e+3\theta^2$ A x B x C
Error Exp.	46	$\int^2 e$

*CME: Cuadrados Medios Esperados. Modelo fijo. Tratamientos seleccionados por el investigador.

- Prueba de Tukey al 5% (para comparar promedios, interacciones, Factor A y Factor C).
- Tendencias polinomiales para el Factor C
- Análisis de efecto principal para el Factor B.
- Análisis de correlación y regresión lineal.
- Análisis de eficiencia agronómica y química del Nitrógeno.
- Análisis de Índice de Nitrógeno para los 24 tratamientos evaluados.

3.3. MÉTODOS DE EVALUACIÓN Y DATOS TOMADOS

3.3.1. Física de suelos

3.3.1.1. Determinación de la textura y densidad aparente del suelo

Mediante el análisis de suelo realizado por el Laboratorio de Suelos y Aguas del INIAP Estación Experimental de Santa Catalina (Anexo 9) se determinó la textura y densidad aparente del suelo.

3.3.1.2. Determinación de la profundidad del suelo

Al inicio del ensayo se realizó una calicata del ensayo total con una profundidad de 0.60 cm y con la ayuda de un flexómetro se procedió a medir la profundidad de la capa arable y posteriormente se utilizó la siguiente escala para determinar su profundidad en cm.

SUELOS	PROFUNDIDAD (cm)
Muy profundos	Más de 150
Profundos	150 a 190
Medianamente profundos	90 a 50
Superficiales	50 a 25
Muy superficiales	Menos de 25

Fuente: Manual Agropecuario. 2004.

3.3.2. Química del suelo

3.3.2.1. Macro y micronutrientes, nitrógeno total en forma de NO3, Amoniacal, pH y Materia Orgánica del suelo

Mediante el análisis de suelo realizado por el Laboratorio de Suelos y Aguas del INIAP-Estación Experimental Santa Catalina al inicio del ensayo (Anexo 9) y al final del ensayo se determinó los macro y micronutrientes, nitrógeno total en forma de (NO3), Amoniacal (NH4), pH y Materia Orgánica del suelo.

Para la interpretación de los resultados se utilizó las siguientes escalas:

- Contenido de (N) en el suelo

CLASIFICACION	Ppm
Suelo muy pobre	Menos de 0,1
Suelo pobre	Menos de 0,15 - 0,1
Suelo mediano normal	Menos de 0,25- 0,15
Suelo rico	Menos de 0,30 - 0,25
Suelo muy rico	Más del 0,30

Fuente: Manual Agropecuario. 2004

.

- Contenido de (P) en el suelo

CLASIFICACION	FOSFORO EN EL SUELO (ppm)
Bajo	Menor que 40
Alto	Mayor que 40

Fuente: Manual Agropecuario. 2004.

- Contenido de (K) en el suelo

CLASIFICACION	Ppm
Muy pobre	De 0 a 0,5ppm
Pobre	De 0,5 a 1ppm
Regular	De 1 a 3ppm
Alto	De 3 a 5 ppm
Muy alto	Más de 5 ppm

Fuente: Manual Agropecuario. 2004.

- pH del suelo

ACIDEZ O ALCALINIDAD	VALOR pH
Extremadamente ácido	Menor que 4,5
Demasiado ácido	4,6 – 5, 0
Fuertemente ácido	5,1 – 5,5
Medianamente ácido	5,6 – 6,0
Ligeramente ácido	6,1 – 6,5
Neutro	6.6 – 7,3
Ligeramente alcalino	7,4 – 7,8
Moderadamente alcalino	7,9 – 8,4
Fuertemente alcalino	8,5 – 9,0
Demasiado alcalino	Mayor que 9,0

Fuente: González, A. y Raciman, J. 2000.

- Contenido de Materia Orgánica

% M.O.	Clasificación del suelo
0-2	Muy deficiente en M.O.
2-4	Deficiente en M.O.
4-6	Contenido normal en M.O.
6-8	Contenido apreciable en M.O.
8-10	Humífero
>10	Muy humífero

Fuente: Jackson, M. 1982.

3.3.2.2. Capacidad de intercambio catiónico (CIC), relación C/N conductibilidad eléctrica, Ca, Mg, K y bases totales

Mediante el análisis de suelo (Anexo 9) realizado por el Laboratorio de Suelos y Aguas del INIAP-Estación Experimental Santa Catalina al inicio y al final del ensayo se determinó la Capacidad de intercambio catiónico (CIC), relación C/N, conductibilidad eléctrica, Ca,Mg,K y Bases totales. Para la interpretación de los resultados se utilizó las siguientes escalas:

- Relación carbono –nitrógeno

C/N	Calidad edáfica
<8	Muy buena
8-12	Buena
12-15	Mediana
15-20	Deficiente
20-30	Mala
>30	Muy mala

Fuente: Manual Agropecuario 2004.

3.3.2.3. Determinación de nitrógeno en el suelo

A la cosecha en (choclo) del ensayo total, se tomaron 24 muestras de suelo y mediante los análisis de suelos realizados por el Laboratorio de Suelos y Aguas

del INIAP-Estación Experimental Santa Catalina (Anexo 9) se determinó nitrógeno amoniacal y (NO_3) en el suelo (Alvarado, S. et, al. 2000).

3.3.2.4. Contenido de la materia seca de la planta

Se expresó en porcentaje. Se tomaron 2 plantas al azar de cada parcela neta a la cosecha en choclo (etapa R6), en donde fueron sometidas a su separación en grano, tusa y residuos (partes vegetativas), para poder tomar los respectivos datos. Finalmente se procedió a pesar las muestras en fresco para luego introducirlas en la estufa a 65 ºC hasta obtener un peso constante y obtener la muestra seca. Se utilizó la siguiente ecuación (INIAP/PNRT-PAPA, 2008).

% Materia seca = (Peso seco/Peso fresco) x 100

Posteriormente los datos obtenidos de materia seca fueron transformados a t/ha para su facilidad en el procesamiento de datos.

3.3.2.5. Contenido de nitrógeno de la planta (tejido vegetal, en el grano y en la tusa)

En el material que se utilizó para materia seca, se determinó el contenido de nitrógeno (Anexo 9); mediante la metodología de micro Kjeldahl, establecida en el laboratorio de análisis de plantas del INIAP (Alvarado, et, al. 2000). Se utilizó las siguiente fórmula:

% Materia seca = (Peso seco/Peso fresco) x 100

Posteriormente los datos obtenidos de materia seca fueron transformados a Kg/ha para su facilidad en el procesamiento de datos.

3.3.2.6. Contenido de NTotal de la planta

Con los datos obtenidos de materia seca y contenido de (N), aplicado la siguiente ecuación se determinó el contenido de Ntotal.

ANtot= ANg+ANt+ ANr

Donde:

ANtot= Acumulación de (N) total

ANg= Acumulación de (N) en el grano

ANt= Acumulación de (N) en la tusa

ANr= Acumulación de (N) en residuos

Fuente: (INIAP/PNRT-PAPA, 2008).

3.3.3. Biológicas del suelo

3.3.3.1. Población de Azospirillum spp. antes y durante el ensayo

Mediante análisis microbiológico del suelo (al inicio del ensayo (Anexo 2), a inicios de floración masculina, a la cosecha en choclo y a la cosecha en seco), se evaluó la población de **Azospirillum spp.** de cada unidad experimental en medio NFB (nitrogen fixation biological) semi-sólido. Los resultados se expresaron en Unidades Formadoras de Colonia por gramo de suelo seco (UFC/gss), según el método estimativo del número más probable utilizando la tabla de Mc. Crady.

3.3.3.2. Determinación de la profundidad, peso y cantidad de raíces a la cosecha en choclo

Al momento de la cosecha en choclo de cada parcela neta se tomaron 5 plantas al azar; en donde se procedió a medir la raíz de cada planta con la ayuda de un flexómetro cuyos datos se lo expresaron en cm. Posteriormente para determinar la cantidad de raíces se clasificó a las raíces según el siguiente detalle, para lo cual se observó en 5 plantas tomadas al azar. (IBPGR, 1991).

3: Bajo

5: Medio

7: Abundante

Finalmente se procedió a pesar las raíces en estado fresco y seco con la ayuda de una balanza analítica, para luego obtener su peso constante de materia seca. Se utilizó la siguiente ecuación (INIAP/PNRT-PAPA, 2008).

% Materia seca raíz = (Peso seco raíz /Peso fresco raiz) x 100

3.3.3.4. Presencia y conteo de lombrices e insectos

Al momento de la cosecha en choclo se realizó una excavación de 1m ancho por 1m de largo y 0.25cm de profundidad de manera manual con la ayuda de una azada del ensayo total y se procedió a contabilizar el número de lombrices y otros insectos presentes en el suelo, logrando encontrar 3 lombrices en $1m^2$ 30000 lombrices/ha, y sin contar con la presencia de otros insectos en el suelo.

3.3.4. Agronómicas

3.3.4.1. Porcentaje de emergencia

Se determinó dividiendo el número de plantas emergidas para el número de semillas sembradas y se multiplicó por cien en cada parcela neta; los datos obtenidos se representaron en porcentaje (Espinoza, L. 2004).

3.3.4.2. Altura de la planta y mazorca en estado VR3

Al instante en que el 50% de las plantas alcanzaron el estado fenológico VR3 (Estado vegetativo, reproductivo grano lechoso) se evaluaron 10 plantas tomadas al azar de cada parcela neta, se midió la altura de la planta desde la base de la planta hasta el punto donde la panoja empieza a ramificarse; y la altura de

mazorca se medió desde la base hasta el nudo de inserción de la mazorca. Los valores se registraron en centímetros antes de la cosecha en choclo.

3.3.4.3. Días a la floración masculina, femenina y a la cosecha en choclo

Se registraron los días transcurridos, desde la siembra hasta cuando más del 50% de las plantas presentaron flores masculinas y femeninas. Posteriormente se registraron los días transcurridos desde la siembra hasta la cosecha en choclo.

3.3.4.4. Daño a la mazorca por Heliothis zea y Euxesta eluta

Se registró a la cosecha en choclo y se calificó el daño causado por **Heliothis zea** *y* **Euxesta eluta**, utilizando la escala de 1 a 5 propuesta por el (CIMMYT, 1988).

Escala de daño a la mazorca por insectos.

Significado	Valor	% de granos infestados	Valor medio
Sin daño	1	0	0
Infestación débil	2	1 – 10	5,5
Infestación ligera	3	11 – 25	18
Infestación moderada	4	26 – 60	43
Infestación severa	5	61 – 100	80,5

Fuente: Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, 1986

Con las calificaciones de las mazorcas se calculó un promedio ponderado.

Promedio ponderado (%) = (x1y1+x2y2+……x10y10)/T

Donde:

X = Número de mazorcas en cada valor de la escala.

Y = Valor medio correspondiente a la escala.

T = Número total de mazorcas.

3.3.4.5. Longitud de la mazorca

Se midió desde la base, en su inserción con el pedúnculo, hasta su ápice después de la cosecha en choclo, y el valor que se registró fue el promedio de 10 choclos tomados al azar y expresándose en cm.

3.3.4.6. Diámetro de la mazorca

Se midió, con un calibrador en la parte central de 10 choclos elegidos al azar, después de la cosecha en choclo y el valor promedio fue expresado en cm (IBPGR, 1991).

3.3.4.7. Número de plantas por parcela en choclo y sin choclo o vanas

Al momento de la cosecha en choclo se contabilizó el número de plantas por parcela con choclo cuyo resultado se lo expresó en porcentaje. De la misma manera, al momento de la cosecha se contabilizó el total de plantas con dos mazorcas, y con mazorcas estériles, y mediante la siguiente ecuación se calculó el porcentaje de plantas estériles o vanas.

$$\textbf{ESTERIL=} (1-((nMazorcas_A-nProl_A)/nPlantas_A)*100$$

Donde:

ESTERIL = Porcentaje de plantas estériles

$nMazorcas_A$ = Número de mazorcas por área

$nProl_A$ = Número de mazorcas prolíferas por área

$nPlantas_A$ = Número de plantas por área

Fuente: (INIAP/PNRT-PAPA, 2008).

3.3.4.8. Clasificación de las mazorcas o choclos por clase (sacos/ha)

Se contabilizó el número de cada clase, en base a la Norma (INEN) 1761 que establece tres categorías de clases: pequeños (III), medianos (II) y grande (I) (Anexo 5). Luego se expresó en sacos por hectárea, para lo cual se tomó como

referencia que un saco contiene 120 choclos de la clase 1; 150 choclos de la clase 2 y 180 choclos de la clase 3. Norma INEN (1991).

3.3.4.9. Rendimiento en Choclo (t/ha)

Se contabilizó el número de cada clase, en base a la Norma INEN (1761) que establece tres categorías de clases: pequeños (III), medianos (II) y grande (I) (Anexo 5). Luego se expresó en sacos por hectárea, para lo cual se tomó como referencia que un saco contiene 120 choclos de 1a clase 1; 150 choclos de la clase 2 y 180 choclos de la clase 3.Norma INEN (1991). Otra herramienta para calcular el rendimiento fue en base a la densidad poblacional del cultivo y el porcentaje de plantas con choclo y sin choclo.

3.3.4.10. Rendimiento en seco (t/ha)

Se utilizó la variable peso ajustado al 14 % de humedad y se utilizó la fórmula propuesta por el CIMMYT (1988).

RENDIMIENTO= PCxDxMSx1000/ (86XAP)

Donde:
PC = Peso de campo, expresado en Kg
D = Porcentaje de desgrane, expresado en forma decimal

D: PG/PM
PG: Peso de grano
PM: Peso mazorca

MS = Porcentaje de materia seca, expresada en forma decimal

MS: (100 - % de Humedad)

86 = Constante, porcentaje de materia seca que contendrá el grano como prueba de uniformidad

AP = Área de la parcela neta expresada en m^2

3.3.5. Información climática

3.3.5.1 Cantidad de Precipitación

Se registró la cantidad y distribución de la lluvia durante todo el ciclo del cultivo que comprende desde el momento de la siembra hasta la cosecha en seco y se lo realizó con la ayuda de un pluviómetro.

3.3.5.2. Cantidad y número de riegos

Durante el desarrollo de esta investigación, no se aplicó ningún riego; debido a que las condiciones climáticas fueron satisfactorias para el cultivo.

3.3.6. Presupuesto parcial y tasa de retorno marginal de los tratamientos

Para el análisis de presupuesto parcial y tasa de retorno marginal, se utilizó el método propuesto por el CIMMYT (1988), que incluyen: los resultados de los rendimientos obtenidos, el precio actual de campo de choclo por clase y de maíz, los costos que varíen entre los tratamientos y el precio de campo del inoculante.

3.4. MANEJO DEL EXPERIMENTO

3.4.1. Fase de laboratorio

3.4.1.1. Reactivación y purificación de cepas

Se prepararon los medios de cultivo: Ácido Málico – Rojo Congo sólido para el aislamiento y purificación (Anexo 6) (Rodríguez, E. y Cáceres, A. 1982); Peptona al 1 % para la reactivación (Anexo 7) (CIAT, 1988); y Caldo Nutritivo para la fermentación (Anexo 8) (Girard, H. y Rougieux, R. 1964). Una vez elaborados los medios se auto clavaron: los medios de cultivo; materiales de vidrio; asas; agua destilada; etc., a 15 PSI (o libras presión = 121ºC), durante 30 min.

Para la reactivación, se colocó 1000 µL de peptona al 1 %, en los tubos eppendorf que contenían la cepa liofilizada, agitándose hasta homogenizar la mezcla con la ayuda del vortex, a continuación se tomó 50 µL de la cepa y se colocó en cajas petri con medio Acido Málico – Rojo Congo sólido, con la ayuda de un triángulo de vidrio estéril se dispensó bien hasta que se seque y se lo deja en incubadora a temperatura de 30ºC por 7 días. En cuyas cajas se observaron colonias de **Azospirillum spp.** de coloración rojo escarlata intenso. De estas colonias fueron tomadas secciones puras, con la ayuda de un haza de platino para ser purificadas en cajas petri con medio Ácido Málico – Rojo Congo sólido, las cuales tomaron coloración típica rojo escarlata intenso, después de haberlas incubado por 7 días a 30 ºC (Molina, S. 2006).

Finalmente se realizaron pruebas de Tinción de Gram, para la constatación de la cepa de este género (Girard, H. y Rougieux, R. 1964).

3.4.1.2. Fermentación y producción del inoculo líquido

De las cajas con medio de cultivo Ácido Málico Rojo Congo, se seleccionaron varias colonias y se transfirieron secciones de la bacterias puras con una haza de platino a un matraz de 100 ml, que contenían 40 ml de caldo nutritivo (Espinoza, L. 2004).

La cepa se propagó en agitación rotatoria a (120 rpm) a 19ºC durante 8 a 20 horas, hasta obtener la densidad celular de 1 (Fallick, E. et. al. 1988). En un espectrofotómetro, se midió la densidad celular, para lo cual con una pipeta estéril se tomó 10 ml de cada propagación bacteriana y se vertió en una celda del espectrofotómetro. La muestra se sometió a 540 nm., y se obtuvo un valor de 1, el cual, indica que la muestra contenía aproximadamente 10^9 UFC/ml (unidades Formadoras de Colonias por mililitros) (Bashan, Y. 1997).

Estas actividades fueron realizadas en el Laboratorio del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas (DMSA) de la Estación Experimental Santa Catalina (INIAP).

3.4.1.3. Preparación del inoculante sólido

Para la preparación del inoculante sólido se recolectó 100 kg de turba del sector de Tambohuasha, Cantón San Juan, Provincia de Chimborazo, la cual fue recomendada en el estudio preliminar por (Yánez, C. et, al. 2004).

3.4.1.4. Inoculación de la turba

La turba se secó a 100 ºC por dos días, luego se molió y se tamizó en un tamiz de 180 µm. El empacado de la turba se realizó en fundas de polipropileno de baja densidad y en cada una de ellas se vertieron 50g del material procesado (turba del Chimborazo del sector Tambohuasha). Las fundas selladas fueron sometidas al autoclave con vapor húmedo (121 ºC, 15 PSI) durante tres horas, fraccionadas durante tres días (Yánez, C. et, al. 2004).La impregnación del inoculante líquido en la turba se realizó mediante la inyección de 20 ml de suspensión bacteriana que contenía 1 x 10^7 UFC/ml. Los sustratos inoculados se incubaron a 37 ºC por 8 días, período en el cual se realizaron movimientos con el fin de homogenizar el material, luego se almacenó en refrigeración a 4 ºC durante una semana (Molina, S. 2006).

Para evaluar la sobrevivencia de las bacterias se utilizó la técnica llamada "método de siembra superficial en placa" que consiste en tomar una alícuota de 1g de cada soporte sólido, la cual fue suspendida en 9 ml de agua destilada estéril. Se prepararon 7 diluciones con cada funda del inoculante sólido (turba) desde 10^2 hasta 10^8. De cada dilución se sembró 1 ml en una caja petri con medio Ácido Málico Rojo Congo y se determinó la presencia de la bacteria **Azospirillum spp.** a los 7 días. Posteriormente se realizó un conteo poblacional de las células bacterianas del inoculante sólido y líquido (Rodríguez, E. y Cáceres, A. 1982).

3.4.1.5. Inoculación de la semilla

En un recipiente plástico se mezclaron 100 g de azúcar en medio litro de agua, luego se vertieron 5 kg de semilla de Maíz INIAP-111 en la solución y se

mezclaron bien hasta que la semilla presente un color cristalino. Finalmente se añadió 50 g del medio sólido y 50 ml del medio líquido en cada recipiente. A continuación se mezcló la turba y la melaza inoculada con la semilla hasta que quede bien adherida a la semilla mostrando un color oscuro homogéneo y se sembró la semilla inmediatamente después de la inoculación (Bernal, G. et, al. 2002).

3.4.2. Fase de Campo

3.4.2.1. Análisis del suelo

Para la localidad en estudio, se realizó el análisis físico – químico del suelo, para la determinación de macro y micronutrientes, materia orgánica conductividad eléctrica, pH, capacidad de intercambio catiónico y textura del suelo; dos meses antes de la siembra, con el fin de realizar la recomendación de fertilización inorgánica (Anexo 9).

3.4.2.2. Preparación del terreno

La preparación del terreno se realizó manualmente con la ayuda de una azada realizando el surcado en cada una de las parcelas en labranza reducida. Los surcos se realizaron cada 80 cm a una profundidad de 20 cm.

3.4.2.3. Siembra

Se realizó la siembra manualmente colocándose 3 semillas inoculadas de maíz por sitio de la variedad INIAP-111, a una distancia de 50 cm entre planta y 80 cm entre surco, para luego realizar un raleo dejando 2 semillas por sitio; no se desinfectó la semilla debido a que **Azospirillum spp.** es un microorganismo vivo que no sobrevive a la aplicación de insecticidas, acaricidas y fungicidas y su actividad se reduce en presencia de estos.

3.4.2.4. Labores Culturales

Se realizó un rascadillo manualmente con la ayuda de una azada cada dos meses hasta su cosecha en choclo.

3.4.2.5. Riego

Durante todo el manejo del ensayo no fue necesario realizar ningún riego debido a que las condiciones climáticas fueron satisfactorias para el desarrollo del cultivo.

3.4.2.6. Fertilización

La fertilización se la realizó por sitio específico, tomando en cuenta el análisis químico del suelo que se realizó al inicio del ensayo y en base a las dosis de nitrógeno aplicadas en investigaciones anteriores en distintas localidades para de esta manera lograr determinar una dosis adecuada que interaccione de manera positiva con el biofertilizante a base de cepas de **Azospirillum spp.** aplicando Sulfomag en dosis de 90,91 kg/ha de (K) y (S) (3.65 g/sitio) a la siembra en la base del surco. La aplicación de (N), se la aplicó en forma de urea de manera fraccionada el 30% (1,30 g/sitio) en la etapa de V2+1; 40% a los 70 días después de la siembra (1,74 g/sitio) y el 30% (1,30 g/sitio) restante en floración masculina, misma que fue incorporada, la dosis total aplicada en forma de urea fue 110 kg/ha (4,34 g/sitio), 55 kg/ha (2,17 g/sitio) y 0 kg/ha.

Las dosis fueron establecidas los técnicos del Programa de Maíz y por el Departamento de Suelos y Aguas del INIAP (EESC).

3.4.2.7. Control de Malezas

Se controló de forma manual (deshierbas manuales), debido a que **Azospirillum spp.** es un organismo vivo que no sobrevive a la aplicación de herbicidas, por lo que no se utilizó el control químico.

3.4.2.8. Control de plagas

Para el control de insectos **Heliothis zea** y **Euxesta eluta**, no se utilizó el control inorgánico, por lo antes mencionado. Para el control de estas plagas se realizó la aplicación de dos a tres gotas de aceite vegetal con aceitero o algodón en tres aplicaciones. La primera cuando una tercera parte de las plantas presentaron en sus mazorcas hasta 3 cm de presencia de estigmas; la segunda luego de 8 días y la tercera a los 15 días de la primera aplicación. Cada aplicación se realizó en promedio con cinco jornales y la cantidad de aceite a usar fue de 3 a 4 l/ha., por aplicación, de acuerdo a la metodología descrita por (Dobronski, J. et, al. 1998).

3.4.2.9. Cosecha

La cosecha en choclo de la parcela neta se realizó en forma manual, cuando el grano estuvo en estado "lechoso" y se clasificó por mazorca en tres clases o categorías: (I) grandes, (II) medianos y (III) pequeños (INEN, 1761), para luego los datos obtenidos por parcela transformarlos a sacos/ha. Posteriormente se realizó al análisis de Presupuesto Parcial y Tasa de Retorno Marginal propuesta por el CIMMYT (1988).

La cosecha en seco se realizó dos meses posteriores de la cosecha en choclo de forma manual en donde se utilizó la variable, ajustado al 14 % de humedad y se utilizó la fórmula propuesta por el CIMMYT (1988) para el cálculo de Presupuesto Parcial y Tasa de Retorno Marginal.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Física de suelos

4.1.1. Determinación de la textura y densidad aparente del suelo

Cuadro 6. Textura y densidad aparente del suelo

ANÁLISIS DEL SUELO AL INICIO DEL ENSAYO				
Textura del suelo	**Arena**	**Limo**	**Arcilla**	**Tipo de suelo**
	39	34	27	Franco-Arcilloso
Densidad aparente	1.1 g/ml			

Fuente: INIAP. 2010

Mediante la muestra de suelo tomada al inicio del ensayo y procesada por el Laboratorio de Suelos y Aguas del INIAP-Estación Experimental Santa Catalina, se pudo determinar la textura del suelo de la localidad en estudio, tomando en cuenta que la textura recibe su nombre de acuerdo al agregado que predomine en el suelo tenemos para la localidad de Laguacoto II , Lote C2 la distribución de los agregados de la siguiente manera: Arena (39), Limo (34), Arcilla (27) ,(Cuadro 54, (Anexo 9) lo que nos da como resultado un suelo Franco-Arcilloso (Far); el cuál es característico por poseer buenas propiedades químicas, pero propiedades físicas de difícil manejo. Además, de ser poco permeables, duros para trabajarlos, se encharcan fácilmente y afectan los cultivos por falta de aire. Sin embargo, mediante un buen manejo de materia orgánica pueden mejorar sus condiciones físicas y mejorar el contenido de nutrientes.

De la misma manera mediante el análisis de suelo realizado al inicio del ensayo se pudo determinar una densidad aparente del suelo de 1.1 g/ml, (Cuadro 54, Anexo 9) lo cual, depende de las partículas de suelo, la cantidad de materia orgánica, la compactación del suelo, las actividades de animales que excavan en la tierra, tales como las lombrices, y la abundancia de raíces de plantas. A más de que, la densidad aparente de un suelo se suele utilizar como medida de la

estructura del suelo; es decir, una densidad baja, generalmente, equivale a más porosidad y mayores agregados del suelo lo que corresponde a mayor estabilidad, menos compactación y probablemente mayor contenido de humedad que un suelo con una densidad mayor
(http://edafologia.fcien.edu.uy/archivos/Reaccion%20del%20suelo.pdf).

4.1.2. Profundidad del suelo

Tomando en cuenta que el perfil del suelo está formado por diferentes capas, las cuales varían en su espesor, profundidad, color, estructura y textura diferenciando de esta manera una capa de otra y que la profundidad del suelo está relacionada por el espesor de su capa arable (horizonte A). Al inicio del ensayo se realizó una calicata de 60 cm del ensayo total y con la ayuda de un flexómetro se procedió a medir la capa arable obteniendo una profundidad de 45 cm , considerándose a este como un suelo superficial según la clasificación que se presenta en el cuadro referente a la profundidad del suelo
(http://edafologia.fcien.edu.uy/archivos/Reaccion%20del%20suelo.pdf).

4.2. Química del suelo

4.2.1. Macro y micronutrientes, Nitrógeno total, en forma de N-NO3 y Amoniacal NH4, pH del suelo y Materia Orgánica del suelo

Mediante el análisis de suelo tomada al inicio y al final (Anexo 9) del ensayo y procesada por el Laboratorio de Suelos y Aguas del INIAP-Estación Experimental Santa Catalina, se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 7. Macro nutrientes al inicio y final del ensayo

		INICIO DEL ENSAYO	FINAL DEL ENSAYO
NUTRIENTE	**UNIDAD**	**VALOR**	**VALOR**
NH4	ppm	53	35,00
N-NO3	ppm	12,50	10,50
Ntotal	%	0,20	0,18
P	ppm	68,00	50,00
S	ppm	2,58	2,10

Fuente: INIAP 2010

De acuerdo a los resultados obtenidos mediante el análisis de suelo realizados al inicio y al final del ensayo total se puede observar en el (Cuadro 7, Anexo 9), en cuanto a los macro nutrientes el contenido de NH4 disminuyó en 18 ppm, durante todo el ciclo de cultivo, obteniendo al final del cultivo 35 ppm. De igual manera, los N-N03 mediante el análisis de suelo realizado al inicio del ensayo por el Laboratorio de Suelos y Aguas del INIAP de la Estación Experimental de Santa Catalina se pudo determinar un contenido de 12,50 ppm y al final del ensayo 10,50 N-NO3 en el suelo. Finalmente al inicio del ensayo se pudo determinar 0,20 % de NTotal en el suelo, obteniendo al final del ensayo 0,18 % de NTotal en el suelo siendo evaluado de acuerdo a la escala que se presenta en el cuadro correspondiente al contenido de macro nutrientes, como un suelo mediano normal en contenido de (N) permitiendo de esta manera un buen desarrollo de los órganos vegetativos, una buena reproducción de las plantas; a más de que, fomenta el crecimiento rápido y aumenta el contenido de proteínas en los granos, este aumento de NTotal es decir de (N) disponible para las plantas se puede atribuir a que **Azospirillum spp.** es una bacteria nitrificante, que absorbe el (N_2) y lo transforma mediante el proceso de nitrificación a (N) disponible para que sea asimilado por las raíces de las plantas (http://www.sagan-gea.org/hojaredsuelo/paginas/12hoja.html).

En cuanto al Fósforo (P), también podemos observar que disminuyó en 18 ppm, obteniendo al final del ensayo un total de 50 ppm (Cuadro 7, Anexo 9), y según la escala de evaluación de contenido de fósforo, lo clasifica como un suelo con alto contenido de fósforo, pero quizá no esté disponible para ser asimilado por las plantas. Durante todo el ciclo del cultivo ha permitido una buena producción de energía, buen crecimiento de las plantas, favoreciendo la formación de raíces fuertes y abundantes y participando de manera indispensable para la formación de las semillas. Finalmente el Azufre (S) al inicio presentó 0,48 ppm, y al final del ensayo 2,10 ppm. El azufre es un constituyente básico de las proteínas, además es un catalizador que favorece la fijación bacteriana de (N) (Cuadro 7, Anexo 9) (http://www.sagan-gea.org/hojaredsuelo/paginas/12hoja.html).

Cuadro 8. Micronutrientes al inicio y final del ensayo

		INICIO DEL ENSAYO	FINAL DEL ENSAYO
NUTRIENTE	**UNIDAD**	**VALOR**	**VALOR**
Zn	ppm	3,25	3,00
Cu	ppm	10,80	15,90
Fe	ppm	192,0	186,90
Mn	ppm	7,20	6,80
B	ppm	0,97	0,90

Fuente: INIAP 2010

En cuanto a los micronutrientes según los análisis de suelo realizados al inicio y al final del ensayo (Cuadro 8, Anexo 9), se pudo determinar que únicamente el (Cu) se incrementó 5,1 ppm y el resto de micronutrientes disminuyeron ligeramente. El Boro (B) es de suma importancia debido a que este micro-elemento ayuda a la formación de nódulos en las raíces permitiendo de esta manera que algunas bacterias nitrificantes como en este caso lo es **Azospirillum spp.** fije el nitrógeno del aire y lo convierta en nitrógeno asimilable para las plantas (Parsons, D. 1998).

Cuadro 9. pH y Materia Orgánica del suelo al inicio y final del ensayo

	INICIO DEL ENSAYO	FINAL DEL ENSAYO
NUTRIENTE	**VALOR**	**VALOR**
pH	5,7	6,18
Materia Orgánica	2,86	3,70

Fuente: INIAP; 2010; 2011

Finalmente según los resultados obtenidos del análisis (Cuadro 9, Anexo 9), de suelo se logró determinar un aumento de 0,84 % de contenido de Materia Orgánica, obteniendo un total de 3,70 % identificándolo como un suelo con contenido normal de M.O. según la escala antes propuesta. La materia orgánica es un parámetro que está relacionado directamente con la calidad edáfica. En donde, su contenido interviene en la estructura del horizonte, ayuda a formar los complejos arcillo-húmicos del suelo, mejora la capacidad de infiltración del agua en suelos arcillosos y aumenta la capacidad de retención en los suelos arenosos y determina la disponibilidad de nutrientes, influyendo por tanto positivamente en la

productividad del suelo. El pH subió de 5,7 al inicio del ensayo a 6,18 catalogándose aún como un suelo ligeramente ácido según la escala presentada anteriormente (Suquilanda, M. 2006).

La M.O. y el pH son dos indicadores de la calidad física, química y biológica del suelo. El conservar e incorporar los restos vegetales, ayuda a mejorar las características físicas, químicas y biológicas del suelo (Monar, C. 2012. Comunicación personal).

4.2.2. Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), relación C/N, conductibilidad eléctrica, (Ca), (Mg), (K) y bases totales

Cuadro. 10 Relación C/N, CIC, CE

		INICIO DEL ENSAYO	FINAL DEL ENSAYO
	UNIDAD	**VALOR**	**VALOR**
CIC		16:1	16:1
Relación C/N		9,48	9,39
CE	mmhos /cm	0,32	0,32
Bases totales	meq/100ml	11,90	15,7

Fuente: INIAP; 2010; 2011

Mediante el análisis de suelo (Cuadro 10, Anexo 9), realizado por el Laboratorio de Suelos y Aguas del INIAP de la Estación Experimental de Santa Catalina, al inicio y al final del ensayo se determinó que la capacidad de intercambio catiónico fue de 16:1; por lo cual, se puede concluir que estos resultados está influenciados por el contenido en arcillas y materia orgánica presente en el suelo. Las arcillas están cargadas negativamente, por lo que suelos con mayores concentraciones de arcillas exhiben capacidades de intercambio catiónico mayores y de igual manera a mayor contenido de materia orgánica en un suelo aumenta su CIC. Además de que la CIC es una de las propiedades químicas del suelo más relevantes e importantes debido a que interviene en los procesos de floculación- dispersión de

arcilla y por consiguiente en el desarrollo de la estructura y estabilidad de los agregados y determina el papel del suelo como depurador natural al permitir la retención de elementos contaminantes incorporados al suelo (Terranova. 1995).

Para la relación C/N se determinó un valor de 9,48 al inicio del ensayo, y con la muestra de suelo tomada al final del ensayo un valor de 9,39 teniendo en cuenta que la relación C/N está determinado por el grado de mineralización de la materia orgánica que existe en el suelo, así como el tipo de humus que se encuentra en él, y que según la escala que se presentó anteriormente (Pp. 66) calificándolo como un suelo de calidad edáfica buena. Por lo tanto, cuanto menor sea el valor de la relación C/N mayor será el grado de mineralización de la materia orgánica y, por tanto, la calidad edáfica será superior (http://www.copersaingenieria.com/home.htm).

Finalmente se obtuvo una conductibilidad eléctrica de 0,32 mmhos /cm, al inicio y al final del ensayo; es decir, que la transmisión de corriente eléctrica en el ciclo del cultivo fue la misma al inicio como al final del ensayo y que no dependió de ningún factor como la movilidad de los iones presentes y de la viscosidad del medio.

Por último, se pudo determinar una cantidad de 11,90 meq/100ml de bases totales al inicio del ensayo y 15,7 meq/100ml de bases totales al final del ensayo, lo cual hace referencia a la cantidad de iones hidroxilo (OH) presentes en un medio; es decir, es la cantidad relativa de bases intercambiables absorbidos en el complejo coloidal.

En los suelos agrícolas se produce el empobrecimiento de las bases a causa de los cultivos por causas como la respiración de los microorganismos y la transformación de la materia orgánica ocasionando el agotamiento de la capacidad amortiguadora del suelo (Cuadro 10, Anexo 9) (http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/$webindex/EEF13C22C2433D9186256A79005219DA/$file/IA+COM+4-3.pdf).

Cuadro 11. (Ca), (Mg) , (K)

		INICIO DEL ENSAYO	FINAL DEL ENSAYO
ELEMENTO	**UNIDAD**	**VALOR**	**VALOR**
Ca	meq/100ml	12,10	11,60
Mg	meq/100ml	3,79	3.30
K	meq/100ml	0,96	0,76

Fuente: INIAP 2010, 2011.

En lo referente al (Ca) mediante el análisis de suelo realizados por el Laboratorio de Suelos y Aguas del INIAP (EESC) (Cuadro 11; Anexo 9) se redujo en 0,50 meq/100ml, en el (Mg) notamos un incremento de 0,49 meq/100ml y en el (K) 0,20 meq/100ml . El (Ca) intercambiable es el catión mayoritario entre las bases intercambiables, su contenido depende del material parental y del contenido de arcilla y materia orgánica del suelo, este elemento contribuye en el crecimiento del sistema radicular y del tallo, además el (Ca) es un constituyente de la pared celular (función estructural), regula la permeabilidad de las membranas. Es esencial para la elongación de las células en los puntos de crecimiento y cumple funciones osmóticas.

El (Mg), está relacionado con la formación de aceites y grasas a más de ser el principal elemento en la conformación de la clorofila siendo de esta manera fundamental en la fotosíntesis y dando el color verde a las hojas.

El (K) es considerado uno de los nutrientes primarios que ayuda a regular el contenido de agua por las plantas haciéndolas más resistentes a las sequías a más de ayudar en la formación de azúcares, almidones y aceites en las plantas. (http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/$webindex/EEF13C22C2433D9186256A79005219DA/$file/IA+COM+4-3.pdf).

Los contenidos de cationes en suelos naturales dependen fundamentalmente del material de origen y de los procesos de meteorización y lixiviación. Los minerales primarios y secundarios son fuentes de cationes para las plantas en el largo plazo,

las fuentes para las plantas en el corto plazo son cationes intercambiables y en la solución del suelo, si bien estos cationes se encuentran en forma hidratada, en general nos referimos a ellos como iones: Ca^{2+} ; Mg^{2+} ; K^{+} ; Na^{+} (http://edafologia.fcien.edu.uy/archivos/Reaccion%20del%20suelo.pdf).

Esta reducción en general de macro y micronutrientes en el suelo es normal, pues el cultivo al existir indicadores de física y química de suelos y condiciones bioclimáticas favorables para el cultivo, a través de los procesos fisiológicos y químicos extrajo estos nutrientes, mismos que se distribuyeron en los restos vegetales de las plantas, la tusa, el grano y las brácteas (Monar, C. 2012. Comunicación personal).

4.3 Variables Agronómicas (Resumen del análisis de varianza (ADEVA) en las variables:

4.3.1 Contenido de (N) en el grano, tusa, brácteas, residuos y NTotal en el suelo en Kg/ha

Cuadro 12. Resultados del Análisis de varianza en las variables: Contenido de (N) grano, Contenido de (N) tusa, Contenido de (N) residuos, Contenido de (N) brácteas y Contenido de (N) total planta en Kg/ha

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrados Medios				
TOTAL	71	**Ngrano Kg/ha**	**Ntusa Kg/ha**	**Nresiduos Kg/ha**	**Nbracteas Kg/ha**	**NTotal planta Kg/ha**
BLOQUES	2	1224,39**	2,92**	1,86**	1,34**	1286,80**
FACTORA(cepas de Azospirillum spp)	3	1014,43**	8,78**	3,13**	1,14**	950,33**
FACTOR B (métodos de inoculación)	1	1754,29**	1,39*	0,11^{ns}	0,19^{ns}	1942,72**
FACTOR C (fertilizaciones)	2	6900,48**	1,51**	7,79**	1,09*	7561,85**
Fac.A x Fac. B (cepas de Azospirillum spp. x Métodos de inoculación)	3	307,78**	2,39**	0,33^{ns}	0,61^{ns}	343,50**
Fac. A x Fac. C (cepas de Azospirillum spp. x Fertilizaciones)	6	365,00**	1,79**	1,32**	1,81**	414,01**
Fac. B x Fac. C (métodos de inoculación x Fertilizaciones)	2	1320,94**	5,60**	0,31 ^{ns}	1,28**	1182,10**
Fac. A x Fac. B x Fac. C	6	634,53**	1,21**	1,34**	1,62**	633,38**
ERROR EXP.	46	53.30	0,19	0,31	0,25	54,46
Promedio general:		73,6	2,3	2,7	2,8	81,3
TOTAL	71					
Coeficiente de variación (%):		9,92	19,36	20,63	18,10	9,08

NS = No significativo.
*** = Significativo al 5%.**
**** = Altamente Significativo al 1%.**

Al realizar el Análisis de Varianza, Cuadro 12. para las variables (N) en el grano, (N) en la tusa y (N) total de la planta en Kg/ha , se obtuvo diferencias significativas y altamente significativas para todas las fuentes de variación evaluadas.

Para (N) en Residuos (Nr) y (N) en las Brácteas (Nb) en Kg/ha, tuvieron respuestas similares (ns) para el factor B (Métodos de inoculación) e interacción A x B (Cepas de **Azospirillum spp**. x Métodos de inoculación). También fue (ns) la interacción B x C (Métodos de inoculación x Fertilizaciones) en (Nr). Para el resto de factores principales e interacciones fue diferente en las variables Nresiduos y Nbrácteas Cuadro 12.

Cuadro 13. Promedios y Tukey al 5 % del factor A (cepas de **Azospirillum spp.)** para las variables: Contenido de (N) grano, Contenido de (N) tusa, Contenido de (N) residuos, Contenido de (N) brácteas y Contenido de (N) total planta en Kg/ha,

Promedios y Rangos de significación							
Cód.	**Identificación**	**Procedencia**	**Ngrano Kg/ha**	**Ntusa Kg/ha**	**Nresiduos Kg/ha**	**Nbracteas Kg/ha**	**NTotal planta Kg/ha**
A1	**A. lipoferum**	C3-Tungurahua, Píllaro, Emilio Terán, Capulicito	76,21 **A**	1,56 **C**	2,55 **B**	2,44 **B**	82,78 **A**
A2	**Azospirillum spp.**	C2-Bolívar, Guaranda, Veintimilla, Laguacoto 2	78,72 **A**	2,06 **B**	2,48 **B**	2,93 **A**	86,28 **A**
A3	**Azospirillum spp.**	C4-Chimborazo, Alausí, Sibambe, Cochapamba	76,98 **A**	2,28 **B**	3,31 **A**	2,99 **A**	85,44 **A**
A4	**Mezcla (cepas 2-3-4-)**	C5 Mezcla (cepas 2-3-4-)	62,44 **B**	3,22 **A**	2,41 **B**	2,69 A**B**	70,61 **B**

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

Tukey al 5 %, Cuadro 13, para el factor A (cepas de **Azospirillum spp.**), para las variables Contenido de (N) en el grano (Ng) y Contenido de (N) total de las plantas (NTP) en Kg/ha, se observó A2 (cepa2-Bolívar) presentó los mejores promedios con 78,72 Kg/ha de Ng y 86,28 Kg/ha de NTP.

Mientras que para las variables Contenido de (N) en Residuos (Nr) en Kg/ha y Contenido de (N) en brácteas en Kg/ha, los promedios más altos se encontraron en A3 (cepa4-Sibambe) con 3,31 de Nr en Kg/ha y 2,99 de Nb en Kg/ha. Para la

variable contenido de (N) en la tusa se registró el promedio más alto en A4 (cepa5-mezcla 2+3+4) con 3,22 de Nt en Kg/ha.

Estos resultados dependieron del tipo de cepa de **Azospirillum spp.** con la que se trabajó, debido a que la A2 (cepa 2-Bolívar), al ser nativa de la zona presento una mejor adaptabilidad al ambiente rizosférico logrando una mayor población de UFC/ggs obteniendo de esta manera incrementos en el contenido de nitrógeno total de las plantas inoculadas respecto a las no inoculadas. Además el AIA producido por las bacterias puede modificar el contenido de fitohormonas de las plantas conduciendo a la estimulación del crecimiento de las mismas (Thuler, D. et, al. 2003).

Finalmente de acuerdo al NTotal en las plantas, se puede observar que la cepa más eficiente fue A2 (cepa2-Bolívar) con un contenido de 86,28 de (N) en Kg/ha lo que está relacionada con la cantidad y calidad del rendimiento en choclo y en maíz seco. De acuerdo a los resultados de contenido de NTotal de las plantas de maíz fueron más eficientes las cepas de cada procedencia en comparación a la mezcla de las tres procedencias, quizá porque haya un poco de antagonismo entre las mismas Cuadro 13.

Cuadro 14. Promedios y Tukey al 5 % del factor B (Métodos de inoculación) para las variables : Contenido de (N) grano, Contenido de (N) tusa, Contenido de (N) residuos, Contenido de (N) brácteas y Contenido de (N) total planta en Kg/ha.

Promedios y Rangos de significación				
Código	**Descripción**	**Ngrano Kg/ha**	**Ntusa Kg/ha**	**NTotal planta Kg/ha**
B1	Método de inoculación sólida	68,65 **B**	2,14 **B**	76,08 **B**
B2	Método de inoculación líquida	78,53 **A**	2,42 **A**	86,47 **A**

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

Al realizar Tukey al 5 % para el factor B, se pudo determinar con respecto a las variables que presentaron significancia estadística como son: Contenido de (N) en grano, en tusa y (N) total de la planta el método de inoculación líquida obtuvo

una mejor respuesta obteniendo promedios de 78,53 Kg/ha de Ng; 2,42 Kg/ha de Nt y 86,47 Kg/ha de NTPlanta Cuadro 14. Quizá esta respuesta diferente se debe a que las bacterias de **Azospirillum spp.** son más eficientes en un medio líquido, facilitando los procesos fisiológicos y químicos de la fijación biológica de (N).

Cuadro 15. Promedios y Tukey al 5 % del factor C (fertilizaciones) para las variables : Contenido de (N) grano, Contenido de (N) tusa, Contenido de (N) residuos, Contenido de (N) brácteas y Contenido de(N) total planta en Kg/ha.

Promedios y Rangos de significación						
Código	**Descripción**	**Ngrano Kg/ha**	**Ntusa Kg/ha**	**Nresiduos Kg/ha**	**Nbracteas Kg/ha**	**NTotal planta Kg/ha**
C1	Fertilización inorgánica completa (100%)	86,78 **A**	2,54 **A**	2,82 **A**	2,87 **AB**	94,92 **A**
C2	Fertilización inorgánica media (50%)	79,53 **B**	2,04 **B**	3,18 **A**	2,91 **A**	87,71 **B**
C3	Sin Fertilización (0%)	54,46 **C**	2,25 A**B**	2,06 **B**	2,52 **B**	61,21 **C**

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

En las variables Ngrano y Ntotal se evaluó una respuesta de tipo lineal positiva es decir a mayor dosis de (N), mayor fue el contenido de Ngrano y Ntotal en la planta. Esto quiere decir que el maíz INIAP-111 respondió a las dosis de (N) evaluadas de 55 y 110 Kg/ha.

Al realizar la prueba de Tukey al 5 %, para el factor C (fertilizaciones), para las variables: Contenido de (N) en el grano, en la tusa y (N) total de la planta en Kg/ha, se observó el mayor promedio en C1 (fertilización inorgánica completa al 100 %) con 86,78 de Ng en Kg/ha, 2,54 Nt en Kg/ha y 94,92 NTPlanta en Kg/ha Cuadro 15. Esta respuesta se puede atribuir a que el (N) el principal nutrimento para el desarrollo del cultivo de maíz, debido a que actúa en forma específica en los procesos metabólicos de las plantas además de afectar a todos los parámetros que contribuyen al rendimiento del cultivo; por ello, el uso de fertilizantes nitrogenados (urea) resulta imprescindible para el mantenimiento de altos rendimientos en las cosechas (Witt, C. 2002).

Tukey al 5 %, para el factor C (fertilizaciones), para las variables (N) en residuos y en brácteas en Kg/ha se presentaron los promedios más altos en C2 (fertilización inorgánica media al 50%) con 3,18 de Nr en Kg/ha y 2,91 Nb en Kg/ha Cuadro 15. Mediante varios estudios realizados en la provincia Bolívar, se logró determinar que el cultivo de maíz remueve (N) del suelo, y debido a factores climáticos como la temperatura y humedad este nutriente tiende a perderse por volatización y lixiviación convirtiéndose el (N) de esta manera en el nutriente que más limita la producción del cultivo de maíz. Además estos resultados se atribuyen a que las plantas fertilizadas con el 100 %, eran más suculentas que las plantas fertilizadas con el 50%, por lo que, son más sensibles a la desecación y estrés por falta de agua, repercutiendo de esta manera la absorción de nitrógeno (Ramírez, M. 2004).

Por tal razón, y al conocer las etapas fisiológicas de mayor sensibilidad al estrés por falta de (N) en el maíz variedad INIAP-111 (Guagal Mejorado), es necesario fraccionar la aplicación de este nutriente para garantizar la eficiencia de la utilización y alcanzar altos rendimientos del cultivo. Finalmente, un manejo adecuado de los residuos es una buena aportación de nutrientes para el cultivo (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. 2007).

Cuadro 16. Promedios y Tukey al 5 % para la interacción A x B (cepas de **Azospirillum spp.** x Métodos de inoculación) para las variables : Contenido de (N) grano, Contenido de (N) tusa, Contenido de (N) residuos, Contenido de (N) brácteas y Contenido de(N) total plantaen Kg/ha.

Promedios y Rangos de significación				
Código	**Descripción**	**Ngrano Kg/ha**	**Ntusa Kg/ha**	**NTotal planta Kg/ha**
A1B1	C3- Tungurahua + Método de inoculación sólida	73,18 **BC**	1,78 **CD**	79,67 **BC**
A1B2	C3- Tungurahua + Método de inoculación líquida	79,24 **AB**	1,33 **E**	85,89 **AB**
A2B1	C2-Bolívar + Método de inoculación sólida	69,71 **BC**	1,44 **E**	76,44 **BC**
A2B2	C2-Bolívar + Método de inoculación líquida	87,73 **A**	2,67 **BC**	96,11 **A**
A3B1	C4-Sibambe + Método de inoculación sólida	69,34 **BC**	2,33 **CD**	77,78 **BC**
A3B2	C4-Sibambe + Método de inoculación líquida	84,62 **A**	2,22 **CD**	93,11 **A**
A4B1	C5-Mezcla + Método de inoculación sólida	62,38 **C**	3,00 **AB**	70,44 **C**
A4B2	C5-Mezcla + Método de inoculación líquida	62,50 **C**	3,44 **A**	70,78 **C**

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

Al realizar Tukey al 5 % para las variables que presentaron significancia estadística en cuanto a la interacción A x B (cepas de **Azospirillum spp. x** métodos de inoculación), se pudo observar que para las variables: Contenido de (N) en el grano y Contenido de (N) total en la planta los promedios más altos se ubicaron en la interacción A2B2 (C2-Bolívar + Método de inoculación líquida) con 87,73 de Ng en Kg/ha y 96,11 de NTPlanta en Kg/ha. Mientras que para la variable Contenido de (N) en la tusa el promedio más alto se registró en A4B2 (C5-Mezcla + Método de inoculación líquida) con 3,44 de Nt en Kg/ha Cuadro 16.

Quizá estos resultados se deben a la capacidad que presentan las bacterias de **Azospirillum spp.** de realizar la fijación biológica de (N) atmosférico y mediante el ciclo del Nitrógeno transformarlo en Amoniaco para las plantas, mediante la ayuda de una enzima denominada nitrogenaza y mas la aplicación de una dosis adecuada de fertilizante químico se logró mejorar la formación de proteínas y el crecimiento celular, acelerando de esta manera el crecimiento de las plantas.

Cuadro 17. Promedios y Tukey al 5 % del factor A x C (cepas de **Azospirillum spp**. x fertilizaciones*)* para las variables: Contenido de (N) grano, Contenido de(N) tusa, Contenido de (N) residuos, Contenido de (N) brácteas y Contenido de (N) total planta en Kg/ha.

Promedios y Rangos de significación							
Cód.	**Identificación**		**Ngrano Kg/ha**	**Ntusa Kg/ha**	**Nresiduos Kg/ha**	**Nbracteas Kg/ha**	**NTotal planta Kg/ha**
1	A1C1	C3 Tungurahua +Fertilización completa (100%)	94,45 **AB**	2,17 **BCD**	2,68 **AB**	2,67 **BC**	102,00 **AB**
2	A1C2	C3 Tungurahua +Fertilización media (50%)	74,28 **DE**	1,50 **DE**	3,42 **A**	2,23 **C**	81,50 **CD**
3	A1C3	C3 Tungurahua + Fertilización (0%)	59,90 **EF**	1,00 **E**	1,55 **C**	1,43 **C**	64,83 **E**
7	A2C1	C2Bolívar Sólido+Fertilización Completa (100%)	82,02 **BCD**	2,00 **CD**	3,10 **AB**	2,58 **C**	89,67 **BC**
8	A2C2	C2 Bolívar + Fertilización media (50%)	91,08 **ABC**	1,50 **DE**	2,87 **AB**	3,88 **A**	99,50 **AB**
9	A2 C3	C2 Bolívar + Fertilización (0%)	63,07 **EF**	2,67 **ABC**	1,48 **C**	2,33 **C**	69,67 **DE**
13	A3 C1	C4 Simbambe + Fertilización completa (100%)	97,65 **A**	3,00 **AB**	3,43 **A**	3,60 **AB**	107,67 **A**
14	A3C2	C4 Simbambe + Fertilización media (50%)	79,58 **CD**	2,00 **CD**	3,45 **A**	3,57 **C**	87,50 **BC**
15	A3 C3	C4 Simbambe + Fertilización (0%)	53,72 **FG**	1,83 **CDE**	3,03 **AB**	2,82 **BC**	61,17 EF
19	A4C1	C5 (mezcla) + fertilización completa (100%)	73,00 **DE**	3,00 **A**	2,05 **BC**	2,62 **BC**	80,33 **CD**
20	A4 C2	C5 (mezcla) + fertilización media (50%)	73,15 **DE**	3,17 **A**	2.98 **AB**	2,95 **ABC**	82,33 **CD**
21	A4 C3	C5 (mezcla) + fertilización (0%)	41,17 **G**	3.50 **A**	2,18 **BC**	2,50 **C**	49,17 **F**

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

Tukey al 5 %, para la interacción A x C (cepas de **Azospirillum spp.** x fertilizaciones), para las variables: Contenido de (N) en el grano, residuos y NTotal Planta en Kg/ha los mayores promedios se presentaron en la interacción A3C1 (cepa4-Sibambe + fertilización inorgánica completa al 100 %) con 97,65 de Ng en Kg/ha, 3,43 de Nr en Kg/ha y 107,67 de NTPlanta en Kg/ha. Finalmente para las variables Contenido (N) en la Tusa en Kg/ha, el mayor promedio se presentó en A4C3 (cepa5-mezcla 2+3+4 + sin fertilización inorgánica) con 3,50 de Nt en Kg/ha. Por último para la variable Contenido de (N) en las brácteas se encontró el promedio más alto en A2C2 (cepa2–Bolívar + fertilización inorgánica media al 50 %) con 3,88 de Nb en Kg/ha Cuadro 17.

Estos resultados concuerdan con estudios realizados en otras localidades donde la inoculación con **Azospirillum spp.** además de mejorar el crecimiento de las plantas se observa un incremento en el contenido de NTotal de las plantas inoculadas. Además el Ácido Indol Acético (AIA) producido por las bacterias puede modificar el contenido de fitohormonas de las plantas conduciendo a la estimulación del crecimiento de las mismas (Thuler, D. et, al. 2003).

Cuadro 18. Promedios y Tukey al 5 % para la interacción B x C (Métodos de inoculación x Fertilizaciones) para las variables : Contenido de (N) grano, Contenido de (N) tusa, Contenido de (N) residuos, Contenido de (N) brácteas y Contenido de (N) total planta en Kg/ha,

Promedios y Rangos de significación				
Código	**Descripción**	**Ngrano Kg/ha**	**Ntusa Kg/ha**	**NTotal planta Kg/ha**
B1C1	Método de inoculación sólida + Fertilización inorgánica completa al 100%	79,95 **B**	2,92 **A**	88,67 **B**
B1C2	Método de inoculación líquida + Fertilización inorgánica media al 50%	68,30 **C**	1,83 **BC**	76,08 **C**
B1C3	Método de inoculación sólida + Sin fertilización inorgánica	57,71 **D**	1,67 **C**	63,50 **D**
B2C1	Método de inoculación líquida + Fertilización inorgánica completa al 100%	78,53 **A**	2,17 **BC**	101,17 **A**
B2C2	Método de inoculación sólida + Fertilización inorgánica media al50%	90,75 **A**	2,25 **B**	99,33 **A**
B2C3	Método de inoculación líquida + Sin fertilización inorgánica	51,22 **D**	2,83 **A**	58,92 **D**

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

Tukey al 5 % para la interacción B x C (Métodos de inoculación + fertilizaciones) Cuadro 18, se pudo determinar con respecto a las variables que presentaron significancia estadística como son : Contenido de (N) en grano el mayor promedio en B2C2 (Método de inoculación sólida + Fertilización inorgánica media al 50%) con 90,75 de Ng en Kg/ha.

Para la variable Contenido de (N) en la tusa el mayor promedio se ubicó en B1C1 (Método de inoculación sólida + Fertilización inorgánica completa al 100%) con 2,92 de Nt en Kg/ha , finalmente para la variable Contenido de NTPlanta el mayor promedio se registró en B2C1 (Método de inoculación líquida + Fertilización inorgánica completa al 100%) con 101,17 de NTPlanta en Kg/ha. En lo que se refiere a la influencia de **Azospirillum spp.** sobre la absorción de (N) por las plantas, se debe destacar que poseen la enzima nitrato-reductasa que es responsable por la reducción del nitrato a nitrito, favoreciendo la absorción y asimilación del $N\text{-}NO_3$ del suelo por las plantas. Aumentando significativamente el crecimiento vegetal, la acumulación de (N), y principalmente la eficiencia de la fertilización inorgánica (Witt, C. 2002).

Finalmente, se puede decir, que la aplicación de dosis adecuadas de fertilizantes inorgánicos nitrogenados (urea) más la inoculación bacteriana independientemente del método (sólido o líquido) puede aumentar los rendimientos de los cultivos.

Cuadro19. Promedios y Tukey al 5 % para la interacción A x B xC (cepas de **Azospirillum spp**. x métodos de inoculación x fertilizaciones*)* para las variables: Contenido de (N) grano, Contenido de (N) tusa, Contenido de (N) residuos, Contenido de (N) brácteas y Contenido de (N) total planta en Kg/ha.

Promedios y Rangos de significación							
Código	**Identificación**		**Ngrano Kg/ha**	**Ntusa Kg/ha**	**Nresiduos Kg/ha**	**Nbracteas Kg/ha**	**NTotal planta Kg/ha**
1	A1B1C1	C3 Tungurahua + método sólido + Fertilización completa (100%)	100,57 **AB**	3,33 **ABC**	2,77 **ABCDEFG**	3,20 **ABC**	110,00 **A**
2	A1B1C2	C3 Tungurahua + método sólido+Fertilización media (50%)	58,50 **FGH**	1,00 **F**	3,60 **ABC**	1,57 **D**	64,67 **FGH**
3	A1 B1C3	C3 Tungurahua + método Sólido + Fertilización (0%)	60,47 **EFGH**	1,00 **F**	1,40 **FG**	1,70 **CD**	64,33 **FGH**
4	A1 B2C1	C3 Tungurahua + método liquido + fertilización completa (100%)	88,33 **BCD**	1,00 **F**	2,60 **BCDEFG**	2,13 **BCD**	94,00 **BCD**
5	A1 B2C2	C3 Tungurahua + método liquido +Fertilización media (50%)	90,07 **BCD**	2,00 **CDEF**	3,23, **ABCDE**	2,90 **ABCD**	98,33 **BCD**
6	A1 B2C3	C3 Tungurahua + método liquido + fertilización (0%)	59,33 **FGH**	1,00 **F**	1,70 **EFG**	3,17 **ABC**	65,33 **EFGH**
7	A2 B1C1	C2 Bolívar + método Sólido + Fertilización Completa (100%)	70,10 **DEFGH**	2,00 **CDEF**	2,73 **ABCDEFG**	2,93 **ABCD**	77,67 **CDEFG**
8	A2 B1C2	C2 Bolívar + método Sólido + Fertilización media (50%)	81,10**BCDEF**	1,67 **F**	2,60 **BCDEFG**	3,33 **AB**	88,33 **BCDE**
9	A2 B1C3	C2 Bolívar + método Sólido + Fertilización (0%)	57,93 **GH**	1,33 **EF**	1,80 **DEFG**	2,23 **BCD**	63,33 **FGH**
10	A2 B2C1	C2 Bolívar + método liquido + Fertilización completa (100%)	93,93 **BC**	2,00 **CDEF**	3,47 **ABCD**	2,23 **BCD**	101,67 **BC**
11	A2 B2C2	C2 Bolívar + método líquido +Fertilización media (50%)	101,07 **AB**	2,00 **CDEF**	3,13 **ABCDEF**	4,43 **A**	110,67 **AB**
12	A2 B2C3	C2 Bolívar + método líquido +fertilización (0%)	68,20 **DEFGH**	4,00 **AB**	1,17 **G**	2,43 **BCD**	76,00 **DEFGH**
13	A3 B1C1	C4 Simbambe + método sólido + Fertilización completa (100%)	75,63 **CDEFG**	3,33 **ABC**	3,80 **AB**	3,67 **AB**	86,33 **CDEF**
14	A3 B1C2	C4 Simbambe + método sólido+ Fertilización media (50%)	75,97 **CDEFG**	2,00 **CDEF**	2,47 **BCEDFG**	2,70 **BCD**	83,33 **CDEFG**
15	A3 B1C3	C4 Simbambe+ método Sólido+ Fertilización (0%)	56,43 **GH**	1,67 **CDE**	3,07 **ABCEDF**	3,00 **ABCD**	63,67 **FGH**
16	A3 B2C1	C4 Simbambe +método líquido + Fertilización completa (100%)	119.67 **A**	2,67 **BCDE**	3,07 **ABCEDF**	3,53 **AB**	129,00 **A**

17	A3 B2 C2	C4 Simbambe + método Líquido + Fertilización media (50%)	83,20 **BCDE**	2,00 **CDEF**	4,43 **A**	2,43 **BCD**	91,67 **BCD**
18	A3 B2 C3	C4 Simbambe + método Líquido + Fertilización (0%)	51,00 **GH**	2,00 **CDEF**	3,00 **ABCDEF**	2,63 **BCD**	58,67 **HI**
19	A4 B1 C1	C5 (mezcla) + medio Sólido + fertilización completa (100%)	73,50 **CDEFGH**	3,00 **ABCD**	2,10 **BCDEFG**	2,47 **BCD**	80,67 **CDEFGH**
20	A4 B1 C2	C5 (mezcla) + medio Sólido + fertilización media (50%)	57,63 **GH**	3,33 **ABC**	3,37 **ABCDE**	363 **AB**	68,00 **EFGH**
21	A4 B1 C3	C5 (mezcla) + método Sólido + fertilización (0%)	56,00 **GH**	2,67 **BCDE**	2,07 **BCDEFG**	2,13 **BCD**	62,67 **GH**
22	A4 B2 C1	C5 (mezcla) + método Líquido + fertilización completa (100%)	72,50 **CDEFGH**	3,00 **ABCD**	2,00 **CDEFG**	2,77 **BCD**	80,00 **CDEFGH**
23	A4 B2 C2	C5 (mezcla) + medio Líquido + fertilización media (50%)	88,67 **BCD**	3,00 **ABCD**	2,60 **BCDEFG**	2,27 **BCD**	96,67 **BCD**
24	A4 B2 C3	C5 (mezcla) + método Líquido + fertilización (0%)	26,33 **H**	4,33 **A**	2,30 **BCDEFG**	2,87 **ABCD**	35,67 **I**

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

Al realizar Tukey al 5 % para la interacción A x B x C (cepas de **Azospirillum spp**. x métodos de inoculación x fertilizaciones), en cuanto a las variables Contenido de (N) en el grano y planta el promedio más alto en A3B2C1 (cepa4 Simbambe +método líquido + Fertilización completa al 100%) con 119,67 de Ng en Kg/ha y 129,00 de NTPlanta en Kg/ha Cuadro 19.

Para la variable Contenido de (N) en la tusa el promedio más alto se registró en A4B2C3 (C5-mezcla 2+3+4 + método Líquido + sin fertilización inorgánica) con 4,33 de Nt en Kg/ha, mientras que para la variable Contenido de (N) en residuos el promedio más alto se evaluó en A3B2C2 (cepa4-Simbambe + método Líquido + Fertilización media al 50%) con 4,43 de Nr en Kg/ha. Finalmente para el Contenido de (N) en las brácteas el promedio más alto se determinó en A2B2B2 (cepa2- Bolívar + método líquido +Fertilización media al 50%) con 4,43 de Nb en Kg/ha Cuadro 19.

El (N) es uno de los elementos más importantes para el desarrollo de los cultivos en general; ya que, es fundamental para formar los órganos y reproductivos de las plantas, además fomenta el crecimiento rápido de estas y aumenta el contenido de proteínas de las plantas, finalmente es una parte esencial de los aminoácidos ; por tal razón y mediante la Fijación Biológica de Nitrógeno; la cual, es responsable de la mayor parte del proceso de conversión del nitrógeno que se produce por la acción de bacterias libres fijadoras del nitrógeno este es fijado en forma de amoníaco y nitratos para ser absorbido directamente por las plantas e incorporado a sus tejidos en forma de proteínas vegetales (Witt, C. 2002).

4.3.2. Contenido de NH4 del suelo, N-NO3 del suelo , NTotal en el suelo en Kg/ha y Porcentaje de materia seca (PMS).

Cuadro 20. Análisis de varianza para las variables: Contenido de NH4 en el suelo Kg/ha, Contenido de N-N03 en el suelo Kg/ha , Contenido de NTotal suelo Kg/ha y Porcentaje de Materia seca en la planta.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrados Medios			
TOTAL	71	**NH4 en el suelo**	**N-NO3 en el suelo**	**NTotal en el suelo**	**Porcentaje de Materia seca planta**
BLOQUES	2	1144,24^{ns}	767,76^{ns}	2234,2^{ns}	27,94^{ns}
FACTORA(cepas de Azospirillumspp)	3	3114,54^{ns}	796,20^{ns}	3388,00	78,16*
FACTOR B (métodos de inoculación)	1	408,98	519,39	6,30	1,13^{ns}
FACTOR C (fertilizaciones)	2	203,28^{ns}	794,99^{ns}	1729,90^{ns}	25,10^{ns}
Fac.A x Fac. B (cepas de Azospirillum spp. x Métodos de inoculación)	3	1088,19^{ns}	327,74^{ns}	1527,41^{ns}	26,72^{ns}
Fac. A x Fac. C (cepas de Azospirillum spp. x Fertilizaciones)	6	958,32^{ns}	1190,70^{ns}	4074,94^{ns}	9,52^{ns}
Fac. B x Fac. C (métodos de inoculación x Fertilizaciones)	2	1556,06^{ns}	274,89^{ns}	897,85^{ns}	20,79^{ns}
Fac. A x Fac. B x Fac. C	6	671,95^{ns}	747,22^{ns}	1155,08^{ns}	29,66^{ns}
ERROR EXP.	46	0,00	0,00	0,00	23,03^{ns}
Promedio general:		72,05	21,18	93,22	28,2
TOTAL	71				
Coeficiente de variación (%):		6,0E-07	1,9E-06	6,9E-07	16,98

NS = No significativo.
*** = Significativo al 5%.**
**** = Altamente Significativo al 1%.**

Al realizar el Análisis de Varianza, Cuadro 20, para las variables: Contenido de NH4 del suelo en Kg/ha, Contenido de N-NO3 del suelo en Kg/ha y Contenido de NTotal del suelo en Kg/ha no se registró significancias estadísticas en ninguna de las fuentes de variación evaluadas. Sin embargo se presentan promedios generales de 72,0 Kg/ha de NH4 en el suelo y un coeficiente de variación de 6,0E-07 %; 21,18 7Kg/ha de N-NO3 en el suelo con un coeficiente de variación de 1,9E-06% y 93,22 Ntotal suelo en Kg/ha y un coeficiente de variación de 6,9E-07 %.

La mayor parte del (N) del suelo se encuentra en formas orgánicas y presumiblemente se ha acumulado a partir de la forma elemental de la atmósfera por distintos procesos de fijación, de los cuales el más importante es de naturaleza biológica. Por otro lado, el desarrollo de los cultivos está limitado, más a menudo, por la insuficiencia de nitrógeno que por la de cualquier otro nutriente. La capa arable de la mayoría de los suelos cultivados contiene entre 0,02 y 0.4 % de nitrógeno total. Este elemento aparece en forma inorgánica como óxido nitroso (N_2O), óxido nítrico (NO), dióxido de nitrógeno (NO_2), amoniaco (NH_3) y en formas iónicas como amonio (NH4), nitrito (NO_2) y nitratos (N-NO3), en donde los nitratos aparecen casi exclusivamente como iones libremente difusibles en el suelo y la mayor parte de amonio aparece en formas cambiables y no cambiables, solo una pequeña parte se encuentra en forma iónica en la solución del suelo (Dominguez, A. 1967).

La importancia de los N-NO3 (nitratos) y NH4 (amonio) radica en que son las formas en que las raíces de las plantas absorben (N), estos compuestos resultan de una serie compleja de reacciones bioquímicas con un alto costo energético (Ciclo del nitrógeno) (Pereyra, M. 2001). Las plantas pueden utilizar ambas formas de absorción (amonio o nitratos), aunque algunas presenten una ligera preferencia por una u otra forma; es decir, que el consumo del (N) sea principalmente como forma de amonio o nitrato depende principalmente del medio que condiciona la existencia relativa de ambos (Dominguez, A. 1967).

Mientras que para la variable Porcentaje de Materia seca Cuadro 20. Se pudo observar un promedio general de 28.2 % de Materia seca y un coeficiente de variación de 16,98 %. En el mismo cuadro se puede observar que existe una significación estadística para el factor A (cepas de **Azospirillum spp.**) mientras que para el resto de fuentes de variación evaluadas no se presento ninguna significación estadística.

Cuadro 21.- Promedios y Tukey al 5 % del factor A (cepas de **Azospirillum spp.)** para la variable: Porcentaje de Materia seca en la planta.

Promedios y Rangos de significación			
Código	**Identificación**	**Procedencia**	**Materia seca planta**
A1	**A. lipoferum**	C3-Tungurahua, Píllaro, Emilio Terán, Capulicito	31,17 **A**
A2	**Azospirillum** spp.	C2-Bolívar, Guaranda, Veintimilla, Laguacoto 2	28,39 **AB**
A3	**Azospirillum** spp.	C4-Chimborazo, Alausí, Sibambe, Cochapamba	26,78 **B**
A4	Mezcla (cepas 2-3-4-)	C5 Mezcla (cepas 2-3-4-)	26,72 **B**

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

Para las variables: Determinación de NH4 del suelo en Kg/ha, Determinación de N-NO3 del suelo en Kg/ha, Determinación de NTotal del suelo en Kg/ha, no se realizó la prueba de Tukey al 5 % para ningún factor e interacción debido a que no se presentaron significancias estadísticas.

Tukey al 5 % para la variable Porcentaje de Materia seca Cuadro 21, para el factor A (cepas de **Azospirillum spp**), se pudo observar el promedio más alto en A1 (cepa3-Tungurahua) con 31,17 % de Materia seca y el menor promedio se observa en A4 (cepa5-mezcla 2+3+4) con 26,72 % de Materia seca. La producción de Materia seca (MS) en gramos por plantas (g/pl), se incrementó con la aplicación de las diferentes cepas inoculadas en las semillas de las plantas, lo que significó un aumento del 37,17 % de Materia seca.

Estos resultados pudieron depender del tipo de cepa de **Azospirillum spp.** que se inoculó en la semilla, y teniendo en cuenta los factores climáticos y que cada una de estas cepas provienen de lugares diferentes como A1 (cepa3-Tungurahua),

proviene de un suelo con pH 6.5; A3 (cepa4-Sibambe) proviene de un suelo con pH 6.04; A2 (cepa2-Bolívar) proviene de un suelo con un pH de 5.9. (Molina, S. 2006), y A4 (cepa5-mezcla 3+2+4) es la mezcla de las tres cepas anteriores desconociendo completamente las características de esta cepa pudo tener una mejor adaptabilidad a su ambiente rizosférico.

La inoculación con **Azospirillum spp** incrementa la producción de Materia seca, sin embargo este efecto puede ser benéfico en algunos casos o no significativo en otros (Dobereiner, J. et, al. 1995).

La Materia seca es la restante de la extracción del agua que contienen as plantas en estado fresco o verde. Se la realiza en laboratorios donde se utilizan hornos de ventilación forzada a temperaturas de 65ºC ó 105ºC por 24 a 48 horas, cuando la muestra alcanza un peso constante y se lo representa en Kg de materia seca por Ha o en porcentaje. La materia seca de las plantas y de todo alimento se compone de una parte inorgánica como (minerales y sílice) y una parte orgánica (Almidón, celulosa, proteínas, lípidos, vitaminas y otros)

Además los efectos hormonales que **Azospirillum spp.** produce en la rizósfera o en el interior de las raíces, favorecen el crecimiento radicular de las plantas así como también la absorción de agua y nutrientes, repercutiendo positivamente en la producción vegetal (Dobereiner, J. et, al. 1995).

4.3.3. Población de Azospirillum spp. durante el ensayo

Cuadro 22. Análisis de varianza para las variables; Población de **Azospirillum spp**. UFC/gss) a la Floración masculina, Población de **Azospirillum spp**. (UFC/gss) a la cosecha en choclo y Población de **Azospirillum spp**. (UFC/gss) a la cosecha en seco

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrados Medios		
TOTAL	71	**Población de Azospirillum spp. (UFC/gss) a los DFM**	**Población de Azospirillum spp. (UFC/gss a la cosecha Choclo**	**Población de Azospirillum spp. (UFC/gss a la cosecha en Seco**
BLOQUES	2	1611684,78*	2348685990,34**	5973257,97**
FACTORA(cepas de Azospirillumspp**)**	3	5352083,33**	12706731481,48**	13893848,15**
FACTOR B (métodos de inoculación)	1	45000,00 ns	2000000,00 ns	572450,00 ns
FACTOR C (fertilizaciones)	2	4062,50 ns	612961805,56 ns	817054,17 ns
Fac.A x Fac. B (cepas de Azospirillum spp**. x Métodos de inoculación)**	3	74062,50 ns	509120370,37 ns	8087690,74**
Fac. A x Fac. C (cepas de Azospirillum spp**. x Fertilizaciones)**	6	1198645,83ns	128466550,26**	8151091,20**
Fac. B x Fac. C (métodos de inoculación x Fertilizaciones)	2	1547812,50 ns	1106510416,67*	3849554,17 ns
Fac. A x Fac. B x Fac. C	6	1159895,83ns	537214120,37 ns	2104683,80 ns
ERROR EXP.	46	803437,50	303423611,11	1519068,06
Promedio general:		3337,5	40138,89	2473,33
Coeficiente de variación (%):		26,86	43,40	49,83

NS = No significativo.
*** = Significativo al 5%.**
**** = Altamente Significativo al 1%.**

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

Primeramente debemos tener en cuenta que la determinación de la población de **Azospirillum spp.** se realizó en tres etapas diferentes del ciclo del cultivo como son: Población de **Azospirillum spp.** al inicio de la floración masculina, Población de **Azospirillum spp.** a la cosecha en choclo y Población de **Azospirillum spp.** a la cosecha en seco, para posteriormente realizar el cuadro de crecimiento de **Azospirillum spp.** Cuadro 22.

El Análisis de Varianza, para la variable Población de **Azospirillum spp.** al inicio de la floración masculina se obtuvo un promedio general de 3337,5 UFC/gss y un coeficiente de variación de 26,86 %, se pudo observar una alta significancia estadística para el factor A (cepas de **Azospirillum spp.)** mientras que el resto de fuentes de variación evaluadas no presentaron significancia estadística .

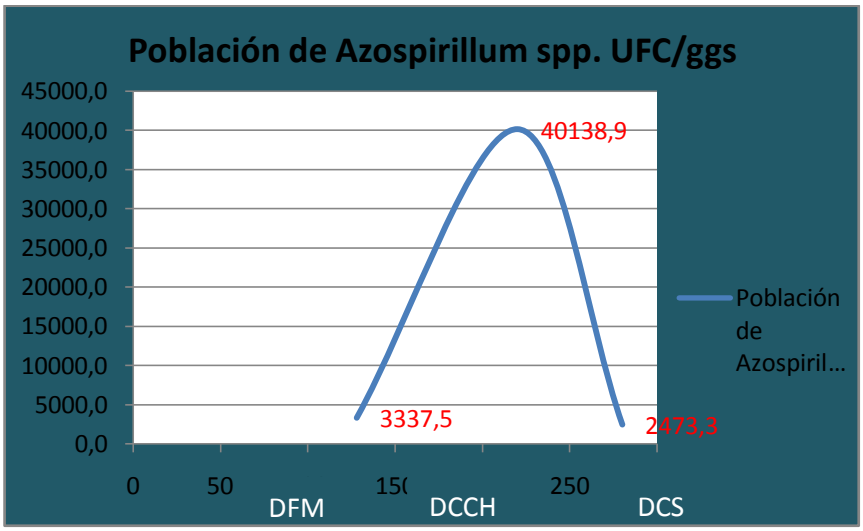
En lo concerniente a Población de **Azospirillum spp.** a la cosecha en choclo se obtuvo un promedio general de 40138,99 UFC/gss y un coeficiente de variación de 43,40 %, presentando una alta significancia estadística para el factor A (cepas de **Azospirillum spp.)** y para la interacción A x C (cepas de **Azospirillum spp.** x fertilizaciones) y una significancia estadística para la interacción B x C (Métodos de inoculación x fertilizaciones) mientras que el resto de fuentes de variación evaluadas no presentaron significancia estadística. Finalmente para Población de **Azospirillum spp.** a la cosecha en seco se calculó un promedio general de 2473,33 UFC/gss y un coeficiente de variación de 49,83 %. En el mismo cuadro se puede observar que existe una alta significación estadística para el factor A (cepas de **Azospirillum spp.)** para la interacción A x C (cepas de **Azospirillum spp.** x Fertilizaciones) y para la interacción A x B (cepas de **Azospirillum spp.** x métodos de inoculación) y sin significancia estadística para el resto de fuentes de evaluación evaluadas.

La importancia de género **Azospirillum spp.** radica en su capacidad para estimular el crecimiento de las plantas y aumentar el rendimiento de los cultivos (cereales) esto se debe gracias a su capacidad de fijadoras de nitrógeno atmosférico, producción de fitohormonas y su capacidad para adherirse a

cualquier sistema de raíces (Bashan y Holguin, 1997). Finalmente estos resultados obtenidos en lo referente a la media general de población de **Azospirillum spp.** a la cosecha en seco con 2473,33 UFC/ggs; son muy similares a resultados obtenidos en investigaciones anteriores realizas por el Departamento de Maíz del INIAP (EESC), en donde se obtuvo una población final de **Azospirillum spp.** de 2818,43 UFC/gss en la localidad de Ainche en la ciudad de Riobamba (Cool, A. 2010).

Cuadro 23. Curva de crecimiento de **Azospirillum spp.**

Fases del desarrollo	Población de Azospirillum spp. en UFC/ggs
Inicios de floración masculina	3337,5
Cosecha en choclo	40138,9
Cosecha en seco	2473,3



La curva del crecimiento bacteriano resulta de la representación gráfica de la determinación periódica del número de células viables por mililitro que existen en un líquido inoculado con células microbianas provenientes de un cultivo que ha crecido previamente hasta la saturación. Para poder explicar los resultados obtenidos hay que tener muy en cuenta el crecimiento bacteriano el cual consta de tres fases:

La primera fase hace referencia a la adaptación o fase lag de una población bacteriana a un nuevo ambiente con elevada concentración de nutrientes para su crecimiento. La segunda fase de crecimiento se denomina fase exponencial, aquí se caracteriza por el crecimiento exponencial de las células. La velocidad de crecimiento durante esta fase se conoce como la tasa de crecimiento k y el tiempo que tarda cada célula en dividirse como el tiempo de generación g. Durante esta fase, los nutrientes son metabolizados a la máxima velocidad posible, hasta que dichos nutrientes se agoten, dando paso a la siguiente fase.

La última fase se denomina fase estacionaria y se produce como consecuencia del agotamiento de los nutrientes en el medio. Aquí las células reducen drásticamente su actividad metabólica y comienzan a utilizar como fuente energética aquellas proteínas celulares no esenciales. La fase estacionaria es un período de transición desde el rápido crecimiento a un estado de respuesta a estrés, en el cual se activa la expresión de genes involucrados en la reparación del ADN, en el metabolismo antioxidante y en el transporte de nutrientes Cuadro 23 (Martin, A. 1980).

Cuadro 24. Promedios y Tukey al 5 % del factor A (cepas de **Azospirillum spp**.) para las variables: Población de**Azospirillum spp**.. (UFC/gss) a la Floración masculina, Población de **Azospirillum spp**. (UFC/gss) a la cosecha en choclo y Población de **Azospirillum spp**. (UFC/gss) a la cosecha en seco.

			Promedios y Rangos de significación		
Código	**Identificación**	**Procedencia**	**Población de Azospirillum spp. (UFC/gss) a los DFM**	**Población de Azospirillum spp. (UFC/gss) a la cosecha Choclo**	**Población de Azospirillum spp. (UFC/gss a la cosecha en Seco**
A1	**A. lipoferum**	C3-Tungurahua, Píllaro, Emilio Terán, Capulicito	3500,08 **AB**	22722,22 **C**	2757,00 **AB**
A2	**Azospirillum spp.**	C2-Bolívar, Guaranda, Veintimilla, Laguacoto 2	4000,00 **A**	78055,56 **A**	3500,00 **A**
A3	**Azospirillum spp.**	C4-Chimborazo, Alausí, Sibambe, Cochapamba	2725,00 **B**	37750,00 **B**	2219,44 **BC**
A4	**Mezcla (cepas 2-3-4-)**	C5 Mezcla (cepas 2-3-4-)	3116,67 **B**	29527,78 **BC**	1416,67 **C**

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

Al realizar la prueba de Tukey al 5 %, Cuadro 24, para el factor A (cepas de **Azospirillum spp.)** en cuanto a Población de **Azospirillum spp.** al inicio de la floración masculina, a la cosecha en choclo y a la cosecha en seco en (UFC/gss) presentó los promedios más altos A2 (cepa2-Bolívar) con 4000,00 UCF/gss, a la floración masculina, 78055,56 UCF/gss a la cosecha en choclo y 3500 UCF/gss a la cosecha en seco. Con estos resultados se observó un incremento significativo en la poblacional de **Azospirillum spp**, atribuyéndose este incremento a la acción de las cepas de **Azospirillum spp.** ya que un incremento poblacional de *estas* bacterias permiten una mayor colonización de **Azospirillum spp.** en la superficie de la raíz; mayor población local del género (Bernal, G. et, al. 2002).

Para poder determinar la población de **Azospirillum spp.** a lo largo del cultivo se tuvo que realizar el aislamiento de esta bacteria ; el cuál, resulta en lo general muy simple, ya sea a partir de suelo rizosférico o de la superficie de las raíces (rizoplano) de numerosas plantas hospederas. También se lo puede aíslar del interior de las raíces o tallos de algunas plantas. El medio de cultivo usado para el aislamiento de las especies de **Azospirillum spp.** es el NFB (nitrogen fixation biological) semigelificado, libre de nitrógeno y con malato como fuente de carbono. En este medio de cultivo son aisladas predominantemente las diferentes cepas (Caballero, J. 1998). Finalmente, con la Tabla de Mc Crady, (Anexo 3) se logró establecer el número más probable (NMP) de **Azospirillum spp.** por gramo de suelo (Pereyra, M. 2001).

Cuadro 25. Promedios y Tukey al 5 % para la interacción A x B **(cepas de Azospirillum spp. x Métodos de inoculación)** para la variable: Población de **Azospirillum spp. (**UFC/gss) a la cosecha en seco.

Promedios y Rangos de significación		
Código	**Descripción**	**Población de Azospirillum spp. (UFC/gss) a la cosecha en Seco**
A1B1	C3- Tungurahua + Método de inoculación sólida	2264,44 **BC**
A1B2	C3- Tungurahua + Método de inoculación líquida	3250,00 **AB**
A2B1	C2-Bolívar + Método de inoculación sólida	2777,78 **ABC**
A2B2	C2-Bolívar + Método de inoculación líquida	4222,22 **A**
A3B1	C4-Sibambe + Método de inoculación sólida	3000,00 **ABC**
A3B2	C4-Sibambe + Método de inoculación líquida	1438,89 **BC**
A4B1	C5-Mezcla + Método de inoculación sólida	1494,44 **BC**
A4B2	C5-Mezcla + Método de inoculación líquida	1338,89 **C**

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

Al realizar Tukey al 5 % para la variable Población dee **Azospirillum spp.** UCF/gss a la cosecha en seco, Cuadro 25. se observó tres rangos de significancia estadística ocupando el mayor promedio tenemos A2B2 (cepa2-Bolívar + Método de inoculación líquida) con 4222,22 UCF/gss a la cosecha en seco; y el menor promedio se observó en A4B2 (cepa5-mezcla 2+3+4) con 1338,89 UCF/gss a la cosecha en seco.

Azospirillum spp. posee un flagelo polar que lo utiliza para desplazarse en medios líquidos, mediante el cual migra hacia las raíces y se adhiere a la superficie radicular logrando de esta manera colonizar las raíces (Fallick, E. et. al., 1988). Y de acuerdo a los resultados químicos, físicos y biológicos obtenidos en el transcurso de este ensayo y en base a las características y procedencias de las bacterias, se puede concluir que la interacción A2B2 (cepa2-Bolívar + Método de inoculación líquida) obtuvo la mayor población de bacterias debido a que esta cepa es nativa de la zona y gracias a su flagelo polar pudo desplazarse con mayor facilidad en un medio líquido para de esta manera lograr colonizar las raíces.

Por otro lado, no se puede descartar que el número elevado de bacterias dependió también de la capacidad de estas de sobrevivir a las múltiples interacciones que se presentan con la compleja comunidad microbiana que habita en el microambiente (Caballero, J. 2001).

Cuadro 26. Promedios y Tukey al 5 % del factor A x C (cepas de **Azospirillum spp**. x fertilizaciones*)* para las variables: Población de **Azospirillum spp**. (UFC/gss) a la cosecha en choclo y Población de **Azospirillum spp**. (UFC/gss) a la cosecha en seco.

Promedios y Rangos de significación				
Código	**Identificación**		**Población de Azospirillum spp. (UFC/gss a la cosecha Choclo**	**Población de Azospirillum spp. (UFC/gss a la cosecha en Seco**
1	A1C1	C3 Tungurahua +Fertilización completa (100%)	15833,33 **D**	1941,67 **BC**
2	A1C2	C3 Tungurahua +Fertilización media (50%)	12666,67 D	2330,00 **BC**
3	A1C3	C3 Tungurahua + Fertilización (0%)	24666,67 **CD**	4000,00 **AB**
7	A2C1	C2 Bolívar Sólido + Fertilización Completa (100%)	69166,67 **B**	3000,00 **ABC**
8	A2C2	C2 Bolívar + Fertilización media (50%)	106666,67 **A**	5250,00 **A**
9	A2 C3	C2 Bolívar + Fertilización (0%)	58333,33 **BC**	2250,00 **BC**
13	A3 C1	C4 Simbambe + Fertilización completa (100%)	43583,33 **BCD**	2391,67 **BC**
14	A3C2	C4 Simbambe + Fertilización media (50%)	37750,00 **CD**	2308,33 **BC**
15	A3 C3	C4 Simbambe + Fertilización (0%)	31916,67 **CD**	1958,33 **BC**
19	A4C1	C5 (mezcla) + fertilización completa (100%)	21833,33 **D**	2233,33 **BC**
20	A4 C2	C5 (mezcla) + fertilización media (50%)	26750,00 **CD**	850,00 **C**
21	A4 C3	C5 (mezcla) + fertilización (0%)	32500,00 **CD**	1166,67 **C**

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

Tukey al 5 %, para la interacción A x C (cepas **Azospirillum spp.** x fertilizaciones), Cuadro 26, Población de **Azospirillum spp.** a la cosecha en choclo y Población de **Azospirillum spp.** a la cosecha en seco.

Población de **Azospirillum spp.** a la cosecha en choclo presentó cuatro rangos de significación estadística, ocupando el mayor promedio tenemos A2C2 (C2-Bolivar + fertilización inorgánica media al 50 %) con 106666,67 UFC/gss y en el último promedio tenemos A1C2 (cepa3-Tungurahua + fertilización inorgánica media al 50 %) con 12666,67 UFC/gss. Finalmente a la cosecha en seco Tukey al 5 %, para la interacción A x C (cepas **Azospirillum spp.** x fertilizaciones), presentó tres rangos de significación estadística, ocupando al igual que la anterior el mayor promedio A2C2 (C2-Bolivar + fertilización inorgánica media al 50 %) con 5250,00 UFC/gss y en el último promedio tenemos A1C2 (cepa + fertilización inorgánica media al 50 %) con 850,00 UFC/gss. El efecto más reportado, del uso de estas bacterias, es el incremento de asimilación de nutrientes de las plantas y reducción del uso de fertilizantes inorgánicos nitrogenados y fosforados en un 50 %; además, las bacterias ayudan a incrementar la disponibilidad de N, P, K del suelo, mejorar los caracteres productivos e incrementar la relación beneficio costo (Bashan, Y. y Holguin, G. 1997).

Existen varios factores que inciden en la adaptabilidad y eficiencia de **Azospirillum spp.** como la temperatura, el pH, la humedad, la aireación del suelo , el contenido de materia orgánica y buena capacidad de retención de agua afectan positivamente la presencia de **Azospirillum spp.** en el suelo. (Martínez, R. et, al. 1999).

Mediante los resultados obtenidos se pudo determinar que la interacción que tuvo una mejor adaptabilidad al ambiente, y registró el promedio más alto de UFC/gss durante el desarrollo del cultivo, fue la cepa A2C2 (cepa2- Bolívar + fertilización inorgánica media al 50%), esto se debe a que esta cepa es nativa de la zona, además que a pesar de ser considerada **Azospirillum spp.** una bacteria nitrificante no es su objetivo sustituir a los fertilizantes nitrogenados, sino que trabaja conjuntamente con ellos para poder asimilar de mejor manera estos

fertilizantes y lograr así disminuir las dosis de fertilización por Ha (Girard, et, al. 1964). Finalmente según los datos obtenidos de La estación meteorológica y por medio de los análisis de suelo tomados antes y después del ensayo, se puede concluir que existió condiciones favorables para lograr una buena adaptabilidad de **Azospirillum spp.** al ambiente rizosférico (Thuler, D. et, al. 2003).

Cuadro 27. Promedios y Tukey al 5 % para la interacción B x C (Métodos de inoculación x Fertilizaciones) para las variables : Población de **Azospirillum spp.** a la cosecha en choclo UFC/gss.

Promedios y Rangos de significación		
Código	**Descripción**	**Población de Azospirillum spp. a la cosecha en choclo UFC/gss**
B1C1	Método de inoculación sólida + Fertilización inorgánica completa al 100%	43166,67 **AB**
B1C2	Método de inoculación líquida + Fertilización inorgánica media al 50 %	38291,67 **AB**
B1C3	Método de inoculación sólida + Sin fertilización inorgánica	38458,33 **AB**
B2C1	Método de inoculación líquida + Fertilización inorgánica completa al 100%	32041,67 **B**
B2C2	Método de inoculación sólida + Fertilización inorgánica media al 50%	53625,00 **A**

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

Al realizar Tukey al 5 % para la interacción B x C (Métodos de inoculación x fertilizaciones) se pudo observar que existieron dos rangos de significación estadística ocupando el mayor promedio encontramos B2C2 (Método de inoculación líquida + fertilización inorgánica media al 50%) con 53625,00 UFC/gss a la cosecha en choclo Cuadro 27.

En la actualidad, existe una demanda de producción de alimentos que utilice tecnologías menos contaminantes para el ambiente, la cual incluye reducción del uso de fertilizantes químicos y búsqueda de alternativas a través de microorganismos benéficos para las plantas. Las bacterias de los géneros **Azospirillum spp.** son fijadoras de nitrógeno de vida libre que viven asociados con la rizosfera y filosfera de plantas. Logrando demostrar según investigaciones posteriores que estas bacterias incrementan el desarrollo vegetal y promueven el rendimiento de cultivos en diferentes tipos de suelos y regiones edafoclimáticas reduciendo la aplicación de los fertilizantes químicos nitrogenados (Dobereiner, J. et, al. 1985).

4.3.4. Determinación de la profundidad, porcentaje de materia seca y cantidad de raíces a la cosecha en choclo

Cuadro 28. Análisis de varianza para las variables : Profundidad de raíces, Porcentaje Materia seca de raíces y Cantidad de raíces, en el estudio de "Evaluación del biofertilizante a base de cepas de **Azospirillum spp.**

Fuentes de variación	**Grados de libertad**	**Cuadrados Medios**		
TOTAL	71	**Profundidad de raíces**	**% Materia seca raíces**	**Cantidad de raíces**
BLOQUES	2	99,72**	707,74**	2,78**
FACTORA(cepas de Azospirillumspp**)**	3	12,11**	1046,40**	1,04**
FACTOR B (métodos de inoculación)	1	13,69**	303,81*	0,89*
FACTOR C (fertilizaciones)	2	1082,49**	756,44**	24,50*
Fac.A x Fac. B (cepas de Azospirillum spp**. x Métodos de inoculación)**	3	4,78--	785,29**	0,44 ns
Fac. A x Fac. C (cepas de Azospirillum spp**. x Fertilizaciones)**	6	4,73**	867,33**	0,65**
Fac. B x Fac. C (métodos de inoculación x Fertilizaciones)	2	5,40**	310,37**	1,06**
Fac. A x Fac. B x Fac. C	6	4,16**	473,59**	1,61**
ERROR EXP.	46	0,46	44,06	0,17
Promedio general:		33,6	50,1	6,3
Coeficiente de variación (%):		2,01	13,24	6,45

NS = No significativo.
*** = Significativo al 5%.**
**** = Altamente Significativo al 1%.**

Al realizar el Análisis de Varianza, Cuadro 28, para la variable Profundidad de raíces se puede observar que para todas las fuentes de variación evaluadas presentan diferencias significativas y altamente significativas. Obtuvo una media general de longitud de raíces 33,6 cm y un coeficiente de variación de 2,01 %.

En cuanto a la variable Porcentaje de Materia seca de las raíces al realizar el Análisis de Varianza, existió un efecto significativo para todas las fuentes de variación evaluadas. Se calculó una media general de 50,1 % Materia seca raíz y un coeficiente de variación de 13,24 %.

Al realizar el análisis de varianza para la variable Cantidad de raíces se obtuvo una media general de 6,3 cm y un coeficiente de variación de 6,45 %, con una significancia estadística muy diferente para todas las fuentes de variación.

Se puede decir que estos resultados obtenidos durante el desarrollo de este ensayo dependieron de las cepas **Azospirillum spp.** inoculadas; ya que, es en las zonas apicales de las raíces en donde estas bacterias realizan sus mecanismos de acción secretando hormonas de tipo Auxinas permitiendo de esta manera la elongación de las raíces y por ende de la planta, sin descartar que estos resultados se deben también a las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo a más de las condiciones medio ambientales.

Cuadro 29. Promedios y Tukey al 5 % del factor A (cepas de **Azospirillum spp.)** para las variables: Profundidad de raíces, Porcentaje Materia seca de raíces y Cantidad de raíces.

			Promedios y Rangos de significación		
Código	**Identificación**	**Procedencia**	**Profundidad de raíces**	**% Materia seca raíces**	**Cantidad de raíces**
A1	**A. lipoferum**	C3-Tungurahua, Píllaro, Emilio Terán, Capulicito	34,54 **A**	61,13 **A**	6,22 **B**
A2	**Azospirillum spp.**	C2-Bolívar, Guaranda, Veintimilla, Laguacoto 2	34,01 **A**	48,32 **B**	6,33 **AB**
A3	**Azospirillum spp.**	C4-Chimborazo, Alausí, Sibambe, Cochapamba	33,34 **B**	49,02 **B**	6,11 **B**
A4	**Mezcla (cepas 2-3-4-)**	C5 Mezcla (cepas 2-3-4)	32,65 **C**	42,04 **C**	6,67 **A**

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

Al aplicar Tukey al 5 %, Cuadro 29, para el factor A (cepas de **Azospirillum spp.**) en cuanto a las variables Profundidad de raíces y Porcentaje de Materia seca de raíces se puede observar tres rangos de significación ocupando el mayor promedio tenemos A1 (cepa3-Tungurahua) con 34,54 cm de profundidad 61,13 % de Materia seca. Para la Cantidad de raíces se observa dos rangos de significación, ocupando el promedio más alto se encuentra A4 (cepa5-mezcla 2+3+4) con 18,63 6,67 cm de cantidad de raíces.

Los promedios obtenidos en cuanto a la profundidad, Materia seca y cantidad de raíces presentes en el suelo se puede atribuirse al que al ser consideradas estas bacterias como PGPR (Promotoras del crecimiento vegetativo) poseen la capacidad para adherirse a cualquier sistema de raíces, produciendo sustancias que durante la colonización de las raíces estimulan la longitud, la densidad de las raíces laterales y el incremento del área superficial favoreciendo de esta manera, la mayor absorción de agua y nutrientes minerales que ayudan al rápido crecimiento de las plantas. (Bashan y Holguin, 1997). Además de depender de las condiciones físicas del suelo como la textura, estructura y compactación.

Cuadro 30. Promedios y Tukey al 5 % del factor B (Métodos de inoculación) para las variables : Profundidad de raíces, Porcentaje Materia seca de raíces y Cantidad de raíces.

Promedios y Rangos de significación				
Código	**Descripción**	**Profundidad de raíces cm**	**% Materia seca raíces**	**Cantidad de raíces cm**
B1	Método de inoculación sólida	34,07 **A**	52,18 **A**	6,44 **A**
B2	Método de inoculación líquida	33,20 **B**	48,07 **B**	6,22 **B**

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

Al aplicar Tukey al 5 % para el factor B (Métodos de inoculación) se observó diferencias significativas para las variables: Profundidad de raíces, Porcentaje de Materia seca de raíz y Cantidad de raíces; obteniendo el promedio más alto B1 (Método de inoculación sólida) con 34,07 cm de profundidad de raíces y 6,44 cm de cantidad de raíces y 52,18 % de Materia seca raíz y Cuadro 30.

Las bacterias de **Azospirillum spp.** al ser inoculada bajo condiciones de medios sólidos induce la expresión de múltiples flagelos laterales, que le permiten migrar hacia las raíces de las plantas y adherirse a la superficie radicular para poder colonizarlas, permitiendo de esta manera un buen desarrollo radicular (elongación) (Bashan y Holguin, 1997).

Cuadro 31. Promedios y Tukey al 5 % del factor C (fertilizaciones) para las variables: Profundidad de raíces, Porcentaje Materia seca de raíces y Cantidad de raíces.

		Promedios y Rangos de significación		
Código	**Descripción**	**Profundidad de raíces**	**% Materia seca raíces**	**Cantidad de raíces**
C1	Fertilización inorgánica completa (100%)	35,49 **B**	47,10 **B**	6,92 **A**
C2	Fertilización inorgánica media (50%)	39,23 **A**	46,67 **B**	6,92 **A**
C3	Sin Fertilización (0%)	26,19 **C**	56,60 **A**	5,17 **B**

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

Tukey al 5 %, Cuadro 31, para el factor C (fertilizaciones), para las variables Determinación de la profundidad, Porcentaje de Materia seca y cantidad de raíces a la cosecha en choclo.

Observamos que para las variables Determinación de la profundidad y Cantidad de raíces se presentó dos rangos de significación, compartiendo el primer rango a C2 (fertilización inorgánica media al 50 %) con 39,23 cm de profundidad y 6,92 cm de cantidad de raíces. Para el Porcentaje de Materia seca el mayor promedio se ubicó en C3 (sin fertilización inorgánica) con 56,60 % Materia seca raíz. Estos resultados reflejan la importancia de (N) sobre el desarrollo radicular; ya que, la principal función del nitrógeno es estimular el crecimiento de la planta especialmente en la etapa inicial de crecimiento vegetativo, generando de esta manera un alto índice de área radicular y foliar regulando la cantidad de hormonas dentro de la planta (http://aeiagro.galeon.com/aficiones1553013.html).

Se pueden atribuir estos resultados a que estas bacterias, gracias a su capacidad de realizar la Fijación Biológica de di-nitrógeno molecular, donde todas las cepas colonizan la superficie y la parte interna de la raíz, estimulando el crecimiento vegetal, e incrementando en un 80% del nitrógeno fijado en el suelo y la planta (Molina, S. 2006).

Cuadro 32. Promedios y Tukey al 5 % para la interacción A x B (cepas de **Azospirillum spp.** x Métodos de inoculación) para las variables : Profundidad de raíces y Porcentaje Materia seca de raíces.

Promedios y Rangos de significación			
Código	**Descripción**	**Profundidad de raíces**	**% Materia seca raíces**
A1B1	C3- Tungurahua + Método de inoculación sólida	34,54 **A**	69,04 **A**
A1B2	C3- Tungurahua + Método de inoculación líquida	34,54 **A**	53,22 **BC**
A2B1	C2-Bolívar + Método de inoculación sólida	34,94 **A**	53,04 **BC**
A2B2	C2-Bolívar + Método de inoculación líquida	33,07 **B**	43,59 **CD**
A3B1	C4-Sibambe + Método de inoculación sólida	34,17 **A**	41,66 **D**
A3B2	C4-Sibambe + Método de inoculación líquida	32,52 **B**	56,38 **B**
A4B1	C5-Mezcla + Método de inoculación sólida	32,63 **B**	44,98 **CD**
A4B2	C5-Mezcla + Método de inoculación líquida	32,67 **B**	39,10 **D**

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

Al aplicar Tukey al 5 % para la interacción A x B (Cepas de **Azospirillum spp.** + Métodos de inoculación), se pudo observar que el promedio más alto para la variable Profundidad de raíces se ubicó en A1B1 (cepa3-Tungurahua + Método de inoculación sólida) con 34,54 cm de profundidad y 69,04 % MS raíz Cuadro 32.

El éxito colonizador de **Azospirillum spp.** y su adaptabilidad al ambiente rizósferico depende principalmente del proceso denominado "quimiotaxis" el cual hace referencia a la atracción que existe entre las bacterias con las raíces de las plantas a través de sus propios exudados radiculares. Logrando de esta manera cambios morfológicos positivos en las raíces de las plantas inoculadas. Aumentando de esta manera la superficie y longitud radical que provocan el aumento de la absorción de agua y nutrientes (Caballero, J. 1998).

Cuadro 33. Promedios y Tukey al 5 % del factor A x C (cepas de **Azospirillum spp**. x fertilizaciones*)* para las variables: Profundidad de raíces, Porcentaje Materia seca de raíces y Cantidad de raíces.

			Promedios y Rangos de significación		
Código	**Identificación**		**Profundidad de raíces**	**% Materia seca raíces**	**Cantidad de raíces**
1	A1C1	C3 Tungurahua +Fertilización completa (100%)	37,18 **C**	51,43 **BCD**	7,00**A**
2	A1C2	C3 Tungurahua +Fertilización media (50%)	40,50 **A**	68,05 **A**	7,00**A**
3	A1C3	C3 Tungurahua + Fertilización (0%)	25,95 **EF**	63,92 **AB**	4,67 **C**
7	A2C1	C2 Bolívar Sólido + Fertilización Completa (100%)	35,00 **D**	41,00 **CDE**	7,00**A**
8	A2C2	C2 Bolívar + Fertilización media (50%)	39,93 **AB**	35,63 **E**	7,00**A**
9	A2 C3	C2 Bolívar + Fertilización (0%)	27,08 **E**	68,32 **A**	5,00 **C**
13	A3 C1	C4 Simbambe + Fertilización completa (100%)	35,23 **D**	42,88 **CDE**	6,67 **AB**
14	A3C2	C4 Simbambe + Fertilización media (50%)	39,12 **B**	44,70 **CDE**	6,67 **AB**
15	A3 C3	C4 Simbambe + Fertilización (0%)	25,68 **F**	59,47 **AB**	5,00 **C**
19	A4C1	C5 (mezcla) + fertilización completa (100%)	34,55 **D**	53,10 **BC**	7,00**A**
20	A4 C2	C5 (mezcla) + fertilización media (50%)	37,37 **C**	38,30 **DE**	7,00**A**
21	A4 C3	C5 (mezcla) + fertilización (0%)	26,03 **EF**	34,72 **E**	6,00 **B**

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

Tukey al 5 %, Cuadro 33. Para la interacción A x C (cepas de **Azospirillum spp.** x fertilizaciones), en cuanto a las variables: Determinación de la profundidad, peso y cantidad de raíces a la cosecha en choclo

Se pudo observar en lo correspondiente a la variable profundidad de raíces existe seis rangos de significancia estadística ocupando el primer rango se encuentra A1C2 (cepa3-Tungurahua+ fertilización inorgánica media al 50 %) con 40,50 cm de profundidad. Mientras que para la variable porcentaje de Materia seca de las raíces el mayor promedio se encuentra A2C3 (cepa2-Bolívar + sin fertilización inorgánica) con 68,32 % MS raíz Cuadro 33.

Finalmente para la variable cantidad de raíces se presentó tres rangos de significancia estadística compartiendo el primer rango se encuentran A1C1 (cepa3-Tungurahua + fertilización inorgánica completa al 100%), A1C2 (cepa3-Tungurahua + fertilización inorgánica media al 50%), A2C1 (cepa2-Bolívar + fertilización inorgánica completa al 100%), A2C2 (cepa3-Tungurahua + fertilización inorgánica media al 50%), A4C1 (cepa5-mezcla 2+3+2 + fertilización inorgánica completa al 100%) y A4C2 cepa5-mezcla 2+3+2 + fertilización inorgánica media al 50%) con 7,00 cm de cantidad de raíces.

Este mejor desempeño de las diferentes cepas pueden atribuirse a los efectos hormonales de **Azospirillum spp.** los cuales hacen que las raíces se desarrollen mejor, favoreciendo la explotación de un mayor volumen de suelo y un mejor aprovechamiento de los fertilizantes. (Dobereiner, J. et. al., 1995). A más de que el mejor desempeño de estos dos tratamientos en cuanto a cantidad de raíces es debido a que **Azospirillum spp.** secreta hormonas de tipo Auxinas que permiten la elongación de la raíz. (Bashan y Holguin, 1997). Los efectos positivos de estas bacterias depende principalmente de la adaptación de estos microorganismos al futuro ambiente rizosférico, aparentemente estas bacterias deben sobrevivir a las múltiples interacciones que se presentan con la compleja comunidad microbiana que habita el mismo microambiente, para luego colonizar las raíces y poder realizar la síntesis de fitohormonas, la Fijación Biológica de di-

nitrógeno molecular (N_2) y la exudación de compuestos a través de las raíces durante el desarrollo del cultivo (Gonzalez, A. et, al. 2000).

Cuadro 34. Promedios y Tukey al 5 % para la interacción B x C (Métodos de inoculación x Fertilizaciones) para las variables : Profundidad de raíces, Porcentaje Materia seca de raíces y Cantidad de raíces.

Promedios y Rangos de significación				
Código	**Descripción**	**Profundidad de raíces**	**% Materia seca raíces**	**Cantidad de raíces**
B1C1	Método de inoculación sólida + Fertilización inorgánica completa al 100%	36,05 **C**	49,65 **BC**	7, 00 **A**
B1C2	Método de inoculación líquida + Fertilización inorgánica media al 50 %	40,07 **A**	52,05 **ABC**	7, 00 **A**
B1C3	Método de inoculación sólida + Sin fertilización inorgánica	26,10 **E**	54,84 **AB**	5,50 **B**
B2C1	Método de inoculación líquida + Fertilización inorgánica completa al 100%	34,93 **D**	44,56 **CD**	7, 00 **A**
B2C2	Método de inoculación líquida+ Fertilización inorgánica media al 50%	38,39 **B**	41,29 **D**	7, 00 **A**
B2C3	Método de inoculación líquida + Sin fertilización inorgánica	26,28 **E**	58,37 **A**	4,83 **C**

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

Tukey al 5 %, Cuadro 34. Para las variables Profundidad de raíces y Cantidad de raíces presentó distintos rangos de significancia estadística con el mayor promedio se ubica B1C2 (Método de inoculación sólida + fertilización inorgánica media al 50%) con 40,07 cm de profundidad de raíces y compartiendo el primer rango B1C1 (Método de inoculación sólida + Fertilización inorgánica completa al 100%) , B2C1 (Método de inoculación líquida + Fertilización inorgánica completa al 100%) y B2C2 (Método de inoculación líquida+ Fertilización inorgánica media al 50%) con 7,00 cm de cantidad de raíces. Para el Porcentaje de Materia seca de las raíces, se obtuvo significancia estadística con el mayor promedio se encuentra B2C3 (Método de inoculación líquida + Sin fertilización inorgánica) con 58,37 % de Maria seca raíz.

Los dos medios de inoculación (sólido y líquido) aplicados en este ensayo actuaron de manera positiva junto con la aplicación del fertilizante inorgánico nitrogenado logrando obtener un aumento considerable tanto en la superficie, longitud y materia seca en Kg/ha de las raíces.

Cuadro 35. Promedios y Tukey al 5 % para la interacción A x B x C (cepas de **Azospirillum spp**. x métodos de inoculación x fertilizaciones) para las variables: Profundidad de raíces, Porcentaje Materia seca de raíces y Cantidad de raíces.

Promedios y Rangos de significación					
Código	**Identificación**		**Profundidad de raíces**	**% Materia seca raíces**	**Cantidad de raíces**
1	A1B1C1	C3 Tungurahua + método sólido + Fertilización completa (100%)	37,50 **DEF**	**50,70 CDEF**	7,00 **A**
2	A1B1C2	C3 Tungurahua + método sólido+Fertilización media (50%)	41,20 **A**	**88,77 A**	7,00 **A**
3	A1 B1C3	C3 Tungurahua + método Sólido + Fertilización (0%)	24,93 **J**	**75,93 AB**	5,00 **B**
4	A1 B2C1	C3 Tungurahua + método liquido + fertilización completa (100%)	36,87 **DEF**	**50,70 CDEF**	7,00 **A**
5	A1 B2C2	C3 Tungurahua + método liquido +Fertilización media (50%)	39,80 **ABC**	**47,33 CDEF**	7,00 **A**
6	A1 B2C3	C3 Tungurahua + método liquido + fertilización (0%)	26,97 **IJ**	**60,17 BCDE**	4,33 **B**
7	A2 B1C1	C2 Bolívar + método Sólido + Fertilización Completa (100%)	36,53 **EF**	**46,13 DEF**	7,00 **A**
8	A2 B1C2	C2 Bolívar + método Sólido + Fertilización media (50%)	40,97 **AB**	**37,07 F**	7,00 **A**
9	A2 B1C3	C2 Bolívar + método Sólido + Fertilización (0%)	27,33 **I**	**75,93 AB**	5,00 **B**
10	A2 B2C1	C2 Bolívar + método liquido + Fertilización completa (100%)	33,47 **H**	**35,87 F**	7,00 **A**
11	A2 B2C2	C2 Bolívar + método líquido +Fertilización media (50%)	38,90 **BCD**	**34,20 F**	7,00 **A**
12	A2 B2C3	C2 Bolívar + método líquido +fertilización (0%)	26,83 **IJ**	**60,70 BCDE**	5,00 **B**
13	A3 B1C1	C4 Simbambe + método sólido + Fertilización completa (100%)	36,73 **EF**	**36,90 F**	7,00 **A**
14	A3 B1C2	C4 Simbambe + método sólido+ Fertilización media (50%)	40,30 **AB**	**46,17 DEF**	6,33 **A**
15	A3 B1C3	C4 Simbambe+ método Sólido+ Fertilización (0%)	25,47 **IJ**	**41,90 EF**	5,00 **B**
16	A3 B2C1	C4 Simbambe +método líquido + Fertilización completa (100%)	33,73 **GH**	48,87 CDEF	6,33 **A**
17	A3 B2 C2	C4 Simbambe + método Líquido + Fertilización media (50%)	37,93 **CDE**	**43,23 EF**	4,43 **A**

18	A3 B2 C3	C4 Simbambe + método Líquido + Fertilización (0%)	25,90 **IJ**	**77,03 AB**	5,00 **B**
19	A4 B1 C1	C5 (mezcla) + medio Sólido + fertilización completa (100%)	33,43 **H**	**64,87 BDC**	7,00 **A**
20	A4 B1 C2	C5 (mezcla) + medio Sólido + fertilización media (50%)	37,80 **CDE**	**36,20 F**	7,00 **A**
21	A4 B1 C3	C5 (mezcla) + método Sólido + fertilización (0%)	26,67 **IJ**	**33,87 F**	7,00 **A**
22	A4 B2 C1	C5 (mezcla) + método Líquido + fertilización completa (100%)	35,67 **FG**	**41,33 EF**	7,00 **A**
23	A4 B2 C2	C5 (mezcla) + medio Líquido + fertilización media (50%)	36,93 **DEF**	**40,40 EF**	7,00 **A**
24	A4 B2 C3	C5 (mezcla) + método Líquido + fertilización (0%)	24,93 **J**	**35,57 F**	5,00 **B**

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

Al realizar la prueba de Tukey al 5 % para la interacción A x B x C (cepas de **Azospirillum spp.** + método de inoculación + fertilización), Cuadro 35. se observó que para la variable Profundidad de raíces el mejor tratamiento fue A1B1C2 (cepa3-Tungurahua + método de inoculación sólida + fertilización inorgánica media al 50%) con 41,20 cm de profundidad de raíces y 88,77 de Materia seca raíz.

Finalmente para la variable Cantidad de raíces se encuentran compartiendo el mejor promedio A1B1C1 (cepa3-Tugurahua + método de inoculación sólida + fertilización inorgánica completa al 100%)**,** A1B1C2 (cepa3-Tugurahua + método de inoculación sólida + fertilización inorgánica media al 50%)**,** A1B2C1 cepa3-Tugurahua + método de inoculación líquida + fertilización inorgánica completa al 100%)**,** A1B2C2 cepa3-Tugurahua + método de inoculación líquida + fertilización inorgánica media al 50%)**,** A2B1C1 (cepa2-Bolívar + método de inoculación sólida + fertilización inorgánica completa al 100%) A2B1C2 cepa2-Bolívar + método de inoculación sólida + fertilización inorgánica media al 50%)**,** A2B2C1(cepa2-Bolívar + método de inoculación líquida + fertilización inorgánica completa al 100%) A2B2C2 (cepa2-Bolívar + método de inoculación líquida + fertilización inorgánica media al 50%)**,** A3B1C1(cepa4-Sibambe + método de inoculación sólida + fertilización inorgánica completa al 100%) A3B1C2 (cepa4-Sibambe + método de inoculación sólida + fertilización inorgánica media al 50%)**,** A3B2C1 (cepa4-Sibambe + método de inoculación líquida + fertilización inorgánica completa al 100%), A3B2C2 (cepa4-Sibambe + método de inoculación líquida + fertilización inorgánica media al 50%)**,** A4B1C1 (cepa5-mezcla 2+3+4 + método de inoculación sólida + fertilización inorgánica completa al 100%), A4B1C2 (cepa5-mezcla 2+3+4 + método de inoculación sólida + fertilización inorgánica media al 50%)**,** A4B2C1(cepa5-mezcla 2+3+4 + método de inoculación líquida + fertilización inorgánica completa al 100%) A4B2C2 (cepa5-mezcla 2+3+4 + método de inoculación líquida + fertilización inorgánica media al 50%)**,** con 7,00 de cantidad de raíces Cuadro 35. Estos resultados concuerdan con decenas de experimentos realizadas en campo como en laboratorio concordando con la capacidad de **Azospirillum spp.** de estimular el crecimiento vegetal.

4.3.5. Porcentaje de emergencia (PE), Días a la floración masculina (DFM), Días a la floración femenina (DFF) y Días a la cosecha en choclo

Cuadro 36. Análisis de varianza para las variables: Porcentaje de emergencia, Días a floración masculina, Días a floración femenina y Días a la cosecha en choclo.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrados Medios			
TOTAL	71	**Porcentaje emergencia**	**DFM**	**DFF**	**DCCH**
BLOQUES	2	139,07**	20,33**	146,81**	57,12**
FACTORA(cepas de Azospirillum**spp)**	3	83,72**	12,61*	170,87**	37,11**
FACTOR B (métodos de inoculación)	1	46,72**^{s}	4,01^{ns}	231,13**	5,56^{ns}
FACTOR C (fertilizaciones)	2	1222,72**	77,06**	646,63**	233,01**
Fac.A x Fac. B (cepas de Azospirillum spp**. x Métodos de inoculación)**	3	32,24**	19,50**	52,50**	6,89^{ns}
Fac. A x Fac. C (cepas de Azospirillum spp**. x Fertilizaciones)**	6	32,94**	15,15**	66,92**	35,40**
Fac. B x Fac. C (métodos de inoculación x Fertilizaciones)	2	7,39**	13,72*	192,79**	102,10**
Fac. A x Fac. B x Fac. C	6	24,35**	15,81**	65,83**	48,93**
ERROR EXP.	46	2,90	3,92	3,36	3,31
Promedio general:		80,5	129	143	220,3
Coeficiente de variación (%):		2,12	1,53	1,28	57,12

NS = No significativo.
*** = Significativo al 5%.**
**** = Altamente Significativo al 1%.**

Al realizar el Análisis de Varianza, Cuadro 36, encontramos que en la variable Porcentaje de emergencia se calculó un promedio general de 80,5 % y un coeficiente de variación de 2,12 %, se presentó significancia estadística para todas las fuentes de variación evaluadas.

Para la variable Días a la floración masculina se calculó un promedio general de 129 días y un coeficiente de variación de 1,53 %, se pudo determinar que para el factor B (Métodos de inoculación) no presenta significancia estadística mientras que el resto de fuentes de variación analizadas presentan diferencias estadísticas significativas y altamente significativas.

Al realizar el Análisis de Varianza, para la variable Días a floración femenina presentó un promedio general de 143 días y un coeficiente de variación de 1,28 %, logrando determinar que todas las fuentes de variación evaluadas son altamente significativas.

Finalmente para la variable Días a la cosecha en choclo se calculó un promedio general de 220,3 días y un coeficiente de variación de 0,83%, se determinó que al factor B (Métodos de inoculación) y la interacción A x B (cepas de **Azospirillum spp.** x Métodos de inoculación) no presentaron significancia estadística, mientras que el resto de fuentes de variación evaluadas son altamente significativas.

Es importante señalar que durante las fases del crecimiento vegetal la producción de etileno es mínima. Y sabiendo que el etileno juega un papel importante en la germinación de las semillas, la bacteria **Azospirillum spp.** produce cantidades de etileno suficientes para romper la latencia de las semillas, además los procesos fisiológicos de las plantas (Kraffczyk, I. et, al. 1994).

Cuadro 37. Promedios y Tukey al 5 % del factor A (cepas de **Azospirillum spp.)** para las variables: Porcentaje de emergencia, Días a floración masculina, Días a floración femenina y Días a la cosecha en choclo.

			Promedios y Rangos de significación			
Código	**Identificación**	**Procedencia**	**% emergencia**	**DFM**	**DFF**	**DCCH**
A1	**A. lipoferum**	C3-Tungurahua, Píllaro, Emilio Terán, Capulicito	80,06 **B**	128,89**A**	141,89**B**	219,33**B**
A2	**Azospirillum spp.**	C2-Bolívar, Guaranda, Veintimilla, Laguacoto 2	83,61 A	128,56**A**	139,94**C**	218,78**B**
A3	**Azospirillum spp.**	C4-Chimborazo, Alausí, Sibambe, Cochapamba	79,44 B	130,00**A**	146,61**A**	221,33 **A**
A4	**Mezcla (cepas 2-3-4-)**	C5 Mezcla (cepas 2-3-4-)	78,78 B	130,28**A**	145,39**A**	221,67 **A**

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

Tukey al 5 %, para Porcentaje de emergencia presentó dos rangos de significancia estadística, ubicándose A2 (cepa2-Bolívar) con 83,61 % de emergencia de plántulas y con el menor promedio A4 (cepa5-mezcla 2+3+4) con el 78,78 % de emergencia de plántulas Cuadro 37.

La respuesta de las cepas de **Azospirillum spp.** en cuanto a las variables Días a la floración masculina (DFM), Días a la floración femenina (DFF) y Días a la cosecha en choclo (DCCH) fueron diferentes Cuadro 37.

Con la prueba de Tukey al 5 % para el factor A (cepas de **Azospirillum spp.)** el A4 (cepa5- mezcla cepas 2+3+4) fue ligeramente más tardía con 130,28 DFM y 221,67 DCCH. Para DFF el más tardío fue A3 (cepa4-Sibambe) con 146,61 DFF. Sin embargo la más precoz en cuanto al ciclo del cultivo fue A2 (cepa2-Bolívar) con 128 DFM, 139,94 DDF y 218,78 DCCH Cuadro 37.

Quizá A2 (cepa2-Bolívar) al ser nativa de esta localidad está adaptada a las condiciones climáticas y edáficas y por tanto, incidió en una mayor precocidad del ciclo del cultivo.

Se puede decir también, que todas las funciones que realiza **Azospirillum spp.** con el desarrollo del cultivo inicia con la germinación de la semilla, la cual exuda infinidad de compuestos orgánicos que posteriormente, la exudación de estos compuestos será a través de las raíces durante el desarrollo de la planta logrando de esta manera acelerar los procesos fisiológicos de las plantas.

Cuadro 38. Promedios y Tukey al 5 % del factor B (Métodos de inoculación) para las variables : Porcentaje de emergencia, Días a floración femenina.

Promedios y Rangos de significación			
Código	**Descripción**	**% emergencia**	**DFF**
B1	Método de inoculación sólida	81,28 **A**	141,67 **B**
B2	Método de inoculación líquida	79,67 **B**	145,25 **A**

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%

Se registró una significancia estadística diferente del tipo de inoculación de cepas únicamente en las variables correspondientes a Porcentaje de emergencia presentó el mayor promedio en B1 (Método de inoculación sólida) con 81,28 % de emergencia de plántulas y Días a la floración femenina B2 (Método de inoculación líquida) con 145,25 DCCH, Quizá estos promedios dependieron del ciclo del cultivo y de las características genotipo ambiente Cuadro 38.

Cuadro 39. Promedios y Tukey al 5 % del factor C (fertilizaciones) para las variables: Porcentaje de emergencia, Días a floración masculina, Días a floración femenina y Días a la cosecha en choclo .

		Promedios y Rangos de significación			
Código	**Descripción**	**% de emergencia**	**DFM**	**DFF**	**DCCH**
C1	Fertilización inorgánica completa (100%)	82,08 **B**	129,46**B**	143,25**B**	221,25**B**
C2	Fertilización inorgánica media (50%)	86,67 **A**	127,63**C**	138,38**C**	216,79**C**
C3	Sin Fertilización (0%)	72,67 **C**	131,21 **A**	148,75**A**	222,79 **A**

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

La respuesta de las dosis de (N) en cuanto al ciclo del cultivo, Días a la floración masculina (DFM), Días a la floración femenina (DFF) y Días a la cosecha en choclo (DCCH), fue muy diferente Cuadro 39.

Con la prueba de Tukey al 5% el testigo C3 (sin fertilización), fue más tardío con 72,67 % de emergencia de plántulas , 131,21 DFM; 148,75 DFF y 222,79 DCCH. La dosis de C2 (con fertilización inorgánica media al 50%) fue la más precoz. Cuadro 39. Esta respuesta es lógica porque si el cultivo tiene una deficiencia de (N) y más aún la variedad INIAP-111 es de ciclo tardío el ciclo del cultivo se alarga.

El (N) es un elemento determinante en el crecimiento y desarrollo del maíz. Estos resultados del ciclo del cultivo, son mayores a los reportados por Monar, C. 2008. con estudios de fertilizaciones con este cultivo INIAP-111. Monar, C. reporta 120 DFM; 135 DFF; 200 DCCH, en la localidad de Laguacoto.

Cuadro 40. Promedios y Tukey al 5 % para la interacción A x B (cepas de Azospirillum spp. x Métodos de inoculación) para las variables : Porcentaje de emergencia, Días a floración masculina, Días a floración femenina.

Promedios y Rangos de significación				
Cód.	**Descripción**	**% de emergencia**	**DFM**	**DFF**
A1B1	C3- Tungurahua + Método de inoculación sólida	79,67 **CD**	128,67 **AB**	140,78 **CD**
A1B2	C3- Tungurahua + Método de inoculación líquida	80,44 **BCD**	129,11 **AB**	143,00 **BC**
A2B1	C2-Bolívar + Método de inoculación sólida	84,44 **A**	130,33 **A**	139,78 **D**
A2B2	C2-Bolívar + Método de inoculación líquida	82,78 **AB**	126,78 **B**	140,11 **D**
A3B1	C4-Sibambe + Método de inoculación sólida	82,11 **ABC**	129,89 **A**	144,89 **B**
A3B2	C4-Sibambe + Método de inoculación líquida	76,78 **E**	130,11 **A**	148,33 **A**
A4B1	C5-Mezcla + Método de inoculación sólida	78,89 **CD**	129,78 **A**	141,22 **CD**
A4B2	C5-Mezcla + Método de inoculación líquida	78,67 **DE**	130,78**A**	149,59 **A**

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

La respuesta de las cepas de **Azospirillum spp.** en cuanto a las variables Porcentaje de emergencia, Días a la floración masculina y Días a la floración femenina , dependió del tipo de inoculación de las semillas Cuadro 40.

Con la prueba de Tukey al 5 % , el tratamiento más tardío fue el A3B2 (cepa4-Sibambe + método de inoculación líquida) con 76,78 % de emergencia de plántulas, mientras que para las variables Días a la floración masculina y Días a la

floración femenina el tratamiento más tardío fue A2B1(cepa2-Bolívar + método de inoculación sólida) con 130,33 Días a la floración femenina A4B2 (cepa5-mezcla 2+3+4 + método de inoculación líquida) con 149,59 días a la floración masculina Cuadro 40.

Independientemente del medio de inoculación utilizado (sólido o líquido), las distintas cepas colonizan la superficie y la parte interna de la raíz, estimulando el crecimiento vegetal, incrementando en un 80% el nitrógeno en el suelo y la planta, a más de acelerar los distintos procesos fisiológicos de las plantas (Espinoza, L., 2004).

Cuadro 41. Promedios y Tukey al 5 % del factor A x C (cepas de **Azospirillum spp**. x fertilizaciones*)* para las variables: Porcentaje de emergencia, Días a floración masculina, Días a floración femenina y Días a la cosecha en choclo.

			Promedios y Rangos de significación			
Código	**Identificación**		**Porcentaje de emergencia**	**DFM**	**DFF**	**DCCH**
1	A1C1	C3 Tungurahua +Fertilización completa (100%)	79, 00 **D**	130,17 **BC**	143,83 **C**	219,50 **BC**
2	A1C2	C3 Tungurahua +Fertilización media (50%)	87,33 **B**	125,67 **D**	135,67 **D**	216,00 **C**
3	A1C3	C3 Tungurahua + Fertilización (0%)	73,83 **E**	130,83 **AB**	147,17 **B**	222,50 **AB**
7	A2C1	C2 Bolívar Sólido + Fertilización Completa (100%)	84,83 **BC**	128,17 **ABCD**	136,00 **D**	216,33 **C**
8	A2C2	C2 Bolívar + Fertilización media (50%)	92,00**A**	126,50 **CD**	136,17 **D**	217,00 **C**
9	A2 C3	C2 Bolívar + Fertilización (0%)	74,00 **E**	131,00 **AB**	147,67 **AB**	223,00 **AB**
13	A3 C1	C4 Simbambe + Fertilización completa (100%)	82,83 **C**	130,67 **AB**	151,00 **A**	225,33 **A**
14	A3C2	C4 Simbambe + Fertilización media (50%)	84,83 **BC**	127,33 **BCD**	138,83 **D**	216,00 **C**
15	A3 C3	C4 Simbambe + Fertilización (0%)	70,67 **E**	132,00 **A**	150,00 **AB**	222,67 **AB**
19	A4C1	C5 (mezcla) + fertilización completa (100%)	81,67 **CD**	128,83 **ABCD**	143,17 **C**	223,83 **A**
20	A4 C2	C5 (mezcla) + fertilización media (50%)	82,50 **C**	131,00 **AB**	142,83 **C**	218,17 **C**
21	A4 C3	C5 (mezcla) + fertilización (0%)	72,17 **E**	131,00 **AB**	150,17 **AB**	223,00 **AB**

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

Para la interacción A x C (cepas de **Azospirillum spp.** x fertilizaciones), Cuadro 41. La respuesta de las cepas de **Azospirillum spp.** en relación al ciclo del cultivo maíz INIAP-111 en cuanto a DFM; DFF: DCCH, dependió de la fertilización nitrogenada.

Con la prueba de Tukey al 5 %, los tratamientos más tardíos fueron A3C3 (cepa4-Sibambe + sin fertilización inorgánica) con 132 DFM, 150 DFF y mientras que para DCCH el tratamiento más tardío fue A4C1 (cepa5-mezcla 2+3+4 + fertilización completa al 100%) con 223,83 DCCH. Finalmente la interacción A4C3 (cepa5-mezcla 2+3+4 + sin Fertilización inorgánica) fue la más tardía en cuanto al porcentaje de plántulas emergidas con 72,17 % de plántulas emergidas.

Durante las fases de crecimiento vegetal, la producción de etileno es mínima. El etileno juega un papel importante en la germinación de las semillas, la bacteria **Azospirillum spp.** produce cantidades de etileno suficientes para romper la latencia de la semilla. (Kraffczyk, I., et, al. 1984). Además, la asociación que existe entre planta-microorganismo permite que, **Azospirillum spp.** al tener la capacidad de producir auxinas, citocininas y giberelinas puede modificar el contenido de fitohormonas de las plantas conduciendo a la estimulación del crecimiento de las mismas. (Thuler, D., et, al. 2003).Teniendo en cuenta que los responsables de una efectiva asociación entre planta-bacteria son las proteínas y polisacáridos de la membrana exterior de **Azospirillum spp.** los cuales permiten una fuerte adhesión a las raíces de las plantas inoculadas. (Bashan y Holguin, 1997).

Finalmente estos valores pueden depender de muchos factores como la temperatura y el estrés hídrico; ya que, este puede retrasar el desarrollo de la espiga y teniendo en cuenta que la velocidad de desarrollo de las plantas está directamente relacionado con la temperatura, de tal manera que los diferentes intervalos de tiempo entre los estadios variarán con las variaciones de temperatura entre cada estación de crecimiento. Por último, de acuerdo a su condición tardía esta variedad puede desarrollar más hojas o progresar más lento cada uno de sus

estadios. Como se pudo observar en variables evaluadas estos valores pueden dependen principalmente del medio ambiente, y la variedad cultivada.

Cuadro 42. Promedios y Tukey al 5 % para la interacción B x C (Métodos de inoculación x Fertilizaciones) para las variables : Días a floración masculina, Días a floración femenina y Días a la cosecha en choclo.

Promedios y Rangos de significación				
Código	**Descripción**	**DFM**	**DFF**	**DCCH**
B1C1	Método de inoculación sólida + Fertilización inorgánica completa al 100%	129,92 **BCD**	138,58 **BC**	218,92 **BC**
B1C2	Método de inoculación sólida + Fertilización inorgánica media al 50 %	127,75 **CD**	136,67 **C**	216,50 **D**
B1C3	Método de inoculación sólida + Sin fertilización inorgánica	132,25 **A**	149,75 **A**	224,58 **A**
B2C1	Método de inoculación líquida + Fertilización inorgánica completa al 100%	129,92 **ABC**	147,92 **A**	223,58 **A**
B2C2	Método de inoculación líquida + Fertilización inorgánica media al 50%	127,50 **D**	140,08 **B**	217,08 **CD**
B2C3	Método de inoculación líquida + Sin fertilización inorgánica	130,17 **AB**	147,75 **A**	221,00 **B**

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

La respuesta o efecto del método de inoculación y de semillas con las cepas de **Azospirillum spp.** dependió de las dosis de fertilización nitrogenada, es decir fueron factores dependientes Cuadro 42.

Con la prueba de Tukey al 5 % los tratamientos más tardíos en relación al ciclo del cultivo fueron: B1C3 (Método de inoculación sólida + sin fertilización inorgánica) con 132,25 días a la floración masculina; 149,75 días a la floración femenina y 224,58 días a la cosecha en choclo.

La inoculación de la semillas con el fertibacter a base de cepas de **Azospirillum spp.** ya sea por el método sólido o líquido nos permite obtener una mejor eficiencia en la fijación de nitrógeno ya que estas bacterias son capaces de captar nitrógeno atmosférico y transformarlo en nitrógeno asimilable por las plantas y de esta manera disminuir más no sustituir el fertilizante químico nitrogenado.

Cuadro 43. Promedios y Tukey al 5 % para la interacción A x B x C (cepas de **Azospirillum spp**. x métodos de inoculación x fertilizaciones*)* para las variables: Porcentaje de emergencia, Días a floración masculina, Días a floración femenina y Días a la cosecha en choclo.

Promedios y Rangos de significación						
Código	**Identificación**		**% emergencia**	**DFF**	**DFM**	**DCCH**
1	A1B1C1	C3 Tungurahua + método sólido + Fertilización completa (100%)	81,00 **CDEF**	134,67 **D**	128,67 **ABC**	214,00 **C**
2	A1B1C2	C3 Tungurahua + método sólido+Fertilización media (50%)	84,00 **BC**	137,00 **D**	127,33 **ABC**	218,00 **BC**
3	A1 B1C3	C3 Tungurahua + método Sólido + Fertilización (0%)	74,00 **GHI**	150,67 **A**	130,00 **ABC**	225,00 **A**
4	A1 B2C1	C3 Tungurahua + método liquido + fertilización completa (100%)	77,00 **EFGH**	151,00 **A**	131,67 **AB**	225,00 **A**
5	A1 B2C2	C3 Tungurahua + método liquido +Fertilización media (50%)	90,67 **A**	134,33 **D**	124,00 **C**	214,00 **C**
6	A1 B2C3	C3 Tungurahua + método liquido + fertilización (0%)	73,67 **GHI**	143,67 **BC**	131,67 **AB**	220,00 **AB**
7	A2 B1C1	C2 Bolívar + método Sólido + Fertilización Completa (100%)	85,00 **BC**	133,33 **D**	129,00 **ABC**	214,00 **BC**
8	A2 B1C2	C2 Bolívar + método Sólido + Fertilización media (50%)	92,67 **A**	138,00 **CD**	129,00 **ABC**	220,00 **AB**
9	A2 B1C3	C2 Bolívar + método Sólido + Fertilización (0%)	75,67 **FGHI**	148,00 **AB**	133,00 **A**	223,33 **AB**
10	A2 B2C1	C2 Bolívar + método liquido + Fertilización completa (100%)	84,67 **BC**	138,67 **CD**	127,33 **ABC**	218,67 **BC**
11	A2 B2C2	C2 Bolívar + método líquido +Fertilización media (50%)	91,33 **A**	134,33 **D**	124,00 **C**	214,00
12	A2 B2C3	C2 Bolívar + método líquido +fertilización (0%)	72,33 **HI**	147,33 **AB**	129,00 **ABC**	222,67 **AB**
13	A3 B1C1	C4 Simbambe + método sólido + Fertilización completa (100%)	87,33 **AB**	150,33 **A**	131,00 **AB**	225,00 **A**
14	A3 B1C2	C4 Simbambe + método sólido+ Fertilización media (50%)	88,00 **AB**	134,67 **D**	125,67 **BC**	214,00 **C**
15	A3 B1C3	C4 Simbambe+ método Sólido+ Fertilización (0%)	71,00 **I**	149,67 **A**	133,00 **A**	225,00 **A**
16	A3 B2C1	C4 Simbambe +método líquido + Fertilización completa (100%)	78,33 **DEFG**	151,67 **A**	130,33 **AB**	225,67 **A**

17	A3 B2 C2	C4 Simbambe + método Líquido + Fertilización media (50%)	81,67 **CDE**	143,00 **BC**	129,00 **ABC**	218,00 **BC**
18	A3 B2 C3	C4 Simbambe + método Líquido + Fertilización (0%)	70,33 **I**	150,33 **A**	131,00 **AB**	220,33 **AB**
19	A4 B1 C1	C5 (mezcla) + medio Sólido + fertilización completa (100%)	80,67 **CDEF**	136,00 **D**	127,33 **ABC**	222,67 **AB**
20	A4 B1 C2	C5 (mezcla) + medio Sólido + fertilización media (50%)	83,33 **BCD**	137,00 **D**	129,00 **ABC**	214,00 **C**
21	A4 B1 C3	C5 (mezcla) + método Sólido + fertilización (0%)	62,67 **HI**	150,67 **A**	133,00 **A**	225,00 **A**
22	A4 B2 C1	C5 (mezcla) + método Líquido + fertilización completa (100%)	82,67 **BCD**	150,33 **A**	130,33 **AB**	225,00 **A**
23	A4 B2 C2	C5 (mezcla) + medio Líquido + fertilización media (50%)	81,67 **CDE**	148,67 **AB**	133,00 **A**	222,33 **A**
24	A4 B2 C3	C5 (mezcla) + método Líquido + fertilización (0%)	71,67 **HI**	149,67 **A**	129,00 **ABC**	221,00 **AB**

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

La respuesta de las cepas de **Azospirillum spp.** en cuanto al ciclo del cultivo del maíz INIAP-111, dependió de los métodos de inoculación de la semilla y de las dosis de fertilización nitrogenada Cuadro 43.

Con la prueba de Tukey al 5 % los tratamientos más tardíos en relación al ciclo del cultivo fueron: A2B1C2 (cepa2-Bolívar + Método de inoculación sólida + fertilización inorgánica media al 50 %) con 92,67 % de emergencia de plántulas; A4B1C3 (cepa5-mezcla 2+3+4 + método de inoculación sólida + sin fertilización inorgánica) con 133, días a la floración masculina; A3B2C1 (cepa4-Sibambe + método de inoculación líquida + fertilización inorgánica completa al 100%) con 151,67 días a la floración femenina y A3B2C1 (cepa4-Sibambe + método de inoculación líquida + fertilización inorgánica completa al 100%) con 225,67 días a la cosecha en choclo Cuadro 43.

Mediante varios estudios realizados en campo como en laboratorio en el cultivo de maíz mediante la inoculación de las semillas con **Azospirillum spp.** se ha logrado demostrar la eficiencia de estas bacterias en lo referente a la producción de exudados acelerar los procesos fisiológicos de las plantas de manera positiva .

Estos valores también pueden atribuirse a la viabilidad de la semilla junto con la acción de las cepas distintas de **Azospirillum spp.** son quienes han determinado el porcentaje de germinación (Bashan, Y. 1997). Otros factores que influyen en el porcentaje de emergencia de plántulas son: la calidad de semilla en relación a la viabilidad y vigor y factores climáticos como: humedad del suelo; temperatura; la cantidad y calidad de luz solar; profundidad de siembra y entre otros (Monar, C. 2010. Entrevista personal).

4.3.6. Altura de planta en estado VR3 (AP), Altura de mazorca en estado VR3 (AM), Longitud de la mazorca (LM), Diámetro de la mazorca (DM)

Cuadro 44. Análisis de varianza para las variables: Altura de planta, Altura de inserción de la mazorca, Longitud de la mazorca, Diámetro de la mazorca, en el estudio de "Evaluación del biofertilizante a base de cepas de **Azospirillum spp.**

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrados Medios			
TOTAL	71	**Altura de planta**	**Altura de la mazorca**	**Longitud de la mazorca**	**Diámetro de la mazorca**
BLOQUES	2	1217,86**	150,05*	3,73**	0,18**
FACTORA(cepas de (Azospirillum spp)	3	448,31^{ns}	138,24^{ns}	1,71**	0,31**
FACTOR B (métodos de inoculación)	1	512,00^{ns}	82,56^{ns}	0,60*	0,0056^{ns}
FACTOR C (fertilizaciones)	2	8448,79**	779,07**	18,76**	0,71**
Fac.A x Fac. B (cepas de Azospirillum spp**. x Métodos de inoculación)**	3	933,59*	65,84^{ns}	2,86**	0,12^{ns}
Fac. A x Fac. C (cepas de Azospirillum spp. x Fertilizaciones)	6	606,88*	51,73^{ns}	2,44**	0,02^{ns}
Fac. B x Fac. C (métodos de inoculación x Fertilizaciones)	2	^{s}667,62^{ns}	267,29*	0,41*	0,02^{ns}
Fac. A x Fac. B x Fac. C	6	246,50^{ns}	58,87^{ns}	3,08**	0,23**
ERROR EXP.	46	225,01	81,01	0,10	0,05
Promedio general:		256,6	145	15,23	5,18
Coeficiente de variación (%):		5,85	6,17	2,13	4,41

NS = No significativo.
*** = Significativo al 5%.**
**** = Altamente Significativo al 1%.**

Al realizar el Análisis de Varianza, Cuadro 44, para la variable Altura de planta se observó que el factor C (fertilizaciones) y la interacción A x B (cepas de **Azospirillum spp.** x métodos de inoculación) presentaron una alta significancia estadística, mientras que la interacción A x C (cepas de **Azospirillum spp.** x fertilización inorgánica) fue significativa, para el resto de fuentes de variación evaluadas no presentaron significancia estadística. Se obtuvo un promedio general de 256,58 cm y un coeficiente de variación de 5,85 %.

Al realizar el Análisis de Varianza se calculó un promedio general de1 45,8 cm y un coeficiente de variación de 6,17 %, con una significancia estadística muy diferente para todas las fuentes de variación en cuanto a la variable Altura de inserción de la mazorca en estado (VR3).

Análisis de Varianza, para la variable Longitud de la mazorca se obtuvo un promedio general de 15,23 cm LM y un coeficiente de variación de 2,13 %, se puede observar que existe variabilidad estadística en todas las fuentes de variación evaluadas.

Finalmente para la variable Diámetro de la mazorca, se calculó una significancia factor A (cepas de **Azospirillum spp.**) factor C (fertilizaciones) y la interacción A x B x C (cepas de **Azospirillum spp.** x métodos de inoculación x fertilizaciones) presentan una alta significancia estadística, para el resto de fuentes de variación evaluadas no se presentaron significación estadística. Se calculó una media general de 5,18 cm de DM y un coeficiente de variación de 4,41 %.

Cuadro 45. Promedios y Tukey al 5 % del factor A (cepas de **Azospirillum spp**.) para las variables: Altura de planta, Altura de inserción de la mazorca, Longitud de la mazorca, Diámetro de la mazorca

			Promedios y Rangos de significación			
Cód.	**Identificación**	**Procedencia**	**Altura de planta**	**Altura de la mazorca**	**Longitud de la mazorca**	**Diámetro de la mazorca**
A1	**A. lipoferum**	C3-Tungurahua, Píllaro, Emilio Terán, Capulicito	249,50 **A**	144,68**A**	15,66**A**	5,12**AB**
A2	**Azospirillum spp.**	C2-Bolívar, Guaranda, Veintimilla, Laguacoto 2	260,22 **A**	144,53**A**	15,03**BC**	5,31**A**
A3	**Azospirillum spp.**	C4-Chimborazo, Alausí, Sibambe, Cochapamba	256,67 **A**	149,96**A**	14,98**C**	5,28**A**
A4	**Mezcla (cepas 2-3-4-)**	C5 Mezcla (cepas 2-3-4-)	259,94 **A**	144,08**A**	15,28**B**	5,03**B**

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

Tukey al 5 % para el factor A (cepas de **Azospirillum spp.**) Cuadro 45, Para Altura de planta y Altura de inserción de la mazorca, Longitud de la mazorca y Diámetro de la mazorca.

La respuesta de las cepas de **Azospirillum spp.** fue similar en las variables Altura de planta y Altura de inserción de la mazorca y diferente para Longitud de la mazorca y Diámetro de la mazorca Cuadro 45.

Con la prueba de Tukey al 5 % el promedio más alto de Altura de planta, se evaluó en la cepa A2 (cepa2- Bolívar) con 260,22 cm AP y con 5,31cm DM Cuadro 45. Para altura de la mazorca el promedio más alto se registró en A3 (cepa4-Sibambe) con 149,96 cm AM, sin embargo para Longitud de la mazorca , el promedio mayor se evaluó en la cepa A1 (cepa3-Tungurahua) con 15,66 cm LM. Finalmente para Diámetro de la mazorca se identifico el mayor promedio en A3 (cepa4-Sibambe) con 5,28 cm DM. Esta respuesta diferente pudo darse en las variables AP y AM por el azar porque estadísticamente fueron similares.

Para LM y DM, pudo ser un carácter varietal del INIAP-111, por su base genética de los Guagales mismos que tienen mazorcas de 12 a 20 cm de longitud y diámetro medio de la mazorca entre 4 y 8 cm. (Monar, C. 2000).

Hay que tener en cuenta, que el efecto benéfico de **Azospirillum spp.** consiste en la producción de giberelinas presentando efectos en el incremento de los pelos radicales, altura de planta y reducción de procesos fisiológicos. (Piccoli, P. et, al. 1997).

Cuadro 46. Promedios y Tukey al 5 % del factor B (Métodos de inoculación) para las variables : Porcentaje de emergencia, Días a floración femenina.

Promedios y Rangos de significación		
Código	**Descripción**	**Longitud de la mazorca**
B1	Método de inoculación sólida	15,42 **A**
B2	Método de inoculación líquida	15,25 **B**

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%

Únicamente en la variable Longitud de la mazorca existió un efecto significativo de tipo de inoculación de la semilla y presentó una respuesta similar (ns) para las variables: Altura de planta; Altura de inserción de la mazorca y Diámetro del choclo Cuadro 46.

En la variable Longitud de la mazorca el método de inoculación en sólido de la semilla, presento un promedio general de 0,17 cm más que con el método de inoculación líquida. Estos resultados nos confirman que existió otros factores que incidieron en las variables Altura de inserción de la mazorca, Longitud de la mazorca y Diámetro del choclo, como las características varietales, el (N) y su interacción con el medio ambiente y particularmente la humedad (cantidad y distribución de la precipitación, la temperatura el viento etc.).

Cuadro 47. Promedios y Tukey al 5 % del factor C (fertilizaciones) para las variables: Altura de planta, Altura de inserción de la mazorca, Longitud de la mazorca, Diámetro de la mazorca.

		Promedios y Rangos de significación			
Código	**Descripción**	**Altura de planta**	**Altura de la mazorca**	**Longitud de la mazorca**	**Diámetro de la mazorca**
C1	Fertilización inorgánica completa (100%)	272,04**A**	149,00**A**	15,50**B**	5,32**A**
C2	Fertilización inorgánica media (50%)	262,00**A**	149,21**A**	15,96 **A**	5,25**A**
C3	Sin Fertilización (0%)	235,71**B**	139,24**B**	14,25**C**	4,99**B**

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

La respuesta de las dosis de (N), en cuanto a las variables Altura de planta, Altura de mazorca, Longitud de la mazorca y Diámetro de la mazorca fueron muy diferentes Cuadro 47.

Con la prueba de Tukey al 5 % el promedio más alto para Altura de planta, y Diámetro de la mazorca se registró en C1 (fertilización inorgánica completa al 100%) con 272,04 cm AP y con 5,32cm DM Cuadro 47. Sin embargo en los componentes del rendimiento Altura de inserción de la mazorca y Longitud de la mazorca, los valores promedios más elevados se registró en C2 (Fertilización inorgánica media al 50 %) con 149,00 cm AM y con 15,96 cm LM y el último rango C3 (sin fertilización,) con 14,25 cm LM, los promedios menores se cuantifico en C3 (sin fertilización inorgánica).

Esta respuesta es lógica; ya que el cultivo de maíz responde a la fertilización nitrogenada y se valido que a mayor contenido de (N) en el suelo, mayores valores de altura de plantas y mazorcas más largas y de mayor diámetro.

Estos valores son similares a los reportados por Valverde, F. y Monar, C. 2010 en investigaciones realizadas con el cultivo INIAP-111 y fertilización nitrogenada.

Cuadro 48. Promedios y Tukey al 5 % para la interacción A x B (cepas de **Azospirillum spp.** x Métodos de inoculación) para las variables : Altura de planta, Longitud de la mazorca.

Promedios y Rangos de significación			
Cód.	**Descripción**	**Altura de planta cm**	**Longitud de la mazorca cm**
A1B1	C3- Tungurahua + Método de inoculación sólida	243,00 **B**	15,67 **AB**
A1B2	C3- Tungurahua + Método de inoculación líquida	256,00 **AB**	15,89 **A**
A2B1	C2-Bolívar + Método de inoculación sólida	271,33 **A**	15,00 **BC**
A2B2	C2-Bolívar + Método de inoculación líquida	249,11 **AB**	15,22 **AB**
A3B1	C4-Sibambe + Método de inoculación sólida	259,67 **AB**	15,67 **AB**
A3B2	C4-Sibambe + Método de inoculación líquida	253,67 **AB**	14,44 **C**
A4B1	C5-Mezcla + Método de inoculación sólida	263,00 **AB**	15,33 **AB**
A4B2	C5-Mezcla + Método de inoculación líquida	256,89 **B**	15,44 **AB**

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

La respuesta de las cepas de **Azospirillum spp.** en cuanto a las variables Altura de planta y Longitud de la mazorca en cm, dependieron del tipo de inoculación de las semillas. Sin embargo en los componentes Altura de inserción de la mazorca y Diámetro de la mazorca, fueron factores independientes Cuadro 48.

Con la prueba de Tukey al 5 %, los valores promedios más altos se encuentran en los tratamientos A2B1 (cepa2-Bolívar + método de inoculación sólida) con 271,33 cm de altura de planta y A1B2 (cepa3-Tungurahua + método de inoculación líquida) con 15,89 cm de longitud de la mazorca Cuadro 48.

Los promedios menores corresponden a los tratamientos A1B1 (cepa3-Tungurahua + método de inoculación sólida) con 243,00 cm de altura de planta y A3B2 (cepa4-Sibambe + método de inoculación líquida) con 14,44 cm de longitud de la mazorca Cuadro 48. De tal manera, se puede decir que estos resultados dependieron en cierta forma de las características que posee **Azospirillum spp.** sobre el desarrollo de las plantas, la procedencia de la cepa y al existir características varietales factores como el medio ambiente etc.

Cuadro 49. Promedios y Tukey al 5 % del factor A x C (cepas de **Azospirillum spp**. x fertilizaciones para las variables: Altura de planta, Longitud de la mazorca.

			Promedios y Rangos de significación	
Código	**Identificación**		**Altura de planta**	**Longitud de la mazorca**
1	A1C1	C3 Tungurahua +Fertilización completa (100%)	250,86 **ABC**	15,67**BC**
2	A1C2	C3 Tungurahua +Fertilización media (50%)	259,00**AB**	16,83**A**
3	A1C3	C3 Tungurahua + Fertilización (0%)	238,67 **BC**	14,47**EF**
7	A2C1	C2 Bolívar Sólido + Fertilización Completa (100%)	279,50 **A**	15,03**CDE**
8	A2C2	C2 Bolívar + Fertilización media (50%)	272,17 **A**	16,20**AB**
9	A2 C3	C2 Bolívar + Fertilización (0%)	229,60 **C**	13,87**F**
13	A3 C1	C4 Simbambe + Fertilización completa (100%)	277,50 **A**	14,90**DE**
14	A3C2	C4 Simbambe + Fertilización media (50%)	254,67 A**BC**	15,37**CD**
15	A3 C3	C4 Simbambe + Fertilización (0%)	237,83 **BC**	14,67**E**
19	A4C1	C5 (mezcla) + fertilización completa (100%)	280,33 **A**	14,16**A**
20	A4 C2	C5 (mezcla) + fertilización media (50%)	262,17 **AB**	15,43**CD**
21	A4 C3	C5 (mezcla) + fertilización (0%)	237,33 **BC**	14,00**F**

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

Existió diferencia de factores en esta interacción en las variables Altura de planta y Longitud de la mazorca, no así para Altura de la inserción de la mazorca y Diámetro de la mazorca Cuadro 49.

Tukey al 5 % para la interacción A x C (cepas de **Azospirillum spp.** x fertilizaciones), el promedio más alto para Altura de planta se presentó en: A4C1(cepa5 mezcla, 2+3+4 + fertilización inorgánica completa al 100%) con 280,33 cm altura de planta y AIC2 (cepa3- Tungurahua+ fertilización inorgánica media al 50 %) con 16,83 cm longitud de la mazorca .

En estos resultados podemos observar el efecto directo de la fertilización inorgánica en el desarrollo de la planta. La Altura de planta, Altura de inserción de la mazorca, La longitud de la mazorca y el Diámetro de la mazorca son características varietales y dependen de su interacción genotipo ambiente. De tal manera, que los aportes de nitrógeno, fósforo y potasio contribuyeron a la producción de frutos y plantas con mayor longitud.

Gracias a que las cepas de **Azospirillum spp.** mediante la producción de hormonas vegetales (AIA), permiten la elongación de la raíz, producción de sideróforos (pigmentos bacterianos que tienen la afinidad por compuestos de hierro), fijación de nitrógeno; y la fertilización inorgánica con la contribución de nitrógeno mineral y fósforo esto influyó directamente en el incremento del tamaño del maíz. (Piccoli, P. 1997). Finalmente, la producción de auxinas por **Azospirillum spp.** se cree que juega un mejor rol al promover el crecimiento vegetal, y la secreción de giberelinas GA3 actuando sobre la concentración de O_2 produciendo células con capacidad de producir altas cantidades de agua, y de esta manera formar resistencia a la sequia y ayudar a la formación del fruto con buen tamaño. Esto indica, un incremento en la cantidad de giberelinas GA3 producidas dentro de la planta por **Azospirillum spp.** que actúan en la inducción de crecimiento de las plantas y la resistencia a la sequia en el cultivo de maíz. (Piccoli, P. et, al. 1997).

Cuadro 50. Promedios y Tukey al 5 % para la interacción B x C (Métodos de inoculación x Fertilizaciones) para la variable : Altura de la inserción de la mazorca.

Promedios y Rangos de significación		
Código	**Descripción**	**Altura de inserción de la mazorca cm**
B1C1	Método de inoculación sólida + Fertilización inorgánica completa al 100%	148,42 **AB**
B1C2	Método de inoculación sólida + Fertilización inorgánica media al 50 %	144,58 **ABC**
B1C3	Método de inoculación sólida + Sin fertilización inorgánica	141,23 **BC**
B2C1	Método de inoculación líquida + Fertilización inorgánica completa al 100%	149,58 **AB**
B2C2	Método de inoculación líquida + Fertilización inorgánica media al 50%	153,83 **A**
B2C3	Método de inoculación líquida + Sin fertilización inorgánica	137,24 **C**

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

La respuesta del tipo de inoculación de semilla en relación a la variable Altura de inserción de la mazorca, dependió de las dosis de (N), Cuadro 50.

Al realizar Tukey al 5 %, para la presente variable, se ubico con el promedio más alto B2C2 (Método de inoculación líquida + fertilización inorgánica media al 50 %) con 153,83 cm de altura de inserción de la mazorca y en el promedio más bajo se encuentra el tratamiento B2C3 (Método de inoculación líquida + sin fertilización inorgánica) con 137,24 cm de altura de inserción de la mazorca Cuadro 50.

Por medio de la inoculación artificial se ha logrado incrementar las poblaciones de microorganismos benéficos para los cultivos; ya sea, en la mejora de la productividad de las plantas como en su contribución con el aspecto medio ambiental. El género **Azospirillum spp.** por su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico y por medio de una serie de procesos transformarlo a nitrógeno asimilable para las plantas a logrado disminuir de cierta manera las aplicaciones de fertilizantes inorgánicos nitrogenados.

Cuadro 51. Promedios y Tukey al 5 % para la interacción A x B x C (cepas de **Azospirillum spp**. x métodos de inoculación x fertilizaciones) para las variables: Diámetro de la mazorca y Longitud de la mazorca en cm .

Promedios y Rangos de significación				
Código	**Identificación**		**Diámetro de la mazorca cm**	**Longitud de la mazorca cm**
1	A1B1C1	C3 Tungurahua + método sólido + Fertilización completa (100%)	5,67 **AB**	16,00 **BCD**
2	A1B1C2	C3 Tungurahua + método sólido+ Fertilización media (50%)	5,00 **B**	16,00 **BCD**
3	A1 B1C3	C3 Tungurahua + método Sólido + Fertilización (0%)	5,00 **B**	15,00 **CDEFG**
4	A1 B2C1	C3 Tungurahua + método liquido + fertilización completa (100%)	5,00 **B**	15,67 **CDE**
5	A1 B2C2	C3 Tungurahua + método liquido +Fertilización media (50%)	5,00 **B**	17,67 **A**
6	A1 B2C3	C3 Tungurahua + método liquido + fertilización (0%)	5,00 **B**	14,33 **EFGH**
7	A2 B1C1	C2 Bolívar + método Sólido + Fertilización Completa (100%)	5,33 **AB**	14,33 **EFGH**
8	A2 B1C2	C2 Bolívar + método Sólido + Fertilización media (50%)	5,33 **AB**	17,33 **AB**
9	A2 B1C3	C2 Bolívar + método Sólido + Fertilización (0%)	5,00 **B**	13,33 **H**
10	A2 B2C1	C2 Bolívar + método liquido + Fertilización completa (100%)	6,00 **A**	15,67 **CDE**
11	A2 B2C2	C2 Bolívar + método líquido +Fertilización media (50%)	5,00 **B**	15,33 **CDEF**
12	A2 B2C3	C2 Bolívar + método líquido +fertilización (0%)	5,00 **B**	14,67 **DEFGH**
13	A3 B1C1	C4 Simbambe + método sólido + Fertilización completa (100%)	5,67 **AB**	15,33 **CDEF**
14	A3 B1C2	C4 Simbambe + método sólido+ Fertilización media (50%)	5,00 **B**	16,33 **ABC**
15	A3 B1C3	C4 Simbambe+ método Sólido+ Fertilización (0%)	5,00 **B**	15,33 **CDEF**

16	A3 B2C1	C4 Simbambe +método líquido + Fertilización completa (100%)	5,67 **AB**	14,67 **DEFGH**
17	A3 B2 C2	C4 Simbambe + método Líquido + Fertilización media (50%)	5,67 **AB**	14,67 **DEFGH**
18	A3 B2 C3	C4 Simbambe + método Líquido + Fertilización (0%)	5,00 **B**	14,00 **FGH**
19	A4 B1 C1	C5 (mezcla) + medio Sólido + fertilización completa (100%)	5,00 **B**	17,33 **AB**
20	A4 B1 C2	C5 (mezcla) + medio Sólido + fertilización media (50%)	5,00 **B**	15,00 **CDEFG**
21	A4 B1 C3	C5 (mezcla) + método Sólido + fertilización (0%)	5,00 **B**	13,67 **GH**
22	A4 B2 C1	C5 (mezcla) + método Líquido + fertilización completa (100%)	5,00 **B**	15,67 **CDE**
23	A4 B2 C2	C5 (mezcla) + medio Líquido + fertilización media (50%)	5,00 **B**	16,00 **BCD**
24	A4 B2 C3	C5 (mezcla) + método Líquido + fertilización (0%)	5,00 **B**	14,67 **DEFGH**

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

No existió dependencia de factores en los componentes Altura de planta y Altura de inserción de la mazorca; sin embargo para el Diámetro de la mazorca y Longitud de la mazorca fueron factores dependientes Cuadro 51.

Con la prueba de Tukey al 5 %, los promedios más elevados de Longitud de la mazorca y Diámetro de la mazorca fueron: A2B2C1 (cepa2-Bolívar + método de inoculación líquida + fertilización inorgánica completa al 100%) con 6,00 cm de diámetro de la mazorca y A1B2C2 (cepa3-Tungurahua + método de inoculación líquida + fertilización inorgánica media al 50%) con 17,67 cm de longitud de la mazorca Cuadro 51.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en cuanto a la Altura de inserción de la mazorca, Altura de planta, Longitud de la mazorca y Diámetro del choclo son variables de tipo varietal y dependen de la interacción genotipo ambiente. De igual manera; se puede decir, que los aportes de nitrógeno aplicadas en diferentes fases del cultivo contribuyeron a la producción de frutos y plantas de mayor longitud.

Por otro lado, estos resultados o valores pueden deberse a que **Azospirillum spp.** es conocida por la habilidad que poseen estas bacterias de producir hormonas vegetales (Auxinas, citocininas, giberelinas, así como aminoácidos y poliaminas) destacándose dentro de las auxinas el Acido Indol acético (AIA), el cual, es el responsable de promover el crecimiento vegetal debido a que actúa en la elongación y multiplicación celular, así se puede corroborar el efecto de la bacteria **Azospirillum spp.** fijadora de nitrógeno e interviene en el incremento del tamaño de las plantas versus el testigo (Rodriguez, E. et, al. 1982).

4.3.7. Daño a la mazorca por Heliothis zea y Euxesta eluta, Porcentaje de plantas por parcela con choclo, Porcentaje de plantas por parcela sin choclo o vanas

Cuadro 52. Análisis de varianza para las variables: Daño a la mazorca por **Heliothis zea** y **Euxesta eluta**, Porcentaje de plantas con choclo, Porcentaje de plantas vanas.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrados Medios		
TOTAL	71	**Daño a la mazorca por Heliothis zea y Euxesta eluta**	**Porcentaje de plantas con choclo**	**Porcentaje de plantas vanas**
BLOQUES	2	0,03*	51,45**	53,24**
FACTORA(cepas de Azospirillum spp)	3	0,04*	70,75**	90,83**
FACTOR B (métodos de inoculación)	1	0,02^{ns}	1,13^{ns}	0,50^{ns}
FACTOR C (fertilizaciones)	2	0,01^{ns}	311,68**	342,39**
Fac.A x Fac. B (cepas de Azospirillum spp. x Métodos de inoculación)	3	0,02^{ns}	33,53^{ns}	16,54^{ns}
Fac. A x Fac. C (cepas de Azospirillum spp. x Fertilizaciones)	6	0,04*	24,64^{ns}	14,50^{ns}
Fac. B x Fac. C (métodos de inoculación x Fertilizaciones)	2	0,04^{ns}	34,88^{ns}	24,50^{ns}
Fac. A x Fac. B x Fac. C	6	0,02^{ns}	4,73^{ns}	13,54^{ns}
ERROR EXP.	46	0,01	13,08	9,33
Promedio general:		0,08	86,15	14
Coeficiente de variación (%):		125	4,20	22,40
Porcentaje (%)				

NS = No significativo.
*** = Significativo al 5%.**
**** = Altamente Significativo al 1%.**

En términos generales existió un excelente control de estos insectos plaga con la aplicación del aceite vegetal, en tres aplicaciones en la fase de floración femenina, apenas se registró una media general de daño por estos insectos de 0,8 % Cuadro 52. Estos resultados confirman los reportados por varios autores en trabajos de validación de eficiencia de control de gusanos de la mazorca con la aplicación de aceite vegetal.

Los tratamientos evaluados como factores principales e interacciones no incidieron significativamente porcentaje de daño a la mazorca por **Heliothis zea y Euxesta eluta,** quizá por el azar se determinaron diferencias estadísticas únicamente en el factor A (cepas de **Azospirillum spp.**) y en la interacción A x C (cepas de **Azospirillum spp.** x fertilizaciones) Cuadro 52.

Al realizar el análisis de varianza para las variables porcentaje de plantas con choclo y sin choclo Cuadro 52. se presento un efecto altamente significativo únicamente de los factores principales factor A (cepas de **Azospirillum spp.)** y factor C (fertilizaciones). Para el resto de factores principales e interacciones, no presentaron significancia estadística, es decir, fueron factores independientes.

Para las interacciones A x B (cepas de **Azospirillum spp.** x métodos de inoculación), A x C (cepas de **Azospirillum spp.** x fertilizaciones), B x C (métodos de inoculación x fertilizaciones) y A x B x C (cepas de **Azospirillum spp.** x métodos de inoculación x fertilizaciones), para las variables Porcentaje de plantas por parcela con choclo, Porcentaje de plantas por parcela sin choclo o vanas fueron factores no dependientes Cuadro 52. Esto nos confirma que estos componentes dependen más de los caracteres genotipo y de las condiciones favorables del clima, además estos resultados se los puede atribuir al tipo de labranza y a un buen manejo de cultivo, al igual que a la población de **Azospirillum spp.** por UFC/ggs presentes.

Cuadro 53. Promedios y Tukey al 5 % del factor A (cepas de **Azospirillum spp.)** para las variables : Daño a la mazorca por **Heliothis zea** y **Euxesta eluta**, Porcentaje de plantas con choclo, Porcentaje de plantas vanas.

			Promedios y Rangos de significación		
Código	**Identificación**	**Procedencia**	**Daño a la mazorca por Heliothis zea y Euxesta eluta**	**Porcentaje de plantas con choclo**	**Porcentaje de plantas vanas**
A1	A. lipoferum	C3-Tungurahua, Píllaro, Emilio Terán, Capulicito	0,03**B**	86,72 **AB**	13,28 **AB**
A2	Azospirillum spp.	C2-Bolívar, Guaranda, Veintimilla, Laguacoto 2	0,15**A**	88,67 **AB**	10,61 **B**
A3	Azospirillum spp.	C4-Chimborazo, Alausí, Sibambe, Cochapamba	0,07 **AB**	85,06 **B**	15,56 **A**
A4	Mezcla (cepas 2-3-4-)	C5 Mezcla (cepas 2-3-4-)	0,09 **AB**	84,17 **B**	15,11 **A**

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

Al realizar Tukey al 5 %, Cuadro 53, para el factor A (cepas de **Azospirillum spp.**) para la variable Daño a la mazorca por **Heliothis zea** y **Euxesta eluta**, el promedio más alto de ataque se observó en A2 (cepa2-Bolívar) con 0,15 % de ataque.

Tukey al 5 %, para las variables Porcentaje de plantas por parcela con choclo, se logró observar que el mayor promedio se presenta en A2 (cepa2-Bolívar) con 88,67 % de plantas por parcela con choclo, y el menor promedio de plantas por parcela vanas se observó en A2 (cepa2-Bolívar) con 10,61 % Cuadro 53.

Cuadro 54. Promedios y Tukey al 5 % del factor C (fertilizaciones) para las variables : Daño a la mazorca por **Heliothis zea** y **Euxesta eluta**, Porcentaje de plantas con choclo, Porcentaje de plantas vanas.

		Promedios y Rangos de significación		
Código	**Descripción**	**Daño a la mazorca por Heliothis zea y Euxesta eluta**	**Porcentaje de plantas con choclo**	**Porcentaje de plantas vanas**
C1	Fertilización inorgánica completa (100%)	0,07 **A**	88,00 **A**	11,50 **B**
C2	Fertilización inorgánica media (50%)	0,07 **A**	88,46 **A**	11,42 **B**
C3	Sin Fertilización (0%)	0,10 **A**	82,00 **A**	18,00 **A**

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

Para el factor C (fertilizaciones) al realizar Tukey al 5 %, Cuadro 54, se pude observar que el promedio más alto de ataque de estos insectos plaga se presentó en C3 (sin fertilización) con 0,10 %.

En cuanto a la fertilización nitrogenada el C2 (fertilización inorgánica media al 50 %) presentó el promedio de plantas con mazorca con un promedio de con 88,46 % y la diferencia de plantas vanas con el 11,42 % Cuadro 54.

Con la dosis más alta de (N), C1 (Fertilización inorgánica completa al 100%), no se presentaron los promedios más altos quizá a las condiciones de humedad debido a que se presentó un periodo con stress de sequía en floración y en llenado de grano.

En el testigo C3 (sin fertilización) , se presentó un 18 % de plantas sin mazorcas, quizá debido al déficit de (N) , sumando un cierto nivel de sequía en floración y en llenado de grano Cuadro 54. Además esta variable de Porcentaje de plantas por parcela con choclo, es una característica varietal y depende de su interacción con el genotipo ambiente.

Cuadro 55. Promedios y Tukey al 5 % del factor A x C (cepas de **Azospirillum spp**. x fertilizaciones*)* para las variables: Daño a la mazorca por **Heliothis zea** y **Euxesta eluta**, en el estudio de "Evaluación del biofertilizante a base de cepas de **Azospirillum spp**.

Promedios y Rangos de significación			
Código	**Identificación**		**Daño a la mazorca por Heliothis zea y Euxesta eluta**
1	A1C1	C3 Tungurahua +Fertilización completa (100%)	0,05 **AB**
2	A1C2	C3 Tungurahua +Fertilización media (50%)	0,00 **B**
3	A1C3	C3 Tungurahua + Fertilización (0%)	0,05 **AB**
4	A2C1	C2 Bolívar Sólido + Fertilización Completa (100%)	0,14 **AB**
8	A2C2	C2 Bolívar + Fertilización media (50%)	0,05 **AB**
9	A2C3	C2 Bolívar + Fertilización (0%)	0,26 **A**
13	A3C1	C4 Simbambe + Fertilización completa (100%)	0,10 **AB**

14	A3C2	C4 Simbambe + Fertilización media (50%)	0,10 **AB**
15	A3C3	C4 Simbambe + Fertilización (0%)	0,00 **B**
19	A4C1	C5 (mezcla) + fertilización completa (100%)	0,00 **B**
20	A4C2	C5 (mezcla) + fertilización media (50%)	0,16 **AB**
21	A4C3	C5 (mezcla) + fertilización (0%)	0,10 **AB**

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

Para la interacción A x C (cepas de **Azospirillum spp.** x fertilizaciones), Cuadro 55, el mayor promedio de ataque de estos insectos plagas se presentó A2C3 (cepa2-Bolívar sin fertilización) con 0,26% de ataque por **Heliothis zea** y **Euxesta eluta**. Está claro que estos insectos plaga sobrepasan el umbral de daño económico en cultivos que no cierran completamente las brácteas del choclo y las condiciones bioclimáticas son con excesiva precipitación en la fase de floración y además cuando sean siembras adelantadas o atrasadas del maíz. En cultivar INIAP-111, cierra completamente las mazorcas, siendo un carácter morfológico y genético favorable. (Monar, C. 2009).

Mediante estudios realizados por el Programa de Maíz del INIAP en anteriores evaluaciones, el aceite controló el 75 % de incidencia de **Heliothis zea** en relación a los tratamientos testigos. La forma de acción del aceite comestible es mediante la formación de una barrera que impide el ingreso de las larvas hacia los granos y a su vez tapa los orificios de respiración del gusano, matándolo por asfixia (Dobronski, J. et al., 1999).Además es importante indicar que la baja incidencia de **Heliothis zea** y **Euxesta eluta**, se debió principalmente el factor climático; ya que durante todo el desarrollo del cultivo contamos con condiciones climáticas favorables.

4.3.8. Clasificación de las mazorcas o choclos por clase (sacos/ha) y rendimiento de maíz INIAP-111 en choclo y en seco t/ha

Cuadro 56. Análisis de varianza para las variables: Clasificación Choclos 1era, 2da, y 3era clase en sacos/ha, Rendimiento en choclo en t/ha y Rendimiento en seco t/ha.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrados Medios				
TOTAL	71	**Choclos 1era clase sacos /ha**	**Choclos 2da clase sacos /ha**	**Choclos 3era clase sacos /ha**	**Rendimiento en choclo t/ha**	**Rendimiento en seco t/ha**
BLOQUES	2	2135,67**	904,85	1036,52**	5,12**	1,26**
FACTORA (cepas de Azospirillum spp)	3	1569,90**	551,57**	1645,57**	1,00**	0,78**
FACTOR B (métodos de inoculación)	1	4,01^{ns}	19,01^{ns}	0,06 ^{ns}	0,00^{ns}	0,14^{ns}
FACTOR C (fertilizaciones)	2	18415,43**	8051,17**	6835,39**	38,85**	11,37**
Fac.A x Fac. B (cepas de Azospirillum spp. x Métodos de inoculación)	3	180,27**	16,01^{ns}	38,61*	0,33*	0,13 ^{ns}
Fac. A x Fac. C(cepas de Azospirillum spp. x Fertilizaciones)	6	936,87**	128.06**	449,80**	5,40**	0,40**
Fac. B x Fac. C (métodos de inoculación x Fertilizaciones)	2	106,85**	192,72**	282,89**	2,38**	0,03^{ns}
Fac. A x Fac. B x Fac. C	6	200,00**	305,61**	308,67**	1,15**	0.15^{ns}
ERROR EXP.	46	6,72	11,74	12,25	0,10	0,09
Promedio general:		94	82	49	10,2	4
Coeficiente de variación (%):		2,77	4,19	7,14	3,03	8,18

NS = No significativo.
*** = Significativo al 5%.**
**** = Altamente Significativo al 1%.**

Con el Análisis de Varianza, Cuadro 56. se observa diferencias significativas y no significativas para las fuentes de variación evaluadas. Se calculó una media general de 94 sacos/ha 1era clase, y un coeficiente de variación de 2,77 %. De igual manera se observó una media general de 82 sacos/ha 2da clase y un coeficiente de variación de 4,19 %. Para la variable Clasificación choclos 3era clase se calculó una media general de 49 sacos/ha 3era clase y un coeficiente de variación de 7,14 % choclos 3era clase.

Con el Análisis de Varianza, Cuadro 56, para la variable Rendimiento en choclo t/ha se observa diferencias significancia y no significativas para las fuentes de variación evaluadas. Se calculó una media general de 10,2 t/ha y un coeficiente de variación de 3,03 %. Finalmente para la variable Rendimiento en seco t/ha al igual que la anterior se observa diferencias significancias y no significativas para las fuentes de variación evaluadas no presentaron significancia estadística. Se calculó una media general de 4 t/ha y un coeficiente de variación de 8,18 %.

Cuadro 57. Promedios y Tukey al 5 % del factor A (cepas de **Azospirillum spp**) para las variables: Clasificación Choclos 1era, 2da, y 3era clase en sacos/ha, Rendimiento en choclo en t/ha y Rendimiento en seco t/ha.

Promedios y Rangos de significación							
Cód.	**Identificación**	**Procedencia**	**Choclos 1era clase sacos/ha**	**Choclos 2da clase sacos /ha**	**Choclos 3era clase sacos/ha**	**Rend. choclo t/ha**	**Rend. en seco t/ha**
A1	**A. lipoferum**	C3-Tungurahua, Píllaro, Emilio Terán, Capulicito	94,61 **B**	84,33 **B**	47,33 **C**	10,44**A**	3,52 **B**
A2	**Azospirillum spp.**	C2-Bolívar, Guaranda, Veintimilla,Laguacoto 2	106,61 **A**	88,06[a]	36,33 **D**	10,50**A**	3,97 **A**
A3	**Azospirillum spp.**	C4-Chimborazo, Alausí, Sibambe, Cochapamba	87,94 **C**	75,72 **C**	54,39 **B**	10,00 B	3,53 **B**
A4	**Mezcla (cepas 2-3-4-)**	C5 Mezcla (cepas 2-3-4-)	85,89 **C**	78,72 **C**	58,06 **A**	10,17**B**	3,69 **A**

Promedios con distinta letra, son estadísticamente iguales al 5%.

La respuesta de las cepas de **Azospirillum spp.** en cuanto a las variables clasificación de choclos por tamaño en sacos/ha , rendimiento en choclo y rendimiento en seco en t/ha fueron diferentes Cuadro 57. Con la prueba de Tukey al 5 %, y en respuesta consistente los valores más elevados se registraron en A2

(cepa2-Bolívar) con 106,61 sacos/ha 1era clase; 88,06 sacos/ha 2da clase; como es lógico existió una menor cantidad de choclos pequeños de 3era clase con 36,33 sacos/ha 3era clase ; finalmente en cuanto a las variables de rendimiento se obtuvo 10,50 t/ha de choclo y 3,97 t/ha de maíz en seco ala 14 % de humedad.

Quizá esta respuesta positiva en relación a estas variables se pudo dar porque A2 (cepa2-Bolívar), es nativa de esta zona agroecológica por lo tanto tiene una mejor capacidad de adaptación, establecimiento y población, lo que pudo tener una mejor eficiencia química y agronómica del (N). Para el mercado nacional se prefieren choclos de tamaño grande o de primera y mientras se produzcan choclos de mayor tamaño, tiene una relación directa y positiva con el rendimiento en choclo y de maíz en seco, es decir, a mayor tamaño de choclos, mayor rendimiento. Estos valores obtenidos a la cosecha en choclo como en seco indican que las cepas si influyeron sobre el rendimiento del cultivo, pues existen resultados similares en donde, se obtuvo rendimientos de 5600 kg/ha, con la aplicación de un biofertilizante a base de **Azospirillum spp.** mientras que a los tratamientos que no se les aplicó el biofertilizante obtuvieron rendimientos bajos de 1880 kg/ha, comprobándose las propiedades de **Azospirillum spp.** en el incremento del rendimiento

Cuadro 58. Promedios y Tukey al 5 % del factor C (fertilizaciones) para las variables: Clasificación Choclos 1era, 2da, y 3era clase en sacos/ha, Rendimiento en choclo en t/ha y Rendimiento en seco t/ha.

Promedios y Rangos de significación						
Código	**Descripción**	**Choclos 1era clase sacos /ha**	**Choclos 2da clase sacos /ha**	**Choclos 3era clase sacos /ha**	**Rendimiento choclo t/ha**	**Rendimiento en seco t/ha**
C1	Fertilización inorgánica completa (100%)	101,42**B**	89,46 **B**	45,17 **B**	10,71 **B**	4,10 **A**
C2	Fertilización inorgánica media (50%)	116,83**A**	94,88 **A**	34,42 **C**	11,21 **A**	4,05ª
C3	Sin Fertilización (0%)	63,04 **C**	60,79 **C**	67,50 **A**	8,92 C	2,88 **B**

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

La respuesta de las dosis de (N), en cuanto a las variables Clasificación del choclo y Rendimiento en choclo t/ha y en seco en t/ha al 14 % de humedad fue diferente (**) Cuadro 58.

Con la prueba de Tukey al 5 % los valores promedios más elevados en estas variables se calcularon en C2 (fertilización inorgánica media al 50%) con 116,83 (117) sacos/ha 1era clase y 94,88 (95) sacos/ha 2da clase y como es lógico presentó un menor número de choclos 3era clase con 34,42 sacos/ha 3era clase; finalmente se obtuvo 11,21 t/ha de choclo y 4,05 t/ha de seco al 14 % de humedad Cuadro 58. Como es lógico los rendimientos promedios más bajos de choclo de 1era y 2 da clase; rendimiento de choclo en t/ha y rendimiento en seco t/ha se registró en C3 (sin fertilización inorgánica).

Además con estos resultados obtenidos se puede concretar que la aplicación de un biofertilizante a base de **Azospirillum spp.** más la aplicación del fertilizante químico nitrogenado al 50 % incrementó el rendimiento del maíz tanto en choclo como en seco logrando comprobar de esta manera las propiedades de las cepas **Azospirillum spp.** sobre el cultivo de maíz.

No se presentaron los mayores rendimientos con la dosis más alta de (N) con 110 Kg/ha, quizá debido a que incidieron otros factores determinantes como la física de suelos. (textura franco arcillosa, densidad aparente mayor a 1,1; suelo compacto, etc.); química de suelos (pH ,contenido de macro y micronutrientes, materia orgánica etc.) y biológica de suelos (contenido de micro y macro organismos del suelo); factores climáticos como la cantidad y distribución de la precipitación que durante el ciclo del cultivo existieron periodos de stress de sequía como en la fase de emergencia del cultivo , floración y llenado del grano, además presentó un aumento de temperatura en la fase reproductiva de 5 ºC a 23,5 ºC. Es decir, con estos resultados se sintetiza, que la respuesta de las dosis de (N), en cuanto al rendimiento en choclo y en seco presentó una diferencia cuadrática, es decir de 0 a 55 kg/ha de (N) se incrementó el rendimiento, pero de 55 a 110

kg/ha de (N), el rendimiento presentó un punto de inflexión del rendimiento Cuadro 58.

Cuadro 59. Promedios y Tukey al 5 % para la interacción A x B (cepas de **Azospirillum spp**. x Métodos de inoculación) para las variables : Clasificación Choclos 1era, 2da, y 3era clase en sacos/ha, Rendimiento en choclo en t/ha y Rendimiento en seco t/ha.

Promedios y Rangos de significación				
Código	**Descripción**	**Choclos 1era clase sacos /ha**	**Choclos 3era clase sacos /ha**	**Rendimiento choclo t/ha**
A1B1	C3- Tungurahua + Método de inoculación sólida	96,00 **C**	48,00 **C**	10,44 **AB**
A1B2	C3- Tungurahua + Método de inoculación líquida	93,22 **C**	46,67 **C**	10,44 **AB**
A2B1	C2-Bolívar + Método de inoculación sólida	102,22 **B**	38,00 **D**	10,33 **AB**
A2B2	C2-Bolívar + Método de inoculación líquida	111,00 **A**	34,67 **D**	10,67 **A**
A3B1	C4-Sibambe + Método de inoculación sólida	89,11 **D**	53,89 **B**	10,00 **B**
A3B2	C4-Sibambe + Método de inoculación líquida	86,78 **DE**	54,89 **AB**	10,00 **B**
A4B1	C5-Mezcla + Método de inoculación sólida	88,67 **D**	56,33 **AB**	10,33 **AB**
A4B2	C5-Mezcla + Método de inoculación líquida	83,11 **E**	59,78 **A**	10,00 **B**

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

La respuesta de las cepas de **Azospirillum spp.** en cuanto a las variables clasificación de choclo 1era; 2da; 3era y rendimiento en choclo en t/ha, dependieron del tipo de inoculación de semillas (**) ; sin embargo en la variable rendimiento de maíz en seco en t/ha, no fueron factores dependientes (^{ns}) Cuadro 59.

Con la prueba de Tukey al 5 % , se logró determinar el mayor promedio de choclos en cuanto a las variables Clasificación de choclos 1era clase y Rendimiento en choclo en A2B2 (cepa2-Bolívar + método de inoculación líquida) con 111,00 sacos/ha choclos 1era clase y 10,67 t/ha de choclos. Para la variable Clasificación de choclos 3era clase el mayor promedio de choclos se obtuvo en A4B2 (cepa5- mezcla 2+3+4 + método de inoculación líquida) con 59,78 sacos/ha choclos 3era clase Cuadro 59.

Quizá esta respuesta diferente para los choclos de 1era, 2da y rendimiento en choclo en (t/ha) se debió a la procedencia de las cepas y su capacidad para desplazarse en los distintos medios de inoculación aplicados en este cultivo, para de esta manera poder colonizar las raíces de las plantas y contribuir positivamente en el rendimiento de los cultivos.

Obteniendo los mejores promedios de choclos de 1era clase y rendimiento en choclo en t/ha en el método de inoculación líquido, debido a que hay una mejor fijación de **Azospirillum spp.** en las semillas lo que tiene una ventaja de un mejor estableciemiento y multiplicación en el suelo.

Cuadro 60. Promedios y Tukey al 5 % del factor A x C (cepas de **Azospirillum spp**. x fertilizaciones*)* para las variables: Clasificación Choclos 1era, 2da, y 3era clase en sacos/ha, Rendimiento en choclo en t/ha y Rendimiento en seco t/ha.

			Promedios y Rangos de significación				
Código	Identificación		Choclos 1era clase sacos /ha	Choclos 2da clase sacos /ha	Choclos 3era clase sacos /ha	Rendimiento choclo t/ha	Rendimiento en seco t/ha
1	A1C1	C3 Tungurahua +Fertilización completa (100%)	101,50 **C**	93,33 **B**	45,00 **DE**	11,00 **B**	4,27 **AB**
2	A1C2	C3 Tungurahua +Fertilización media (50%)	109,00 **B**	91,33 **B**	28,50 **GH**	10,50 **B**	3,63 CD
3	A1C3	C3 Tungurahua + Fertilización (0%)	73,33 **D**	68,33 **D**	68,50 **B**	9,83 **C**	2,65 **E**
7	A2C1	C2 Bolívar Sólido + Fertilización Completa (100%)	108,33 **B**	92,50 **A**	38,67 **EF**	10,83**B**	4,22 **ABC**
8	A2C2	C2 Bolívar + Fertilización media (50%)	150,00 **A**	106,50 **A**	45,17 **DE**	12,83 **A**	4,57 **A**
9	A2 C3	C2 Bolívar + Fertilización (0%)	61,50 **E**	65,17 **D**	25,17 **H**	7,83 **E**	3,12 **CD**
13	A3 C1	C4 Simbambe + Fertilización completa (100%)	97,50 **C**	83,00 **C**	54,17 **C**	10,50 **B**	3,70 **BCD**
14	A3C2	C4 Simbambe + Fertilización media (50%)	107,33 **B**	91,50 **B**	32,67 **FG**	10,50 **B**	4,10 **ABC**
15	A3 C3	C4 Simbambe + Fertilización (0%)	59,00 **E**	52,67 **E**	76,33 **A**	9,00 **D**	2,80 **E**
19	A4C1	C5 (mezcla) + fertilización completa (100%)	98,33 **D**	89,00 **BC**	42,83 **E**	10,50 **B**	4,20 **ABC**
20	A4 C2	C5 (mezcla) + fertilización media (50%)	101,00 **C**	90,17 **B**	51,33 **CD**	10,50 **B**	3,92 **BC**
21	A4 C3	C5 (mezcla) + fertilización (0%)	58,33 **E**	57,00 **E**	80,00 **A**	9,83 **C**	9,97 E **D**

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

La respuesta de las cepas **Azospirillum spp.** en relación a las variables Clasificación del choclo (1era, 2 da y 3 era clase) y en rendimiento en choclo t/ha dependió de las dosis de (N); no así en el rendimiento en seco al 14 % de humedad Cuadro 60.

Con la prueba de Tukey al 5 % para la interacción A x C (cepas de **Azospirillum spp.** x fertilizaciones), los valores promedios más altos en cuanto a la clasificación de choclos por su tamaño y rendimiento en choclo y en maíz en seco se registró en el tratamiento T8: A2C2 (cepa2– Bolívar + fertilización inorgánica media al 50%) con 150 sacos de choclo/ha 1 era clase, 106.50 (107) sacos choclo/ha 2 da clase, y 45,17 (45) sacos choclo/ha 3 era clase. Este tratamiento presentó t/ha de choclo y 4,57 t/ha de maíz en seco al 14 % de humedad Cuadro 60.

Los rendimientos menores de estas variables se presentaron en los tratamientos que no incluyeron aplicación de (N); así como el T9: A2C3 (cepa2-Bolívar + sin fertilización inorgánica) con 61,50 (62) sacos choclos/ha 1 era clase; 25,17 (25) sacos choclos/ha 3 era clase; 7,80 t/ha choclo. En el T15: A3C3 (cepa4-Sibambe + sin fertilización inorgánica); se presentó el promedio inferior de choclos de 2 da clase con 52,67 (53); sacos choclo/ha; y en el T3: A1C3 (cepa3-Tungurahua + sin fertilización inorgánica), obtuvo el menor rendimiento en seco con 2,65 t/ha de maíz en seco Cuadro 60.

Estos resultados concluyeron que las diferentes cepas inoculadas más la aplicación de la fertilización inorgánica nitrogenada en el cultivo de maíz actuaron de manera positiva influyendo en la producción y rendimiento, pues mediante experimentos realizados en otras localidades se obtuvieron resultados similares, con la aplicación de un biofertilizante a base de cepas de **Azospirillum spp.** comprobándose así las propiedades de estas bacterias y su influencia sobre los cultivos. Además, se puede atribuir estos resultados, en gran parte a la desnitrificación, que consiste en la liberación de óxidos de nitrógeno desde el suelo hacia la atmosfera, por lo cual se pierde nitrógeno y disminuye la eficiencia

de la fertilización inorgánica al 100 % aplicado al cultivo y por ende disminuye la producción (Molina, S. 2006).

Obteniéndose mejores resultados con el aporte de menores cantidades de fertilizante en este caso la fertilización inorgánica 50 %; a la eficiencia del fertilizante, que es altamente dependiente del comportamiento químico en el suelo, especialmente de las formas de N derivadas de su transformación química; y de las condiciones de clima reinantes en el medio.

Cuadro 61. Promedios y Tukey al 5 % para la interacción B x C (Métodos de inoculación x Fertilizaciones) para la variable : Clasificación Choclos 1era, 2da, y 3era clase en sacos/ha, Rendimiento en choclo en t/ha y Rendimiento en seco t/ha.

Promedios y Rangos de significación					
Código	**Descripción**	**Choclos 1era clase sacos /ha**	**Choclos 2da clase sacos /ha**	**Choclos 3era clase sacos /ha**	**Rendimiento choclo t/ha**
B1C1	Método de inoculación sólida + Fertilización inorgánica completa al 100%	101,83 **C**	91,75 **B**	48,42 **C**	11,00 **A**
B1C2	Método de inoculación sólida + Fertilización inorgánica media al 50 %	119,08 **A**	91,50 **B**	34,83 **E**	11,25 **A**
B1C3	Método de inoculación sólida + Sin fertilización inorgánica	61,08 **E**	60,33 **D**	63,92 **B**	8,58 **D**
B2C1	Método de inoculación líquida + Fertilización inorgánica completa al 100%	101,00 **C**	87,17 **C**	41.92 **D**	10,42 **B**
B2C2	Método de inoculación líquida + Fertilización inorgánica media al 50%	114.58 **B**	98,25 **A**	34,00 **E**	11,17 **A**
B2C3	Método de inoculación líquida + Sin fertilización inorgánica	65,00 **D**	61,25 **D**	71,08 **A**	9,25 **C**

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

Fueron factores dependientes los tipos de inoculación por las dosis de (N) en las variables choclos 1era; 2da; 3 era y rendimiento en choclo t/ha; sin embargo en la variable rendimiento en seco de maíz fueron factores independientes Cuadro 61.

Con la prueba de Tukey al 5 % , se logró determinar el mayor promedio de choclos en cuanto a las variables Clasificación de choclos 1era; 2da; 3 era clase y Rendimiento en choclo en B1C2 (método de inoculación sólida + fertilización inorgánica al 50%) con 119,08 sacos/ha choclos 1era clase; y B2C3 (método de inoculación líquida + sin fertilización inorgánica) con 71,08 sacos/ha choclos 3 era clase. Para las variables Choclos 2da clase y rendimiento de maíz en choclo en t/ha el mayor promedio se presentó en B2C2 (método de inoculación líquida + fertilización inorgánica media al 50 %) con 95,28 sacos/ha choclos 2 da clase y 11,17 t/ha maíz en choclo Cuadro 61.

Notamos que la respuesta de la aplicación de los dos métodos de inoculación más las diferentes dosis de fertilización nitrogenada en las variables: Clasificación de los choclos en 1era, 2da, 3era clase y en el rendimiento en choclo (t/ha) fue diferente, lo cual se puede atribuir a que tanto las bacterias de **Azospirillum spp.** (fijadora de nitrógeno) y el fertilizante inorgánico en dosis adecuadas trabajaron de manera conjunta y positiva generando buenos resultados para esta zona agroecológica.

Cuadro 62. Promedios y Tukey al 5 % para la interacción A x B x C (cepas de **Azospirillum spp**. x métodos de inoculación x fertilizaciones*)* para las variables: Clasificación Choclos 1era, 2da, y 3era clase en sacos/ha, Rendimiento en choclo en t/ha y Rendimiento en seco t/ha.

Promedios y Rangos de significación						
Código	**Identificación**		**Choclos 1era clase sacos /ha**	**Choclos 2da clase sacos /ha**	**Choclos 3era clase sacos /ha**	**Rendimiento choclo t/ha**
1	A1B1C1	C3 Tungurahua + método sólido + Fertilización completa (100%)	103,00 **DEF**	92,33 **CDEF**	46,67 **EFGH**	11,00 **B**
2	A1B1C2	C3 Tungurahua + método sólido+ Fertilización media (50%)	115,00 **B**	83,67 **EFGH**	30,00 **JKL**	10,33 **BCD**
3	A1 B1C3	C3 Tungurahua + método Sólido + Fertilización (0%)	70,00 **GH**	65,33 **HI**	67,33 **B**	10,00 **CD**
4	A1 B2C1	C3 Tungurahua + método liquido + fertilización completa (100%)	100,00 **DEF**	99,33 **CDE**	43,33 **EFGHI**	11,00 **B**
5	A1 B2C2	C3 Tungurahua + método liquido +Fertilización media (50%)	103,00 **DEF**	99,00 **BCD**	27,00 **JKL**	10,67 **BC**
6	A1 B2C3	C3 Tungurahua + método liquido + fertilización (0%)	76,67 **G**	61,33 **J**	69,67 **B**	9,67 **DE**
7	A2 B1C1	C2 Bolívar + método Sólido + Fertilización Completa (100%)	105,33 **CD**	105,67 **AB**	35,67 **HIJK**	11,00 **B**
8	A2 B1C2	C2 Bolívar + método Sólido + Fertilización media (50%)	148,00 **A**	101,33 **ABC**	26,00 **KL**	12,67 **A**
9	A2 B1C3	C2 Bolívar + método Sólido + Fertilización (0%)	53,33 **I**	57,67 **J**	52,33 **DEF**	7,33 **H**
10	A2 B2C1	C2 Bolívar + método liquido + Fertilización completa (100%)	111,33 **BC**	79,33 **GHI**	41,67 **FGHI**	10,67 **BC**
11	A2 B2C2	C2 Bolívar + método líquido +Fertilización media (50%)	152,00 **A**	111,67 **A**	24,33 **L**	13,00 **A**
12	A2 B2C3	C2 Bolívar + método líquido +fertilización (0%)	69,67 **GH**	72,67 **I**	38,00 **GHIJ**	8,33 **FG**
13	A3 B1C1	C4 Simbambe + método sólido + Fertilización completa (100%)	98,00 **DEF**	81,67 **FGHI**	63,67 **BC**	11,00 **B**
14	A3 B1C2	C4 Simbambe + método sólido+ Fertilización media (50%)	115,67 **B**	89,33 **DEFG**	35,00 **IJKL**	11,00 **B**
15	A3 B1C3	C4 Simbambe+ método Sólido+ Fertilización (0%)	53,67 **I**	50,67 **J**	63,00 **BCD**	8,00 **GH**

16	A3 B2C1	C4 Simbambe +método líquido + Fertilización completa (100%)	97,00 **EF**	84,33 **EFGH**	44,67 **EFGHI**	10,00 **CD**
17	A3 B2 C2	C4 Simbambe + método Líquido + Fertilización media (50%)	99,00 **DEF**	93,67 **CDE**	30,33 **JKL**	10,00 **CD**
18	A3 B2 C3	C4 Simbambe + método Líquido + Fertilización (0%)	64,33 **H**	54,67 **J**	89,67 **A**	10,00 **CD**
19	A4 B1 C1	C5 (mezcla) + medio Sólido + fertilización completa (100%)	101,00 **DEF**	87,33 **EFG**	47,67 **EFG**	11,00 **B**
20	A4 B1 C2	C5 (mezcla) + medio Sólido + fertilización media (50%)	97,67 **DEF**	91,67 **CDEF**	48,33 **EFG**	11,00 **B**
21	A4 B1 C3	C5 (mezcla) + método Sólido + fertilización (0%)	67,33 **H**	57,67 **J**	73,00 **B**	9,00 **EF**
22	A4 B2 C1	C5 (mezcla) + método Líquido + fertilización completa (100%)	95,67 **F**	90,67 **CDEF**	38,00 **GHIJ**	10,00 **CD**
23	A4 B2 C2	C5 (mezcla) + medio Líquido + fertilización media (50%)	104,33 **CDE**	88,67 **DEFG**	54,33 **CDE**	11,00 **B**
24	A4 B2 C3	C5 (mezcla) + método Líquido + fertilización (0%)	49,33 **I**	56,33 **J**	87,00 **A**	9,00 **EF**

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

De acuerdo con el ADEVA fueron factores dependientes las variables clasificación de choclos en 1 era; 2 da; 3 era clase y en el rendimiento de maíz en choclo en t/ha. No fueron dependientes en la variable rendimiento de maíz en seco al 14 % de humedad en t/ha Cuadro 62.

Al aplicar la prueba de Tukey al 5 % para las variables Clasificación de los choclos en 1 era; 2 da clase y rendimiento de maíz en choclo en t/ha se observó el promedio más alto en A2B2C2 (cepa2-Bolívar + método de inoculación líquida + fertilización inorgánica media al 50%) con 152,00 sacos/ha choclos 1 era clase; 111,67 sacos/ha choclos 2 da clase y 13,00 t/ha de choclos. Finalmente para la variable clasificación de los choclos 3 era clase el promedio más alto se registró en A4B2C3 (cepa5-mezcla 2+3+4 + método de inoculación líquida + sin fertilización inorgánica) con 87,00 sacos/ha choclos 3 era clase Cuadro 62.

Mediante investigaciones realizadas anteriormente se ha comprobado que al realizar la fertilización de los cultivos con cepas de **Azospirillum spp.** y con nitrógeno inorgánico en un porcentaje entre el 20 y 50 % del utilizado normalmente por los agricultores , se consigue un aumento de producción sobre las cosechas obtenidas únicamente con fertilizante químico al 100 %. Esto es debido a que, al liberarse la bacteria de su función fijadora de nitrógeno, produce más factores de crecimiento vegetal (Ramírez, M. 2004).

Por último, el rendimiento es una característica varietal y depende de su interacción genotipo – ambiente. Además de ser determinantes los factores bioclimáticos (temperatura, humedad, los vientos, horas luz, distribución y cantidad de lluvia); edáficos (físicos y químicos de suelos: Textura, estructura, densidad aparente, porosidad, capacidad de intercambio catiónico, relación C/N, conductividad eléctrica, pH, etc.) y microorganismos del suelo. (Monar, C. 2010. Entrevista personal).

4.3.9. Análisis de Efecto principal

Cuadro 63- Análisis de efecto principal

Análisis del efecto principal.				
Variables	**Cód.**	**Descripción**	**Promedios**	**Efecto principal**
Contenido de Ngrano Kg/ha	B1	M. inoculación sólida	68.65	**9,88**
	B2	M. inoculación líquida	78,53	
Contenido de Ntusa Kg/ha	B1	M. inoculación sólida	2,14	**0,28**
	B2	M. inoculación líquida	2,42	
Contenido de Nresiduos Kg/ha	B1	M. inoculación sólida	2,65	**0,08**
	B2	M. inoculación líquida	2,73	
Contenido de Nbracteas Kg/ha	B1	M. inoculación sólida	2,71	**0,11**
	B2	M. inoculación líquida	2,82	
Contenido de NTotal en la planta Kg/ha	B1	M. inoculación sólida	76,08	**10,39**
	B2	M. inoculación líquida	86.47	
Contenido de NH4 en el suelo Kg/ha	B1	M. inoculación sólida	69,67	**4,76**
	B2	M. inoculación líquida	74,43	
Contenido de N-NO3 en el suelo Kg/ha	B1	M. inoculación sólida	23,87	**5,37**
	B2	M. inoculación líquida	18,50	
Contenido de NTotal en el suelo Kg/ha	B1	M. inoculación sólida	93,53	**0,6**
	B2	M. inoculación líquida	92,93	
Porcentaje de Materia seca	B1	M. inoculación sólida	28,14	**0,25**
	B2	M. inoculación líquida	28,39	
Población de **Azospirillum spp**. en Floración masculina	B1	M. inoculación sólida	3312,50	**50**
	B2	M. inoculación líquida	3362,50	
Población de **Azospirillum spp.** a la Cosecha en choclo	B1	M. inoculación sólida	39972,22	**333,34**
	B2	M. inoculación líquida	40305,56	
Población de **Azospirillum spp.** a la Cosecha en seco	B1	M. inoculación sólida	2384,17	**178,33**
	B2	M. inoculación líquida	2562,50	
Profundidad de raíces	B1	M. inoculación sólida	34,07	**0,87**
	B2	M. inoculación líquida	33.20	
Cantidad de raíces	B1	M. inoculación sólida	52,18	**4,11**
	B2	M. inoculación líquida	48,07	

Porcentaje de Materia seca de raíces	B1 B2	M. inoculación sólida M. inoculación líquida	13,83 16,51	**2,68**
Porcentaje de emergencia	B1 B2	M. inoculación sólida M. inoculación líquida	81,28 79,67	**1,61**
Días a floración masculina	B1 B2	M. inoculación sólida M. inoculación líquida	129,46 129,19	**0,48**
Días a floración femenina	B1 B2	M. inoculación sólida M. inoculación líquida	145,25 141,67	**3,58**
Días a la cosecha en choclo	B1 B2	M. inoculación sólida M. inoculación líquida	220,00 220,56	**0,56**
Altura de planta	B1 B2	M. inoculación sólida M. inoculación líquida	259,25 253,92	**5,33**
Altura de inserción de la mazorca	B1 B2	M. inoculación sólida M. inoculación líquida	144,44 146,89	**2,15**
Longitud de la mazorca	B1 B2	M. inoculación sólida M. inoculación líquida	15,42 15,25	**0,17**
Diámetro de la mazorca	B1 B2	M. inoculación sólida M. inoculación líquida	5,17 5,19	**0,02**
Daño a la mazorca por **Heliothis zea** y **Euxesta eluta**	B1 B2	M. inoculación sólida M. inoculación líquida	0,07 0,10	**0,03**
Porcentaje de plantas con choclo	B1 B2	M. inoculación sólida M. inoculación líquida	86,03 86,28	**0,25**
Porcentaje de plantas vanas	B1 B2	M. inoculación sólida M. inoculación líquida	13,72 13,56	**0,16**
Clasificación choclos 1era clase	B1 B2	M. inoculación sólida M. inoculación líquida	94,00 93,53	**0,47**
Clasificación choclos 2da clase	B1 B2	M. inoculación sólida M. inoculación líquida	81,19 82,22	**1,03**
Clasificación choclos 3era clase	B1 B2	M. inoculación sólida M. inoculación líquida	49,06 49,00	**0,06**
Rendimiento choclo en t/ha	B1 B2	M. inoculación sólida M. inoculación líquida	10,28 10.28	**0,00**
Rendimiento en seco en t/ha	B1 B2	M. inoculación sólida M. inoculación líquida	3,63 3,72	**0,09**

Notamos que la respuesta de aplicación de los dos métodos inoculación (método de inoculación sólida vs método de inoculación líquida) fue diferente en cada una de las variables evaluadas Cuadro 63.

Con el análisis de efecto principal el método de inoculación en seco en las semillas de maíz se obtuvieron los promedios generales en : 23,87 de N-NO3 en el suelo Kg/ha ; 93,53 de NTotal en el suelo Kg/ha ; 34,07cm Profundidad de raíces , 52,18 cm Cantidad de raíces , 81,28 % de emergencia, 129,46 Días a floración masculina , 259,25 cm Altura de planta, 15,42 cm Longitud de la mazorca , 13,72 % de plantas vanas , 94,00 sacos/ha Clasificación choclos 1era clase con y Clasificación choclos 3era clase Cuadro 63.

Mientras con el análisis de efecto principal el método de inoculación líquida de las semillas de maíz los promedios más altos se registraron en: 78,53 de Ngrano Kg/ha, 2,42 de Ntusa Kg/ha, 2,73 de Nresiduos Kg/ha, 2,82 de Nbracteas Kg/ha, 86.47 de NTotal en la planta Kg/ha, 74,43 de NH4 en el suelo Kg/ha, 28,39 % de Materia seca , 3362,50 de UFC/ggs Floración masculina , 40305,56 UFC/ggs. a la Cosecha en choclo, 2562,50 UFC/ggs a la Cosecha en seco, 16,51 % de Materia seca de raíces , 141,67 Días a floración femenina, 220,56 Días a la cosecha en choclo, 146,89 cm Altura de inserción de la mazorca , 5,19 cm Diámetro de la mazorca , 0,10 % Daño a la mazorca por **Heliothis zea** y **Euxesta eluta**, 86,28 % de plantas con choclo con, 82,22 sacos/ha Clasificación choclos 2da clase con, y 3,72 t/ha Rendimiento en seco Cuadro 63. Finalmente para la variable rendimiento de maíz en choclo en t/ha el promedio general fue similar tanto para el método de inoculación sólida como el método de inoculación líquida con 10,28 t/ha choclos.

Quizá esta respuesta diferente para el método de inoculación líquida se debió a que en este método hay mejor fijación de **Azospirillum spp.** en las semillas lo que tiene una ventaja de un mejor establecimiento y multiplicación en el suelo

4.4. Información climática

4.4.1. Cantidad de Precipitación

La cantidad de lluvia registrada durante todo el ciclo del cultivo fue de 896,8 mm lo cual fue un gran beneficio para el desarrollo del cultivo, debido a que al existir las cantidades de agua necesaria, no se vio en la necesidad de administrar agua al cultivo en forma artificial por medio del sistema del riego. Es decir, debido a que las condiciones climáticas fueron excelentes el cultivo de maíz se desarrollo plenamente.

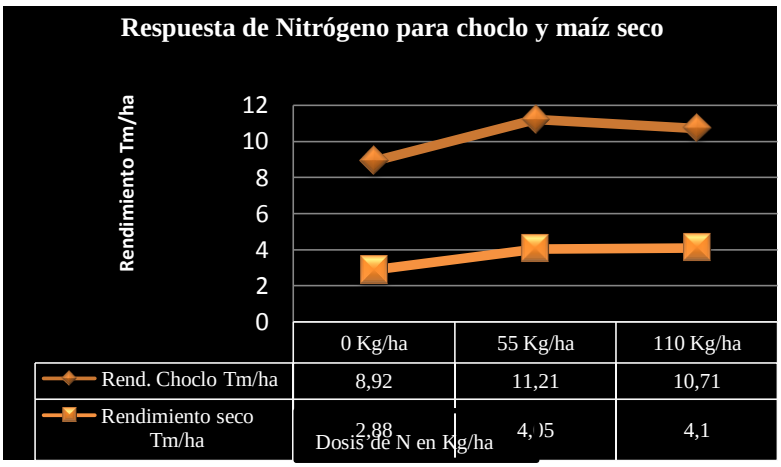
4.4.2. Cantidad y número de riegos

Durante todo el desarrollo de esta investigación no se realizó ningún riego; debido que las condiciones climáticas fueron satisfactorias durante el ciclo del cultivo que comprendió desde la siembra hasta su cosecha en seco.

4.5. Tendencias Polinomiales

Cuadro 64. Respuesta de (N) en la variable rendimiento en cholco y seco en t/ha

Dosis de Nitrógeno	Rendimiento en choclo t/ha	Rendimiento en seco t/ha
0	8,92	2,88
55,5	11,21	4,05
110	10,71	4,10



4.6 Análisis de correlación y regresión

Resultados del análisis de correlación y de regresión de las variables independientes (Componentes del rendimiento - Xj) que tuvieron una relación y asociación significativa (positiva o negativa) sobre el rendimiento (Variable dependiente - Y).

Cuadro 65. Rendimiento de maíz en choclo t/ha

Variables independientes o componentes del rendimiento (Xj)	**Coeficiente de correlación (r)**	**Coeficiente de regresión (b)**	**Coeficiente de determinación (R^2)**
Porcentaje materia seca raíz	-0,32*	-268,83*	10
Diámetro del choclo	0,384*	1,6818*	15
Nbrácteas	0,374*	64,117*	14
Población de **Azospirillum spp.** a la cosecha en choclo	0,311*	13354*	9,7
Eficiencia química del N	0,591*	1083,900*	35
Eficiencia agronómica del N	0,450*	5,2038*	20
Población de **Azospirillum spp.** a la cosecha en seco	0,305*	23696*	9,3

Significativo al 5 %
** Altamente significativo al 1 %

Cuadro 66. Rendimiento de maíz en seco t/ha

Variables independientes o componentes del rendimiento (Xj)	**Coeficiente de correlación (r)**	**Coeficiente de regresión (b)**	**Coeficiente de determinación (R^2)**
Diámetro del choclo	0,373*	84,872**	13
Días a floración masculina	-0,381*	-881,14**	14
Días a la cosecha en choclo	-0,348*	-536,60**	12
Eficiencia química del N	0,582*	234,165*	34
Eficiencia agronómica del N	0,501*	2,302.255*	25

Significativo al 5 %
** Altamente significativo al 1 %

4.6.1. Coeficiente de correlación (r)

Recordemos que el valor máximo del coeficiente de correlación(r) es ±1 y no tiene unidades (Beaver, J, 1900, citado por Monar, C. 1992). Se calcularon relaciones o estrechez significativas y altamente significativas (Positivas y negativas) entre las variables independientes versus el Rendimiento de maíz en choclo y estrechez significativas y altamente significativas (Positivas y negativas) entre las variables independientes versus el Rendimiento de maíz en seco; es decir que a mayor Porcentaje materia seca raíz, Días de floración masculina, Días a la cosecha en choclo el rendimiento en choclo y en seco t/ha será menor. Por lo tanto, el valor del coeficiente de correlación (r) de las variables que disminuyeron el rendimiento tanto en choclo como es seco son: Porcentaje materia seca raíz versus el rendimiento en choclo (-0,32), Porcentaje de materia seca raíz (-0,244), Días a floración masculina versus el rendimiento en seco (-0,381) y Días a la cosecha en seco versus el rendimiento en seco (-0,348).

Los valores más altos del coeficiente de correlación que tuvieron en las relaciones: Diámetro del choclo (0,384), Nbrácteas (0,374), Población de **Azospirillum spp.** a la cosecha en choclo (0,311), Población de **Azospirillum spp.** a la cosecha en seco (0,305), Eficiencia química del (N) (0,591) y Eficiencia agronómica del (N) (0,405) versus el rendimiento de maíz en choclo t/ha. Mientras que las variables que tuvieron los valores más altos del coeficiente de correlación versus el rendimiento de maíz en seco t/ha fueron, Diámetro del choclo (0,373), (Nresiduos Kg/ha (0,346), Eficiencia química del (N) (0,582) y Eficiencia agronómica del (N) (0,501). Es decir que estas variables influenciaron de manera positiva a favor del rendimiento en choclo y de maíz en seco en t/ha.

4.6.2. Coeficiente de regresión (b)

Se tuvieron cambios significativos y altamente significativos (Positivos y negativos) en la variable dependiente (y) Rendimiento en choclo y cambios significativos y altamente significativos (Positivos y negativos) en la variable dependiente (y) Rendimiento en seco por cada cambio único de los componentes

del rendimiento. Las variables: Porcentaje de materia seca de la raíz, Días a floración masculina, y Días a la cosecha en choclo, fueron las únicas que disminuyeron el rendimiento en choclo y en maíz seco t/ha, lo cual significa una disminución del rendimiento.

En choclo los componentes que tuvieron una asociación positiva fueron: Diámetro del choclo, Nbrácteas, Población de **Azospirillum spp.** a la cosecha en choclo, Población de **Azospirillum spp.** a la cosecha en seco Eficiencia química y Eficiencia agronómica del (N). Es decir, que estas variables y la aplicación microorganismo (**Azospirillum spp.**) tiene una asociación positiva con el rendimiento en choclo t/ha. En maíz en seco los componentes que tuvieron una asociación positiva fueron: Diámetro del choclo, Eficiencia química del (N) y Eficiencia agronómica del (N). De igual manera que lo mencionado anteriormente podemos decir que estas variables influyen positivamente en el rendimiento en seco.

4.6.3. Coeficiente de determinación (R^2)

El R^2, es un estadístico que explica el porcentaje de asociación o cambio en la variable dependiente (y) por cada cambio único de los componentes de rendimiento.

En esta investigación las mejores líneas de ajuste de datos que explican la regresión y= a + b x en choclo son: Diámetro del choclo (15), Nbrácteas (14), Población de **Azospirillum spp.** a la cosecha en choclo (9,7), Población de **Azospirillum spp.** a la cosecha en seco (9,3), Eficiencia química del (N) (35) y Eficiencia agronómica del (N) (20). Es decir, que el incremento del rendimiento en choclo fue debido a los valores altos que presentaron las variables anteriormente descritas. En maíz en seco las mejores líneas de ajuste y= a + b x que explican los cambios positivos en el rendimiento (variable dependiente) fueron: Diámetro del choclo (13), Eficiencia química del (N) (34) y Eficiencia agronómica del (N) (25). Es decir, que el incremento en el rendimiento de maíz en seco se debe a las variables anteriormente mencionadas.

4.7. Eficiencia química y agronómica del Nitrógeno (N)

4.7.1. Eficiencia química del Nitrógeno (N)

Con los datos obtenidos del contenido de nutrientes y extracción de nutrientes total se procedió a calcular la eficiencia del fertilizante mediante la siguiente ecuación.

$$EfF = \frac{kgEx\ T\ (N) - kg\ ExT\ Te}{kg\ E\ a\ (N)}$$

Donde:

EfF = Eficiencia del fertilizante.

kgExToptimo = Kg de N extraído por el tratamiento óptimo.

kgExT$_{Te}$ = Kilogramos de N extraído en el tratamiento menos N (Testigo)

kgEa = Cantidad de elemento aplicado al suelo.

Cuadro 67. Eficiencia química del (N) expresada en porcentaje

Tratamientos	EtotalN Kg/ha	Efic. Química N (%)
1(A1B1C1)	109,93	41,37
2 (A1B1C2)	64,58	0,29
3 (A1B1C3)	64,42	---------
4 (A1 B2C1)	93,98	26,00
5 (A1 B2C2)	98,09	59,48
6 (A1 B2C3)	65,38	---------
7 (A2 B1C1)	77,79	13,11
8 (A2 B1C2)	88,33	45,39
9 (A2 B1C3)	63,37	--------
10 (A2 B2C1)	101,7	23,42
11 (A2 B2C2)	110,74	63,28
12 (A2 B2C3)	75,937	--------
13 (A3B1C1)	86,3	20,28
14 (A3 B1C2)	83,34	35,17
15 (A3 B1C3)	64,00	---------
16 (A3 B2C1)	128,1	62,98
17 (A3 B2 C2)	92,04	60,40
18 (A3 B2 C3)	58,82	----------
19 (A4 B1 C1)	80,77	16,65

20 (A4 B1 C2)	68,04	10,16
21 (A4 B1 C3)	62,45	---------
22 (A4 B2 C1)	79,9	40,40
23 (A4 B2 C2)	68,00	59,16
24 (A4 B2 C3)	35,46	--------

La eficiencia con la que los cultivos utilizan el fertilizante aplicado es de suma importancia económica, dado que está relacionada directamente con el beneficio de la fertilización.

Mediante los resultados obtenidos en esta investigación se puede determinar que el tratamiento A2B2C2 (cepa2-Bolívar + Método de inoculación líquida + Fertilización inorgánica media al 50%) presento una mayor eficiencia química de 63,28 % , lo cual determina la eficiencia del fertilizante influyendo de esta manera en el aspecto económico del cultivo.

4.7.2. Eficiencia agronómica del Nitrógeno (N)

Con los datos de rendimiento de grano mediante la siguiente ecuación se calculó la eficiencia agronómica de nutrientes.

$$EfA = \frac{RG\ T\ (Opt) - RG\ T\ (-N)}{kg\ Ea\ (N)}$$

Donde:

EfA = Eficiencia agronómica.
RGT (Opt) = Rendimiento de grano tratamiento optimo.
RG T (-N) = Rendimiento de grano tratamiento menos nitrógeno.
Ea = Elemento aplicado.

Cuadro 68. Eficiencia agronómica del (N) expresada en Kg/ha

Tratamientos	Rend. Seco t/ha	Efic. Agrom. N (Kg/ha)
1 (A1B1C1)	4100,0	12,73
2 (A1B1C2)	3900,0	21,82
3 (A1B1C3)	2700,0	---------
4 (A1 B2C1)	4500,0	17,27
5 (A1 B2C2)	3400,0	14,55
6 (A1 B2C3)	2600,0	--------
7 (A2 B1C1)	4200,0	10,00
8(A2B1C2)	4500,0	25,25
9 (A2 B1C3)	3100,0	--------
10 (A2 B2C1)	4200,0	9,09
11 (A2 B2C2)	4700,0	27,27
12 (A2 B2C3)	3200,0	---------
13 (A3B1C1)	3500,0	8,18
14 (A3 B1C2)	4000,0	25,45
15 (A3 B1C3)	2600,0	---------
16 (A3 B2C1)	3900,0	8,18
17 (A3 B2 C2)	4200,0	21,82
18 (A3 B2 C3)	3000,0	----------
19 (A4 B1 C1)	4200,0	10,91
20 (A4 B1 C2)	3700,0	12,73
21 (A4 B1 C3)	3000,0	---------
22 (A4 B2 C1)	4200,0	11,82
23 (A4 B2 C2)	4100,0	21,82
24 (A4 B2 C3)	2900,0	---------

La baja eficiencia agronómica que se presenta en el cultivo de maíz en nuestro país, no puede atribuirse completamente a pérdidas de nitrógeno. Si bien no hay muchos datos disponibles, también se lo puede atribuir a que existen limitaciones a la absorción de (N) por parte de las plantas, estando de esta manera lejos de alcanzar valores deseables para un alto retorno económico y una disminución del riesgo ambiental. Además hay que tener en cuenta que a un nivel insuficiente de (N) se disminuye la producción de Materia seca total y se acorta el ciclo del cultivo por la senescencia prematura del follaje, y por otro lado una disponibilidad elevada de (N) retrasa el inicio de la formación de la mazorca reduciendo de esta manera el índice de cosecha y el rendimiento. La eficiencia agronómica expresa los Kg de grano producidos por Kg de (N) aplicado como fertilizante. Este valor

depende de la eficiencia fisiológica del cultivo, de la proporción del (N) disponible que es absorbido por el cultivo y de las pérdidas que ocurran durante el ciclo. Por lo tanto la eficiencia agronómica se ve limitada por factores como la disponibilidad de agua y demás factores ambientales.

Finalmente se puede determinar en esta investigación que los tratamientos A2 B2C2 (cepa2-Bolívar + Método de inoculación líquida + fertilización inorgánica media al 50%), presenta una eficiencia agronómica de 27,27 Kg/ha, es decir que por cada kg de (N) aplicado se obtiene 27,27 Kg de maíz ; logrando de esta manera obtener un mayor rendimiento y por ende un mayor beneficio económico, estos resultados se pueden atribuir a la aplicación de una dosis media de fertilizante inorgánico más el biofertilizante a base de cepas de **Azospirillum spp.** que debido a su acción como bacterias nitrificantes y promotoras del crecimiento han logrado de esta manera una absorción adecuada de (N) atmosférico para transformarlo a (N) disponible para las plantas.

4.7.3. **Cuadro 69.** Índice de Nitrógeno

Tratamientos	Sistema de N Total Kg N /ha	Volatización de Amoniaco Kg N /ha	Desnitrificación Kg N /ha	Removido en la cosecha Kg N /ha	Índice de lixiviación mm	N Total lixiviado Kg N /ha	Nitrato Residual Kg N /ha	Eficiencia del sistema %	N removido por el cultivo
1(A1C1)1B	255	1	9	88	48,5	36	118	**35**	2,9
2 (A1B1C2)	201	0	5	84	48,5	26	84	**42**	2,4
3 (A1B1C3)	160	0	1	58	48,5	23	76	**36**	2,7
4 (A1 B2C1)	260	1	9	96	48.5	36	115	**37**	2.7
5 (A1 B2C2)	260	1	9	96	48,5	36	115	**37**	2,7
6 (A1 B2C3)	145	0	0	56	48,5	20	66	**39**	2,6
7 (A2 B1C1)	247	1	9	90	48,5	34	110	**36**	2,7
8 (A2 B1C2)	200	0	5	96	48,5	22	73	**48**	2,1
9 (A2 B1C3)	146	0	1	66	48,5	18	58	**46**	2,2
10 (A2 B2C1)	266	1	10	90	48,5	38	125	**34**	2,9
11 (A2 B2C2)	204	0	5	101	48,5	22	73	**49**	2
12 (A2 B2C3)	151	1	0	69	48,5	19	61	**45**	2,2
13 (A3B1C1)	294	1	12	75	48,5	48	156	**25**	2,9
14 (A3 B1C2)	198	0	5	86	48,5	25	80	**43**	2,3
15 (A3 B1C3)	151	0	0	56	48,5	22	71	**37**	2,7
16 (A3 B2C1)	292	1	10	84	48,5	46	150	**29**	3,5
17 (A3 B2C2)	207	0	5	90	48,5	26	84	**43**	2,3
18 (A3 B2C3)	138	0	1	64	48,5	17	54	**46**	2,1
19 (A4 B1C1)	271	1	9	90	48,5	40	129	**33**	3
20 (A4 B1C2)	229	0	5	79	48,5	33	108	**35**	2,9
21 (A4 B1C3)	163	0	1	64	48,5	23	73	**39**	2,5
22 (A4 B2C1)	265	1	9	90	48,5	38	125	**34**	2,9
23 (A4 B2C2)	204	0	5	88	48,5	26	83	**43**	2,3
24 (A4 B2C3)	160	1	0	62	48,5	22	73	**39**	2,6

Fuente : Ecuador Índice de Nitrógeno Reporte de cálculo detallado Departamento de Agricultura de los Estados Unidos Investigación, Educación y Economía Servicio de Investigación Agrícola 2012 (Anexo 11).

Mediante el análisis de Índice de (N) aplicado a los 24 tratamientos, se determinó que el tratamiento que presentó una mejor eficiencia del fertilizante nitrogenado fue T11: A2B2C2 (cepa2-Bolívar + método de inoculación líquida + fertilización inorgánica media al 50 %) con un 49 % de eficiencia del sistema, es decir, cuanto de (N) disponible está siendo utilizado por el sistema. Mientras que el T13: (A3B1C1) (cepa4-Sibambe + método de inoculación sólida + fertilización inorgánica completa al 100%) fue el que obtuvo una menor eficiencia en el sistema con un 25%. Cuadro 68.

De igual manera mediante este sistema se logró determinar que el T11: A2B2C2 (cepa2-Bolívar+ método de inoculación líquida + fertilización inorgánica media al 50 %) presentó un promedio de 204 Kg N/ha de (N) total dentro del sistema, lo que significa que es la suma de todas las fuentes de (N) aplicadas en el sistema como por ejemplo; entradas del fertilizante inorgánico, descomposición de (N) atmosférico, Mineralización de residuos del cultivo etc.

Mientras que el T13: (A3B1C1) (cepa4-Sibambe + método de inoculación sólida + fertilización inorgánica completa al 100%) obtuvo un promedio de 294 Kg N/ha de (N) total dentro del sistema Cuadro 68.

En cuanto a la Volatización de amoniaco, que es la cantidad de (N) perdido a la atmósfera como amoniaco para el T11: A2B2C2 (cepa2-Bolívar+ método de inoculación líquida + fertilización inorgánica media al 50 %) se obtuvo un promedio de 0 Kg N/ha ; 5 Kg N /ha de (N) perdido en los procesos de desnitrificación, y 101 Kg N /ha removido a la cosecha, es decir la cantidad total de (N) utilizada por el cultivo. El T13: (A3B1C1) (cepa4-Sibambe + método de inoculación sólida + fertilización inorgánica completa al 100%) presentó promedios más altos con 1 Kg N/ha en la volatización de amoniaco; 12 Kg N /ha de (N) perdido en los procesos de desnitrificación y obtuvo un menor promedio en la cantidad de (N) removido a la cosecha con 75 Kg/N/ha Cuadro 68.

De igual manera, se puede observar un índice de lixiviación para el T11: A2B2C2 (cepa2-Bolívar+ método de inoculación líquida + fertilización inorgánica media al

50 %) de 48,5 mm, el cual está relacionado con las condiciones climáticas que afectan la lixiviación obteniendo un total de 22 Kg N /ha de (N) total lixiviado y 73 Kg N/ha de (N) residual, es decir la cantidad de NO3-N sobrante.

Para T13: (A3B1C1) (cepa4-Sibambe + método de inoculación sólida + fertilización inorgánica completa al 100%) presentó al igual que el T11 un índice de lixiviación de 48,5 mm, pero obtuvo un promedio de 25 Kg N /ha de (N) total lixiviado y 156 Kg N/ha de N residual.

Finalmente en cuanto a la proporción de (N) aplicado - al (N) eliminado por el cultivo para el T11: A2B2C2 (cepa2-Bolívar+ método de inoculación líquida + fertilización inorgánica media al 50 %) se obtuvo un promedio de 2, y para T13: (A3B1C1) (cepa4-Sibambe + método de inoculación sólida + fertilización inorgánica completa al 100%) se obtuvo un promedio de 2,9. Lo cuál es el reflejo de cuanto del fertilizante inorgánico aplicado al sistema está siendo utilizado por el cultivo Cuadro 68.

Concluyendo de esta manera que se trata de un suelo con riesgo medio para la pérdida de nitrógeno, para lo cual se sugiere que estos campos deben ser manejados adecuadamente con mejores prácticas de manejo para de esta manera reducir las pérdidas de (N) y lograr una mejor eficiencia en el uso de (N).

4.8.1. Cuadro 70. Análisis económico en choclo sacos/ha

Trat. Nº	Clasificación de los choclos por clase sacos /ha	Rendimiento medio sacos/ha (choclos)	Rendimiento ajustado al 10% sacos/ha (choclos)	Precio sacos/ha	Beneficios Brutos de campo ($/ha)	Costo del fertilizante inorgánico ($/ha)	Costo de mano de obra para aplicar ($/ha)	Costo del biofertilizante ($/ha)	Costo de la mano de obra para aplicar ($/ha)	Totales de costos que varían ($/ha)	Beneficios netos totales por tratamiento ($/ha)
	choclos 1era clase sacos/ha	103,0	92,7	12	1112,4						
1 (A1B1C1)	choclos 2da clase sacos/ha	92	82,8	8	662,4	104	32	15	8	159	1783,9
	choclos 3era clase sacos/ha	46,7	42,03	4	168,1						
	Total Beneficio Bruto $/ha					**1942,9**					
	choclos 1era clase sacos/ha	115,0	103,5	12	1242,0						
2 (A1B1C2)	choclos 2da clase sacos/ha	84	75,6	8	604,8	70	16	15	8	109	1845,8
	choclos 3era clase sacos/ha	30,0	27	4	108,0						
	Total Beneficio Bruto $/ha					**1954,8**					
	choclos 1era clase sacos/ha	70,0	63	12	756,0						
3 (A1B1C3)	choclos 2da clase sacos/ha	75	67,5	8	540,0	0	0	15	8	23	1515,3
	choclos 3era clase sacos/ha	67,3	60,57	4	242,3						
	Total Beneficio Bruto $/ha					**1538,3**					
	choclos 1era clase sacos/ha	100,0	90	12	1080,0						
4 (A1B2C1)	choclos 2da clase sacos/ha	94	84,6	8	676,8	104	32	15	8	159	1753,7
	choclos 3era clase sacos/ha	43,3	38,97	4	155,9						
	Total Beneficio Bruto $/ha					**1912,7**					
	choclos 1era clase sacos/ha	103,0	92,7	12	1112,4						
5 (A1B2C2)	choclos 2da clase sacos/ha	99	89,1	8	712,8	70	16	15	8	109	1813,4
	choclos 3era clase sacos/ha	27,0	24,3	4	97,2						
	Total Beneficio Bruto $/ha					**1922,4**					
	choclos 1era clase sacos/ha	76,7	69,03	12	828,4						
6 (A1B2C3)	choclos 2da clase sacos/ha	61	54,9	8	439,2	0	0	15	8	23	1495,5
	choclos 3era clase sacos/ha	69,7	62,73	4	250,9						
	Total Beneficio Bruto $/ha					**1518,5**					

	choclos 1era clase sacos/ha	105,3	94,77	12	1137,2						
7 (A2B1C1)	choclos 2da clase sacos/ha	106	95,4	8	763,2	104	32	15	8	159	1869,9
	choclos 3era clase sacos/ha	35,7	32,13	4	128,5						
	Total Beneficio Bruto $/ha					**2028,9**					
	choclos 1era clase sacos/ha	148,0	133,2	12	1598,4						
8 (A2B1C2)	choclos 2da clase sacos/ha	101	90,9	8	727,2	70	16	15	8	109	2310,2
	choclos 3era clase sacos/ha	26,0	23,4	4	93,6						
	Total Beneficio Bruto $/ha					**2419,2**					
	choclos 1era clase sacos/ha	53,3	47,97	12	575,6						
9 (A2B1C3)	choclos 2da clase sacos/ha	58	52,2	8	417,6	0	0	15	8	23	1158,5
	choclos 3era clase sacos/ha	52,3	47,07	4	188,3						
	Total Beneficio Bruto $/ha					**1181,5**					
	choclos 1era clase sacos/ha	111,3	100,17	12	1202,0						
10(A2B2C1)	choclos 2da clase sacos/ha	79	71,1	8	568,8	104	32	15	8	159	1761,9
	choclos 3era clase sacos/ha	41,7	37,53	4	150,1						
	Total Beneficio Bruto $/ha					**1920,9**					
	choclos 1era clase sacos/ha	152,0	136,8	12	1641,6						
11(A2B2C2)	choclos 2da clase sacos/ha	112	100,8	8	806,4	70	16	15	8	109	2426,5
	choclos 3era clase sacos/ha	24,3	21,87	4	87,5						
	Total Beneficio Bruto $/ha					**2535,5**					
	choclos 1era clase sacos/ha	69,7	62,73	12	752,8						
12(A2B2C3)	choclos 2da clase sacos/ha	73	65,7	8	525,6	0	0	15	8	23	1392,2
	choclos 3era clase sacos/ha	38,0	34,2	4	136,8						
	Total Beneficio Bruto $/ha					**1415,2**					
	choclos 1era clase sacos/ha	98,0	88,2	12	1058,4						
13(A3B1C1)	choclos 2da clase sacos/ha	82	73,8	8	590,4	104	32	15	8	159	1719,1
	choclos 3era clase sacos/ha	63,7	57,33	4	229,3						
	Total Beneficio Bruto $/ha					**1878,1**					
	choclos 1era clase sacos/ha	115,7	104,13	12	1249,6						
14(A3B1C2)	choclos 2da clase sacos/ha	89	80,1	8	640,8	70	16	15	8	109	1907,4
	choclos 3era clase sacos/ha	35,0	31,5	4	126,0						
	Total Beneficio Bruto $/ha					**2016,4**					

	choclos 1era clase sacos/ha	53,7	48.33	12	580,0						
15(A3B1C3)	choclos 2da clase sacos/ha	51	45.9	8	367,2	0	0	15	8	23	1151,0
	choclos 3era clase sacos/ha	63,0	56,7	4	226,8						
	Total Beneficio Bruto $/ha					**1174,0**					
	choclos 1era clase sacos/ha	97,0	87,3	12	1047,6						
16(A3B2C1)	choclos 2da clase sacos/ha	84	75,6	8	604,8	104	32	15	8	159	1654,3
	choclos 3era clase sacos/ha	44,7	40,23	4	160,9						
	Total Beneficio Bruto $/ha					**1813,3**					
	choclos 1era clase sacos/ha	99,0	89,1	12	1069,2						
17(A3B2C2)	choclos 2da clase sacos/ha	94	84,6	8	676,8	70	16	15	8	109	1746,1
	choclos 3era clase sacos/ha	30,3	27,27	4	109,1						
	Total Beneficio Bruto $/ha					**1855,1**					
	choclos 1era clase sacos/ha	64,3	57,87	12	694,4						
18(A3B2C3)	choclos 2da clase sacos/ha	55	49,5	8	396,0	0	0	15	8	2,3	1390,3
	choclos 3era clase sacos/ha	89,7	80,73	4	322,9						
	Total Beneficio Bruto $/ha					**1413,3**					
	choclos 1era clase sacos/ha	101,0	90,9	12	1090,8						
19(A4B1C1)	choclos 2da clase sacos/ha	87	78,3	8	626,4	104	32	15	8	159	1729,9
	choclos 3era clase sacos/ha	47,7	42,93	4	171,7						
	Total Beneficio Bruto $/ha					**1888,9**					
	choclos 1era clase sacos/ha	97,7	87,93		1055,2						
20(A4B1C2)	choclos 2da clase sacos/ha	92	82,8		662,4	70	16	15	8	109	1782,5
	choclos 3era clase sacos/ha	48,3	43,47		173,9						
	Total Beneficio Bruto $/ha					**1891,5**					
	choclos 1era clase sacos/ha	67,3	60,57	12	726,8						
21(A4B1C3)	choclos 2da clase sacos/ha	58	52,2	8	417,6	0	0	15	8	23	1384,2
	choclos 3era clase sacos/ha	73,0	65,7	4	262,8						
	Total Beneficio Bruto $/ha					**1407,2**					
	choclos 1era clase sacos/ha	95,7	86,13	12	1033,6						
22(A4B2C1)	choclos 2da clase sacos/ha	91	81,9	8	655,2	104	32	15	8	159	1666,6
	choclos 3era clase sacos/ha	38,0	34,2	4	136,8						
	Total Beneficio Bruto $/ha					**1825,6**					

	choclos 1era clase sacos/ha	104,3	93,87	12	1126,4						
23(A4B2C2)	choclos 2da clase sacos/ha	89	80,1	8	640,8	70	16	15	8	109	1853,7
	choclos 3era clase sacos/ha	54,3	48,87	4	195,5						
	Total Beneficio Bruto $/ha	**1962,7**									
	choclos 1era clase sacos/ha	49,3	44,37	12	532,4						
24(A4B2C3)	choclos 2da clase sacos/ha	56	50,4	8	403,2	0	0	15	8	23	1225,8
	choclos 3era clase sacos/ha	87,0	78,3	4	313,2						
	Total Beneficio Bruto $/ha	**1248,8**									

Se lo realizó mediante el análisis de presupuesto parcial propuesto por el CIMMYT (1998), para lo cual, una vez obtenido el rendimiento de choclos en sacos /ha según su clasificación de los choclos en 1era clase, 2da clase y 3era clase, se realizó un ajuste del 10 % con el fin de reflejar la diferencia entre el rendimiento experimental y el que el agricultor podría lograr. Este rendimiento ajustado se multiplicó con el valor unitario del producto, para obtener el beneficio bruto, y se establecieron todos los costos que variaron en cada uno de los tratamientos, para luego, calcular el beneficio neto (beneficio bruto – total de costos que variaron en cada tratamiento). Con los beneficios netos y los costos que variaron se estableció el análisis de dominancia, para lo cual primero se ordenaron a los tratamientos de menor a mayor, de acuerdo a los totales de costos que variaron. Se dice entonces que un tratamiento es dominado cuando tiene beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costos que variaron, para posteriormente calcular la tasa de retorno marginal Cuadro 70.

El análisis económico, se realizó en el mes de Junio del 2011, considerando los resultados de los rendimientos obtenidos en el ensayo de campo.

De acuerdo con información obtenida en los mercados de Guaranda, el precio promedio del saco según su clasificación en choclos fue:

- Primera clase 12 dólares americanos.
- Segunda clase 8 dólares americanos
- Tercera clase 4 dólares americanos.

El precio del fertilizante inorgánico fue de 34,74 dólares americanos por saco de Urea, y 33,70 dólares americanos por saco de sulpomag.

De acuerdo con información del Programa de Maíz el costo de producción del biofertilizante líquido fue de 15,00 dólares americanos por cada funda, que contiene 50 ml de biofertilizante (líquido), para 35 kg de semilla de maíz. Y del biofertilizante sólido fue de 15,00 dólares americanos por cada funda, que

contiene 300 g de biofertilizante (sólido), para 35 Kg de semilla de maíz. Cabe señalar que cuando el análisis estadístico de los resultados de un ensayo indica, que no hay diferencias estadísticas significativas entre tratamientos no es necesario realizar el análisis económico, únicamente se selecciona el tratamiento con los rendimientos más altos. Sin embargo se realizó el análisis económico para determinar el o los promedios con la mejor tasa de retorno marginal.

Al realizar el análisis de presupuesto parcial, Cuadro 70, se observó que el tratamiento T11: A2B2C2 (cepa2-Bolívar +Método de inoculación líquida + fertilización inorgánica media al 50 %) con 2535,5 $/ha presentó el mayor beneficio neto. Mientras tanto, el tratamiento T12: A3B1C3 (cepa4-Sibambe + Método sólido + sin fertilización inorgánica) presentó el menor beneficio neto con 1174,0 $/ha.

Cuadro 71. Análisis de dominancia en choclo

Tratamiento Nº	**Total de costos que varían**	**Beneficios netos ($/HA)**	**Dominancia**
3 (A1B1C3)	23	1515,3	
6 (A1 B2C3)	23	1495,5	**D**
9 (A2 B1C3)	23	1158,5	**D**
12 (A2 B2C3)	23	1392,2	**D**
15 (A3 B1C3)	23	1151,0	**D**
18 (A3 B2 C3)	23	1390,3	**D**
21 (A4 B1 C3)	23	1384,2	**D**
24 (A4 B2 C3)	23	1225,8	**D**
2 (A1B1C2)	109	1845,8	**D**
5 (A1 B2C2)	109	1813,4	
8 (A2 B1C2)	109	2310,2	
11 (A2 B2C2)	109	2426,5	
14 (A3 B1C2)	109	1907,4	**D**
17 (A3 B2 C2)	109	1746,1	**D**
20 (A4 B1 C2)	109	1782,5	**D**
23 (A4 B2 C2)	109	1853,7	**D**
1 (A1B1C1)	159	1783,9	**D**
4 (A1 B2C1)	159	1753,7	**D**
7 (A2 B1C1)	159	1869,9	**D**
10 (A2 B2C1)	159	1761,9	**D**
13 (A3 B1C1)	159	1719,1	**D**
16 (A3 B2C1)	159	1654,3	**D**
19 (A4 B1 C1)	159	1729,9	**D**
22 (A4 B2 C1)	159	1666,6	**D**

En el análisis de dominancia el ordenamiento de los tratamientos se realizó en función de los costos que varían, del menor al mayor costo, con su correspondiente beneficio Cuadro 71.

Cuadro 72. Tratamientos no dominados en choclo

Tratamiento Nº	Total Beneficio Neto $/ha	Total Costos Varían $/ha
	USD	USD
3 (A1B1C3)	1515,3	23
11 (A2 B2C2)	2426,5	109

Con el análisis de dominancia, se determinó que los tratamientos T3: A1B1C3 (cepa3-Tungurahua + Método de inoculación sólida + sin fertilización inorgánica), y T11: A2B2C2 (cepa2-Bolívar + Método de inoculación líquida + fertilización inorgánica media al 50%) resultaron ser no dominados, y con el mayor beneficio neto ($/ha); sin embargo los tratamientos T5, T8 fueron también no dominados pero con menor beneficio neto ($/ha) Cuadro 72.

Cuadro 73. Análisis marginal en choclo

Tratamiento Nº	Costos que varían ($/ha)	Costos marginales ($/ha)	Beneficios netos ($/ha)	Beneficios netos marginal ($/ha)	Tasa de retorno marginal
3 (A1B1C3)	23		1515,3		
		86		911	1059,53 %
11 (AB2C2)	109		2426,5		

La tasa de retorno marginal, se calculó utilizando la siguiente fórmula:

$$TMR = \Delta BN / \Delta CV \times 100$$

Donde:

TMR= Tasa marginal de retorno

ΔBN= Incremento beneficio neto

ΔCV= Incremento costos que varían (CIMMYT. 1988).

Al analizar los tratamientos no dominados, con el análisis de retorno marginal, se evaluó que el mejor tratamiento fue el T11: A2B2C2 (cepa2-Bolívar + Método de inoculación líquida + fertilización inorgánica media al 50%) con una tasa de retorno marginal de 1059,53 % lo que quiere decir que por cada dólar invertido retornó 10,59 dólares siendo un valor alto con una alta probabilidad de adopción de tecnología por parte de los productores/as Cuadro 73.

Cuadro 74. Análisis económico en seco qq/ha

Tratamientos	Redimiento medio qq/ha(maíz seco)	Rendimiento ajustado al 10% qq/ha (maiz seco)	Beneficios Brutos de campo ($/ha)	Costo del fertilizante inorgánico ($/ha)	Costo de mano de obra para aplicar ($/ha)	Costo del biofertilizante ($/ha)	Costo de la mano de obra para aplicar ($/ha)	Total de costos que varian ($/ha)	Beneficios netos ($/ha)
1 (A1B1C1)	91	81,90	2375	104	32	15	8	159	2216
2 (A1B1C2)	87	78,30	2271	70	16	15	8	109	2162
3 (A1B1C3)	60	54,00	1566	0	0	15	8	23	1543
4 (A1 B2C1)	100	90,00	2610	104	32	15	8	159	2451
5 (A1 B2C2)	76	68,40	1984	70	16	15	8	109	1875
6 (A1 B2C3)	58	52,20	1514	0	0	15	8	23	1491
7 (A2 B1C1)	93	83,70	2427	104	32	15	8	159	2268
8 (A2 B1C2)	100	90,00	2610	70	16	15	8	109	2501
9 (A2 B1C3)	69	62,10	1801	0	0	15	8	23	1778
10 (A2 B2C1)	93	83,70	2427	104	32	15	8	159	2268
11 (A2 B2C2)	104	93,60	2714	70	16	15	8	109	2605
12 (A2 B2C3)	71	63,90	1853	0	0	15	8	23	1830
13 (A3 B1C1)	78	70,20	2036	104	32	15	8	159	1877
14 (A3 B1C2)	89	80,10	2323	70	16	15	8	109	2214
15 (A3 B1C3)	58	52,20	1514	0	0	15	8	23	1491
16 (A3 B2C1)	87	78,30	2271	104	32	15	8	159	2112
17 (A3 B2C2)	93	83,70	2427	70	16	15	8	109	2318
18 (A3 B2C3)	67	60,30	1749	0	0	15	8	23	1726
19 (A4 B1C1)	93	83,70	2427	104	32	15	8	159	2268
20 (A4 B1C2)	82	73,80	2140	70	16	15	8	109	2031
21 (A4 B1C3)	67	60,30	1749	0	0	15	8	23	1726
22 (A4 B2C1)	93	83,70	2427	104	32	15	8	159	2268
23 (A4 B2C2)	91	81,90	2375	70	16	15	8	109	2266
24 (A4 B2C3)	64	57,60	1670	0	0	15	8	23	1647

4.8.2 Análisis económico en seco qq/ha

Se realizó mediante el análisis de presupuesto parcial propuesto por el CIMMYT (1988), para lo cual, una vez obtenido el rendimiento de maíz en qq /ha al 14 % de humedad, se realizó un ajuste del 10 % con el fin de reflejar la diferencia entre el rendimiento experimental y el que el agricultor podría lograr Cuadro 74.

Este rendimiento ajustado se multiplicó con el valor unitario del producto, para obtener el beneficio bruto, y se establecieron todos los costos que variaron en cada uno de los tratamientos, para luego, calcular el beneficio neto (beneficio bruto – total de costo que variaron en cada tratamiento). Con los beneficios netos y los costos que variaron, se estableció el análisis de dominancia, para lo cual primero se ordenó a los tratamientos de menor a mayor, de acuerdo a los totales de costos que variaron. Se dice entonces que un tratamiento es dominado cuando tiene beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costos que variaron, para posteriormente calcular la tasa de retorno marginal.

El análisis económico, se realizó en el mes de Agosto del 2011, considerando los resultados de los rendimientos obtenidos en el ensayo de campo.

De acuerdo con información obtenida en los mercados de Guaranda, el precio promedio del qq de maíz fue de 29 dólares americanos:

El precio del fertilizante inorgánico fue de 34,74 dólares americanos por saco de Urea, y 33,70 dólares americanos por saco de sulpomag.

De acuerdo con información del Programa de Maíz el costo de producción del biofertilizante líquido y sólido fue de 15,00 dólares americanos por cada funda, que contiene 300 g de biofertilizante (sólido) y 50 ml de biofertilizante (líquido), para 35 kg de semilla de maíz.

Cabe señalar que cuando el análisis estadístico de los resultados de un ensayo indica, que no hay diferencias estadísticas significativas entre tratamientos no es

necesario realizar el análisis económico, únicamente se selecciona el tratamiento con los rendimientos más altos. Sin embargo se realizó el análisis económico para determinar el o los tratamientos con la mejor tasa de retorno marginal.

Al realizar el análisis de presupuesto parcial, Cuadro 74, se observó que el tratamiento T11: A2B2C2 (cepa2-Bolívar + Método de inoculación líquida + fertilización inorgánica media al 50 %) con 2605, 00 $/ha presentó el mayor beneficio neto. Mientras tanto, el tratamiento T21: A1B1C3 (cepa3- Tungurahua + Método de inoculación sólido + sin fertilización inorgánica) presentó el menor beneficio neto con 1.543,00 $/ha.

Cuadro 75. Análisis de dominancia en seco

Tratamiento Nº	Total de costos que varían	Beneficios netos ($/ha)	Dominancia
9 (A2 B1C3)	23	1778	
3 (A1B1C3)	23	1543	**D**
6 (A1 B2C3)	23	1491	**D**
12 (A2 B2C3)	23	1830	**D**
15 (A3 B1C3)	23	1491	**D**
18 (A3 B2 C3)	23	1726	**D**
21 (A4 B1 C3)	23	1726	**D**
24 (A4 B2 C3)	23	1647	**D**
2 (A1B1C2)	109	2162	
5 (A1 B2C2)	109	1875	**D**
8 (A2 B1C2)	109	2501	
11 (A2 B2C2)	109	2605	
14 (A3 B1C2)	109	2214	**D**
17 (A3 B2 C2)	109	2318	**D**
20 (A4 B1 C2)	109	2031	**D**
23 (A4 B2 C2)	109	2266	**D**
1 (A1B1C1)	159	2216	**D**
4 (A1 B2C1)	214	2451	**D**
7 (A2 B1C1)	214	2268	**D**
10 (A2 B2C1)	214	2268	**D**
13 (A3 B1C1)	214	1877	**D**
16 (A3 B2C1)	214	2112	**D**
19 (A4 B1 C1)	214	2268	**D**
22 (A4 B2 C1)	214	2268	**D**

En el análisis de dominancia el ordenamiento de los tratamientos se realizó en función de los costos que varían, con su correspondiente beneficio neto ($/ha) Cuadro 75.

Cuadro 76. Tratamientos no dominados en seco

Tratamientos No Dominados		
Tratamiento Nº	**Total Beneficio Neto $/ha**	**Total Costos Varían $/ha**
9 (A2 B1C3)	1778,0	23
11 (A2 B2C2)	2605,0	109

En el análisis de dominancia, Cuadro 76, se determinó que los tratamientos T9: A2B1C3 (cepa2-Bolívar + Método de inoculación sólida + sin fertilización inorgánica), y T11: A2B2C2 (cepa2-Bolívar + Método de inoculación líquida + fertilización inorgánica media al 50%) resultaron ser no dominados.

Cuadro 77. Análisis marginal en seco

Tratamiento Nº	**Costos que varían ($/ha)**	**Costos marginales ($/ha)**	**Beneficios netos ($/ha)**	**Beneficios netos marginal ($/ha)**	**Tasa de retorno marginal**
9 (A2 B1C3)	23		1778		
		86		827	961,63
11 (AB2C2)	109		2605		

Al analizar los tratamientos no dominados, con el análisis de retorno marginal, se encontró que el mejor tratamiento alcanzado fue para T11: A2B2C2 (cepa2-Bolívar + Método de inoculación líquida + fertilización inorgánica media al 50%) con una tasa de retorno marginal de 961,63 % lo que equivale a que por cada dólar invertido retornó 9,6 dólares, que es un valor alto, que atraería la inversión hacia esta nueva alternativa de producción del cultivo de maíz en seco Cuadro 77.

Estos resultados son iguales a los reportados por el INIAP; Monar, C.; productores/as ya que el cultivo de maíz es más rentable en choclo que en seco.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

En base a los análisis estadísticos, agronómicos y económicos se sintetizan las siguientes conclusiones:

- Durante el desarrollo del cultivo y mediante los resultados obtenidos se concluyó que la mejor cepa fue A2 (cepa2-Bolívar) con 4000,00 UFC/ggs a la Floración masculina; 78055,56 UFC/ggs a la cosecha en choclo y 3500,00 UFC/ggs a la cosecha en seco.

- Se pudo determinar una mejor adaptación y con mayor población de cepas de **Azospirillum spp.** en el método de inoculación líquida más que en el método de inoculación sólida. Sin embargo se obtuvo resultados similares en cuanto a rendimiento en choclo con 10,28 t/ha ; en cuanto a la cosecha en seco se registro una pequeña diferencia presentando el mejor rendimiento en el método de inoculación líquida con 3,72 t/ha.

- Se determinó que la mejor dosis fue fertilización inorgánica media al 50 % es decir 55 Kg/ha; obteniendo rendimientos de 11,21 t/ha de maíz en choclo y 4,05 t/ha de maíz en seco, observándose incrementos notables en el rendimiento tanto en choclo como en maíz, en comparación con las demás dosis de (N) aplicadas.

- En lo referente a la interacción de los factores el mejor tratamiento fue A2B2C2 (cepa2-Bolívar + método de inoculación líquida + fertilización inorgánica media al 50%) con 13,00 t/ha de maíz en choclo y 4,67 t/ha de maíz en seco siendo una alternativa más rentable para la producción del cultivo de maíz en esta zona agroecológica.

- Al realizar el análisis de regresión y correlación se pudo determinar que las variables que aumentaron el rendimiento fueron: Altura de inserción de la mazorca, Diámetro del choclo, Nresiduos Kg/ha, Nbrácteas, Población de **Azospirillum spp.** a la cosecha en choclo, Población de **Azospirillum spp.** a la cosecha en seco.

- En cuanto a la eficiencia agronómica y química del (N) en el cultivo de maíz INIAP-111 Guagal mejorado se logró determinar que el mejor tratamiento fue A2B2C2 (cepa2-Bolívar + método de inoculación líquida + fertilización inorgánica media al 50%) con 63,28 % de eficiencia del fertilizante, lo que significa que, por cada Kg de (N) aplicado al suelo la planta lo absorbe en un 63,28 % y 27,27 kg/ha de eficiencia agronómica del cultivo, es decir que por cada Kg de (N) aplicado se obtiene 27,27 kg de maíz/ha.

- Con el análisis de la herramienta Índice de Nitrógeno 4.4, con los datos físicos, químicos y biológicos del suelo así como agronómicos del cultivo obtenidos durante el desarrollo de esta investigación se determinó que el tratamiento A2B2C2 (cepa2-Bolívar + método de inoculación líquida + fertilización inorgánica media al 50%) presentó la mejor eficiencia del sistema con 49 %; es decir, cuanto de (N) disponible está siendo utilizado por las plantas.

- Mediante el análisis de presupuesto parcial se concluyó que el tratamiento T11: A2B2C2 (cepa2-Bolívar + Método de inoculación líquida + fertilización inorgánica media al 50%), fue el mejor. Obteniendo una tasa de retorno marginal de 961,63 % lo que equivale a que por cada dólar invertido retornó 9,6 dólares en cuanto a maíz en seco y una tasa de retorno marginal de 1059,53 % que equivale a que por cada dólar invertido retornó 10,59 dólares siendo un valor alto con una alta probabilidad de adopción de tecnología por parte de los productores/as.

5.2. RECOMENDACIONES

- Validar en las zonas agroecológicas maiceras de la provincia Bolívar como son Guaranda; San Miguel; San Pablo y Chillanes, las cepas recolectadas en Tungurahua. Chimborazo y Bolívar, incluyendo un testigo sin la inoculación de cepas.

- En la inoculación de cepas se recomienda realizar el método líquido al momento de la siembra aplicado directamente sobre la semilla, en una dosis de 50 ml de biofertilizante líquido para 35 Kg/ha de semilla utilizando melaza.

- Para las zonas agroecológicas maiceras de la provincia Bolívar se recomienda validar la dosis de 0, 60 y 120 Kg/ha de (N), aplicadas en forma fraccionada en tres Aplicaciones 40, 80 y 110 días después de la siembra.

- La siembra de maíz en la provincia de Bolívar se recomienda realizarla en labranza reducida (únicamente los surcos) separados cada 80 cm y entre plantas sembrar 3 semillas cada 50 cm para posteriormente realizar un raleo a dos plantas/sitio.

- Para el control de gusanos de la mazorca como **Heliothis zea** y **Euxesta eluta**, a pequeña escala se recomienda el uso de aceite vegetal aplicada en la floración femenina en tres frecuencias con un gotero en dosis de dos a tres gotas/flor femenina de maíz.

- Validar las cepas de **Azospirillum spp.** en sistemas asociados de maíz y frejol para lo cual se recomienda realizar los surcos a 0.50 cm; entre plantas y 0.80 cm entre surcos; 3 semillas de maíz y una de fréjol. La siembra realizar en labranza reducida.

- Para la evaluación de cepas de **Azospirillum spp.**; no se recomienda la utilización de plaguicidas.

VI. RESUMEN Y SUMMARY

6.1. RESUMEN

A nivel nacional el cultivo de maíz es una fuente de trabajo para miles de ecuatorianos. La producción de maíz se realiza principalmente en terrenos de topografía irregular, donde prevalece el minifundio y en un 86% el sistema de producción es el maíz asociado con frejol voluble de tipo Mixturiado.

Mediante estudios realizados por el Departamento de Manejo de Suelos y Aguas (DMSA), se ha demostrado que el nitrógeno (N) es el principal elemento limitante de la producción y debido a una baja eficiencia del mismo, el cual se lixivia como Nitratos, se volatiliza como Amonio y NO2, dando como efecto la contaminación de acuíferos y del ambiente.

Mediante varios experimentos, se logró determinar que gran parte de la contaminación del medio ambiente, ocasionada por los fertilizantes inorgánicos y los daños que causa sobre los seres vivos puede reducirse con la utilización de los biofertilizantes microbianos a base de cepas de **Azospirillum spp.**

Por ser la Provincia Bolívar considerada una de las principales productoras de maíz y siendo el (N) el principal limitante para un buen desarrollo del cultivo el Programa de Maíz del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) junto con la Universidad Estatal de Bolívar han visto en la necesidad de realizar la presente investigación orientada a validar el efecto de tres cepas de **Azospirillum spp.** y una mezcla resultado de las tres cepas con dos tipos de inoculación y tres dosis de fertilización en el cultivo de maíz variedad INIAP-111 Guagal Mejorado en un diseño de bloques completos al azar (DBCA) en arreglo factorial 4 x 2 x 3, para lo cual se plantearon los siguientes objetivos: **i)** Seleccionar la cepa de **Azospirillum spp.** más eficiente en la producción del cultivo de maíz **(Zea mays L.)** para la zona agroecológica de Laguacoto II, provincia Bolívar **ii)** Seleccionar el método más eficiente de inoculación de **Azospirillum spp.** para el cultivo de maíz **(Zea mays L.), iii)** Evaluar la mejor dosis de N que complemente a **Azospirillum spp**. para una

eficiente producción del cultivo de maíz, **iv)** Realizar un análisis económico de presupuesto parcial y tasa marginal de retorno, y de esta manera validar las investigaciones realizadas anteriormente en otras provincias de la serranía ecuatoriana.

Mediante los pruebas realizadas tanto en campo como en laboratorio se logró determinar que la mejor cepa a base de **Azospirillum spp.** fue la cepa A2 (cepa2-Bolívar) con 78055,56 UFC/ggs a la cosecha de maíz en choclo y 3500,00 UFC/ggs a la cosecha de maíz en seco. En lo referente al método de inoculación de las semillas de maíz tuvo una mejor respuesta y adaptación al medio el método de inoculación liquida y en cuanto a las dosis de fertilización inorgánica la mejor dosis fue la fertilización inorgánica media al 50 %, es decir 55 Kg/ha de N; obteniendo rendimientos de 11,21 t/ha de maíz en choclo y 4,05 t/ha de maíz en seco.

Con la prueba de Tukey al 5 %, se logró determinar que la mejor interacción de los factores en cuanto al rendimiento fue A2B2C2 (cepa2-Bolívar + método de inoculación líquida + fertilización inorgánica media al 50%) con 13,00 t/ha de maíz en choclo y 4,67 t/ha de maíz en seco.

Mediante el análisis económico de presupuesto parcial y tasa de retorno marginal se concluyó que el mejor tratamiento tanto para choclo como maíz en seco fue el T11: A2B2C2 (cepa2-Bolívar + Método de inoculación líquida + fertilización inorgánica media al 50%) con una tasa de retorno marginal de 1059,53% para choclo y 961,63 % en maíz en seco.

Finalmente este estudio permitió reducir el uso de (N) sintético a un 50% de la dosis más alta aplicada al cultivo por el mejoramiento de la eficiencia química y agronómica del (N), lo que contribuye a la reducción de la contaminación del medio ambiente y una producción en proceso ecológico del maíz para choclo y seco, contribuyendo a la seguridad alimentaria.

6.2. SUMMARY

Nationally, maize is a source of work for thousands of Ecuadorians. Corn production is mainly in areas of irregular topography where small farmers prevail in 86% and the production system is maize associated with beans Mixture types.

In studies by the Department of Soil and Water Management (DMSA) has shown that nitrogen (N) is the main limiting factor of production and low efficiency because of it, which is leached as nitrate, volatilized as ammonia and NO2, giving the effect of contamination of aquifers and the environment Through several experiments, it was determined that much of the environmental contamination caused by inorganic fertilizers and the damage caused to people can be reduced with the use of bio-fertilizer microbial strains of **Azospirillum spp.**

As the Bolivar Province considered one of the leading producers of corn and (N) being the main limiting factor for good crop development. Corn Program National Autonomous Institute for Agricultural Research (INIAP) with Bolivar State University have seen the need for this research aimed to validate the effect of three strains of **Azospirillum spp.** and a mixture of the three strains resulted in two types of three doses of inoculation and fertilization on maize Guagal INIAP-111 improved design of a randomized complete block (RCBD) in a factorial arrangement 4 x 2 x 3, with the following objectives**: i)** Select the strain of **Azospirillum spp.** more efficient in the production of maize (**Zea mays L.)** for Laguacoto agro-ecological zone, Bolívar province **ii)** Select the most efficient method of inoculation of Azospirillum spp. for maize (**Zea mays L**.), **iii)** evaluate the best dose of (N) to complement **Azospirillum spp.** for efficient production of maize, **iv)** Make an economic analysis of partial budget and marginal rate of return, and thus validate earlier research in other provinces of the Ecuadorian highlands.

Through both field tests and laboratory it was determined that the best strain of **Azospirillum spp.** based strain was A2 (cepa2-Bolívar) with 78055.56 UFC / ggs to harvest corn in corn and 3500.00 CFU / ggs-harvest dry corn. With regard to the method of inoculation of maize seeds had a better response and adaptation to the

liquid inoculation method and as to the dose of inorganic fertilizer dose was the best half inorganic fertilization was 50% or 55 Kg / ha of N with yields of 11.21 t / ha of maize choclos and 4.05 t / ha of dry corn.

With the Tukey test at 5%, it was determined that the best interaction of the factors in performance was A2B2C2 (cepa2-Bolívar + liquid inoculation method inorganic fertilizer + half at 50%) to 13.00 t / ha of corn choclos and 4.67 t / ha of dry corn.

By analyzing the partial budget and marginal rate of return was concluded that the best treatment for both corn choclos and dry corn was the T11: A2B2C2 (cepa2-inoculation method Bolivar + liquid + inorganic fertilizer half at 50%) with a rate of marginal return of 1059,53 to corn choclo and 961.63% in dry corn.

Finally, this study allowed us to reduce the use of synthetic (N) 50% of the crop requirement for the improvement of agricultural chemical efficiency of (N), which contributes to reducing environmental pollution and start clean production of corn and dry corn to conytrbute food security.

VII. BIBLIOGRAFÍA

1.- ALVARADO, S; CORDOVA, J; LOPEZ, M. 2000. Metodología de análisis Físico químico de suelos, aguas y foliares. Tercera aproximación. Laboratorio del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas. Estación Experimental Santa Catalina. INIAP. Quito- Ecuador. Pp 6 - 24.

2.- AMOOAGHAIE, R., MOSTAJEREN, A., EMTIAZI, G. 2002. The effect of compatible and incompatible **Azospirillum brasilense** strains on proton efflux of intact maize roots- **Azospirillum** and proton efflux of maize root. Plant soil. Pp. 155 – 160. Traducido por: http://translate.google.com.ar/translate?hl=es&langpair=en%7Ces&u=http://www.uom.ac.mu/Polymer/files/downloads/articles/uom18.pdf

3- BASHAM, Y., AND LEVANONY, H. 1990. Current status of **Azospirillum** inoculation thecnology: **Azospirillum** as a challenge for agriculture. Microbiology. Pp. 591 - 608. Traducido por: http://translate.google.com.ar/translate?hl=es&langpair=en%7Ces&u=http://www.uom.ac.mu/Polymer/files/downloads/articles/uom18.pdf

4.- BASHAN, Y., Holguin, G. 1997. Interacciones entre plantas y Microorganismos benéficos. I**. Azospirillum.** Terra. p. 194.

5.- BAVER, GARNER, Y., GARDNER. 1991. Física de Suelos. Editores Noriega. México D. F. p.53.

6.- BERNAL, G., GRAHAM, P H. 2001. Diversity in the rhizobiaassociated with **Phaseolus vulgaris** L. in Ecuador, and comparisons with Mexican bean rhizobia. Canadian Journal of Microbiology. Pp. 531. Traducido por:

http://translate.google.com.ar/translate?hl=es&langpair=en%7Ces&u=http://www.uom.ac.mu/Polymer/files/downloads/articles/uom18.pdf

7.- BERNAL,G., SUAREZ, A., JEREZ., M., CAMPAÑA. 2002. Inoculación de la semilla de leguminosas con la bacteria **Rhizobium.** Plegable Divulgativo No. 195. Estación Experimental Santa Catalina. INIAP. Quito – Ecuador.

8.- BURDMAN, S., Y. Okon, and E. Jurkevitch**.** 2000. Surface characteristics of **Azospirillum brasilense** in relation to cell aggregation and attachment to plant roots. Crit. Rev. Microbiol. p. 110.

9.- CABALLERO, J. 1998. El género **Azospirillum** (en línea). Cuernavaca, MX, Universidad Nacional Autonoma de México UNAM. Disponible en: http//bibliooweb.dgsca.unam.mx/libros/microbios /cap10

10.- CABALLERO, J. 2001. Estudio de la distribución y la diversidad genética de algunas especies de diazótrofos. México DF, MX. snt. p. 2.

11.- CAVIEDES, M., YÁNEZ, C., SILVA, E., DOBRONSKY, J., ZAMBRABO, L., CAICEDO, M., HEREDIA, J., 2002. Nueva Variedad de Maíz Blanco Harinoso INIAP-101. Boletín divulgativo No. 82. Programa de Maíz, Estación Experimental Santa Catalina. Quito-Ecuador. p.8

12.-CIMMYT. (Centro Internacional de Mejoramiento de Trigo y Maíz) 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. México, D.F., MX. p. 79.

13.- COOL, A. 2010. Evaluación del biofertilizante a base de cepas de

Azospirillum spp. en el cultivo de maíz (**zea mays l.)** variedad iniap 101,en complemento con tres tipos de fertilización, en el sector ainche, provincia de chimborazo.

14- CREA Venado Tuerto, Ing. Boxler, año 2003).

15.- CRONQUIST, A. 1988. The Evolution and classification of flowering plants. The New York bot. Gard. 12th ed. New York, US. Pp. 555. Traducido por:http://translate.google.com.ar/translate?hl=es&langpair=en%7Ces&u=http://www.uom.ac.mu/Polymer/files/downloads/articles/uom18.pdf

16.- GONZÁLEZ, A., RAISMAN, J. 2000. Ciclos Biogeoquímicos. Tomado de: http:/ fai. unne.edu. ar/ biología/ planta/ ciclogeo. htm/ Nutrición. Consultado el Agosto de 2009. Traducido por: http://translate.google.com.ar/translate?hl=es&langpair=en%7Ces&u=http://www.uom.ac.mu/Polymer/files/downloads/articles/uom18.pdf

17.- DELGADO, J. y MONAR, C. 2010. Eficiencia de N. ARS. USDA. Colorado.UIA. p. 10.

18.- DÖBEREINER, J., Urquiaga, S. 1995. Alternatives for nitogen of crops in tropical soil. Fertilizer Research. Pp: 346. Traducido por: http://translate.google.com.ar/translate?hl=es&langpair=en%7Ces&u=http://www.uom.ac.mu/Polymer/files/downloads/articles/uom18.pdf

19.- DOBRONSKI. J; SILVA. E; VÁSQUEZ. J. 1998. Control del gusano de la mazorca de maíz mediante el uso de aceite vegetal. Plegable Divulgativo No. 166. INIAP-COSUDE. Quito- Ecuador.

20.- DOMINGUEZ, A. 1989. Abono de hortalizas aprovechadas por sus frutos. Madrid: Ministerio de la Agricultura, Pesca y Alimentación. Pp.16.

21.- ENCICLOPEDIA PRACTICA DE AGRICULTURA Y GANADERIA. 1995. Producción ANDES, J. y Agrícola Santa Fe. Bogotá, Colombia. p. 114.

22.- ESPINOZA, L. 2004. Caracterización y selección de la bacteria diazotrófica **Azospirillum spp**., asociado con el maíz de altura (Zea **mays L**). INIAP. Tesis Ingeniero. Agrónomo. Estación Experimental Santa Catalina. Quito-Ecuador. p.90.

23. EL KHAWAS, M., AND ADACHI, K. 1999. Identification and cuantification of auxins in the cultura media of **Azospirillum** and **klebsiella** and their effect on rice roots. Fertility Soils. Pp. 381. Traducido por: http://translate.google.com.ar/translate?hl=es&langpair=en%7Ces&u=http://www.uom.ac.mu/Polymer/files/downloads/articles/uom18.pdf

24.- FAIRHURST, T.; WITT, C. 2002. Guía Práctica para el Manejo de Nutrientes. España. Pp 1-40.

25.- FALLICK, E.; OKON, Y.; FISCHER, M. 1988. Growth response of maize roots to **Azospirillum** inoculation. Effect of soil organic matter content, number of rhizosphere bacteria and tuning of inoculation. Soil Biol. Biochem. p. 49. Traducido por: http://translate.google.com.ar/translate?hl=es&langpair=en%7Ces&u=http://www.uom.ac.mu/Polymer/files/downloads/articles/uom18.pdf

26.- FAO, (Food and Agriculture Organization) 1996. Fijación biológica del Nitrógeno. Desde el surco. Impresión Publingragf. Quito, Ecuador. Pp 54-56.

27.- Fuentes Principales de Nitrógeno y Aguas Subterráneas. 2003. Art. de Divulgación . Disponible en. http://ecoplexity.org/node/596

28- FRONTERA, G.Nota Técnica Crinigan S.A. 2006. Disponible en www.drcalderonlabs.com

29- GIRARD, H., ROUGIEX, R. 1964. Técnica de Microbiología Agrícola. Zaragoza – España. p. 244.

30.- HERRERA, J. sf. 2001. Enciclopedia Práctica de la Agricultura y la Ganadería. Editorial, Océano. Barcelona, España. p. 472

31.- HESENAL, P. La erosion Extrema de Suelos por el Agua. 2002. Rapp. Francia. p. 75.

32- IBPGR. 1991. Descriptors for Maize. Internacional Maize and Weat. Improvement Center. Mexico City /Internacional Board for Plant Genetic Resources. Rome. Pp. 9 - 25. Traducido por: http://translate.google.com.ar/translate?hl=es&langpair=en%7Ces&u=http://www.uom.ac.mu/Polymer/files/downloads/articles/uom18.pdf

33.- Impacto ecológico, Geoteécnia e Hidrología, Control de pérdidas Disponible en :http://www.copersaingenieria.com/home.htm.

34- INIAP. 2003. Catálogo de Recursos Genéticos de Maíces de Altura Ecuatoriana. Programa de Maíz. EESC. Quito, Ecuador. p. 131

35- INIAP, 2007. Manejo de Nutrientes por Sitio Especifico con Labranza de Conservación en el Cultivo de Maíz. Departamento de Suelos y Agua. Estación Experimental Santa Catalina. Quito-Ecuador. Pp. 10 - 30

36.- INIAP/PNRT-PAPA, 2008. Guía para el manejo y toma de datos de ensayos de mejoramiento de papa. Instituto nacional autónomo de investigaciones

agropecuarias. Programa nacional de raíces y tubérculos - papa. Documento por publicar. Quito- Ecuador. Pp. 25 - 38

37.- JUGENHEIMER, R. 1997. Identificación de Problemas en la Producción de Maíz Tropical, Guía de Campo. México, CIMMYT Pp. 100-102.

38.- JACKSON. M.L. 1982. Análisis Químico de Suelos. OMEGA S.A. Barcelona. Pp. 32-45.

39- KAPULNIK, Y., M. Feldman, Y. Okon, and Y. Henis. 1985. Contribution of nitrogen fixed by **Azospirillum** to the N nutrition of spring wheat in Israel. Soil Biol. Biochem. p. 515. Traducido por: http://translate.google.com.ar/translate?hl=es&langpair=en%7Ces&u=http://www.uom.ac.mu/Polymer/files/downloads/articles/uom18.pdf

40.- KASS, D. 1998. .Fertilidad de los suelos.. 1era impresión. EUNED. San José, Costa Rica. p. 233 .

41.- KAMNEV, A., ANTONYUK, L., MATORA, L., IGNATOV, V. 1999. Spectroscopic characterization of cell membranes and their constituents of the plant associated soil bacterium **Azospirillum brasilense**. Molecular Structure. Pp. 387 - 393. Traducido por: http://translate.google.com.ar/translate?hl=es&langpair=en%7Ces&u=http://www.uom.ac.mu/Polymer/files/downloads/articles/uom18.pdf

42- KENNEDY, R., CHELLAPILAI, D. 1998. Synergistic effect of VMA, **Azospirillum** and phosphobacteria on growth response and nutrient uptake of shoal tree species. Pp. 308 - 312. Traducido por: http://translate.google.com.ar/translate?hl=es&langpair=en%7Ces&u=http://www.uom.ac.mu/Polymer/files/downloads/articles/uom18.pdf

43.- KRAFFCZYK, I., TOLLDEINER, G., BERINGER, H. 1984. Soluble roots exudates of maize: in fluence of potassium supply and rhyzosphere microorganism. Soil Biol. Biochem, 16: 315-322. Traducido por: http://translate.google.com.ar/translate?hl=es&langpair=en%7Ces&u=http://www.uom.ac.mu/Polymer/files/downloads/articles/uom18.pdf

44- LAFITTE, H. (1994). Efectos de la labranza mínima en el crecimiento y rendimiento del maíz. XI Seminario Labranza de conservación en maíz. ICA-PROCIANDINO. El Batán (Mex). Pp. 71-87.

45.-LANGDALE, S. 1982. Citado por Lopez. 1991.

46.- MANUAL AGROPECUARIO. Tecnologías Orgánicas de la Granja Integral Autosuficiente. 2004. Colombia. Pp. 23-34

47.- MAROTO, J. 1998. Horticultura Herbácea especial. Cuarta edición. Ediciones Mundi Prensa. Madrid. Pp. 589 - 593.

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

49.- MARTIN, A. 1980. Introducción a la Microbiología del Suelo. Ed. AGT. México. Pp. 11-116

50.- MONAR, C. 1994. Informe Anual de Actividades. UVIT-B., Guaranda, Ecuador. p. 52.

51.- MONAR, C. 1995. Informe Anual. Unidad de Validación y Transferencia de Tecnología- Bolívar. Guaranda, Ecuador. p. 33.

52.- MONAR, C. 1997. Informe Anual de Labores. Proyecto Integral Noreste de Bolívar (PI – NEB) – INIAP – FEPP. Guaranda, Ecuador. p. 40.

53- MONAR, C. 1999. Informe Anual de Labores. Proyecto Integral Noreste de Bolívar (PI – NEB) – INIAP – FEPP. Guaranda, Ecuador. p. 34.

54- MONAR, C. 2000. Informe Anual de Labores. Proyecto Integral Noreste de Bolívar (PI – NEB) – INIAP – FEPP. Guaranda, Ecuador. p. 34.

55- MONAR, C. y REA, A. 2003. Manejo Agronómico del Sistema de Cultivo de Maíz – Frejol voluble. Boletín Divulgativo. Guaranda, Ecuador. p. 34

56.- MONAR, C. 2004. Comunicación peronal

57.- MONAR, C. 2009. Informe Anual de Actividades. UVTT/C-Bolívar. INIAP, Guaranda, Ecuador. p. 28.

58.- MILANO, E. 2007. Qué son los Biofertilizantes y cómo nos pueden beneficiar. Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras. Publicación gratuita. Gobierno Bolivariano de Venezuela. Pp. 4 - 10.

59,- MOLINA, S. 2006. Desarrollo de un biofertilizante a partir de cepas de **Azospirillum spp**. para el cultivo de maíz (Zea mays L.) variedad INIAP-102 con dos fertilizaciones inorgánicas y dos fertilizaciones orgánicas. Tesis Ingeniero. Agrónomo. Universidad Técnica de Cotopaxi, Ciencias Agrícolas, Ambientales y Veterinarias, Ingeniería Agronómica. p. 96.

60.- MORTIMER, P., STOLP, H., TRUPER, H., BALOWS, A.,SCHLEGEL, H. 1981. The Prokariotes. A handbook on habitats, isolation, and

identification of bacteria. New York, US. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Vol. 1, Pp. 796 - 808. Traducido por: http://translate.google.com.ar/translate?hl=es&langpair=en%7Ces&u=http://www.uom.ac.mu/Polymer/files/downloads/articles/uom18.pdf

61.- NOROÑA, J. 2008. Caracterización y evaluación agromorfológica de 64 accesiones de maíz negro y 27 accesiones de maíz chulpi (**Zea mays L.**) colectados en la serranía del Ecuador. Tesis Ingeniero. Agrónomo. Universidad Técnica de Cotopaxi, Ciencias Agrícolas, Ambientales y Veterinarias, Ingeniería Agronómica. Pp. 32 - 34.

62.- PARSONS, D. 1998. Manual para la Educación Agropecuaria. Edición Trillas. p.72.

63.- PÉREZ, S.; TORRALBA, A. 1997.La fijación del Nitrógeno por los seres vivos. Seminario Fisiología Vegetal, 21.01. Facultad Biología Oviedo. Disponible en: http://scriptusnaturae.8m.com/Articulos/FijN/asociativa.html.

64.- PEREIRA, M., SAURA, G., FERNANDEZ, R., HIDALGO, J. 2001. Fijador de Nitrógeno, **Azospirillum spp.** Edit. FIAGRO (Fundación para la Innovación Tecnológica Agropecuaria), El Salvador. Pp: 123-137.

65.- PICCOLI, P., LUCANGELI, C., ACHNEIDER, G., BOTTINI, R. 1997. Hydrolysis of gibberellins to glucoside by **Azospirillum lipoferum** culture in a nitrogen free biotin based chemically defined medium. Plant Growth Regulator. Pp. 179 – 182. Traducido por: http://translate.google.com.ar/translate?hl=es&langpair=en%7Ces&u=http://www.uom.ac.mu/Polymer/files/downloads/articles/uom18.pdf

66.- RAMÍREZ, M. 2004. Desarrollo de un método alternativo de producción de almácigos de tomate con bacterias fijadoras de nitrógeno. Tesis Ingeniería

en Biotecnología. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Biología, Carrera de Ingeniería en Biotecnología. Cartago. p. 66.

67.- REYES, P. 1995. Fitogenotecnia Básica y Aplicada. AGT Editor, México. Pp. 384-388.

68.- RODRÍGUEZ, E., CÁCERES, A. 1982. Improved médium for Isolation of **Azospirillum spp.,** Applieta Microbiology and Environmental. p. 940 Traducido por: http://translate.google.com.ar/translate?hl=es&langpair=en%7Ces&u=http://www.uom.ac.mu/Polymer/files/downloads/articles/uom18.pdf

69.- SICA. 2006. IV Censo Nacional Agropecuario. Resultados nacionales y provinciales.

70.- SILVA, E., CAVIEDES, M., DOBRONSKY, J., ZAMBRABO, L., CAICEDO, M., HEREDIA, J., 1997. Variedad de Maíz Blanco Precoz INIAP-101. Boletín divulgativo No. 292. Programa de Maíz, Estación Experimental Santa Catalina. Quito-Ecuador.

71.- SUQUILANDA, M. 1996. Agricultura Orgánica. Quito, Ec., Ediciones UPS FUNDAGRO. Pp. 46 - 250.

72.- SUQUILANDA, M. 1999. Agricultura Orgánica. Quito, Ec., Edicioones UPS FUNDAGRO. Pp 46 - 250.

73.- SUQUILANDA, M. 2006. Agricultura Orgánica. Tercera Edición. Quito, Ec., Ediciones UPS FUNDAGRO. Pp. 95 - 126.

74.- TERRANOVA. 1995. Producción Agrícola 1. Bogotá, Colombia. Terranova editor. Tomo 1. Pp. 110 - 112.

75.- THULER, D., NADRO, W., BARBOSA, H. 2003. Plant growth regulator and amino acids released by **Azospirillum spp.** In chemicals defined media. Microbiology. Pp. 174 -178. Traducido por: http://translate.google.com.ar/translate?hl=es&langpair=en%7Ces&u=http://www.uom.ac.mu/Polymer/files/downloads/articles/uom18.pdf

76.- TSGOU, V., KEFALOGIANNI, I., SINI, K., AGGELI, G. 2003. Metabolic activities in **Azospirillum** grown in the presence of NH4. Biotechnology. Pp. 574 - 578. Traducido por: http://translate.google.com.ar/translate?hl=es&langpair=en%7Ces&u=http://www.uom.ac.mu/Polymer/files/downloads/articles/uom18.pdf

77.- VERISSIMO, L. 1999. Enciclopedia Práctica de la Agricultura y la Ganadería. Editorial Océano. Barcelona, España. Pp. 309-313.

78.- WITT, C.; BALASUBRANANIAN, V.; DOBERMAN, A.; and BURESH, R. 2002. Nutrient management. Pp 1-45. In Fairhust, T. and C Witt (eds.) Rice: a practical guide for nutrient management. Potash and Phosphate Institute (PPI), Potash and Phosphate Institute of Canada (PPIC) and International Rice Research Institute (IRRI). Pp. 1-100.. Traducido por: http://translate.google.com.ar/translate?hl=es&langpair=en%7Ces&u=http://www.uom.ac.mu/Polymer/files/downloads/articles/uom18.pdf

79.- YÁNEZ, C., ZAMBRANO , J., CAICEDO, M., SANCHEZ, A., HEREDIA, J. 2003. Catalogo de Recursos Genéticos de Maíces de Altura Ecuatorianos. Programa de Maíz. INIAP. Ecuador. Pp. 1 -28.

80.- YÁNEZ, C., ZAMBRANO, J., CAICEDO, M., SÁNCHEZ, H., HEREDIA, J. 2004. Informe final del Proyecto IQ-CV-102. Identificación y desarrollo

de un biofertilizante para el cultivo de maíz en la sierra del Ecuador. INIAP. Ecuador. Pp. 41 - 49.

81.- YÁNEZ, C. 2007. Manual de Producción de Maíz para Pequeños Agricultores y Agricultoras. Programa de Maíz. INIAP. Ecuador. Pp 2 - 16.

82.- YOGODIN, B., MINOV, Y., PETERSBURSKI, D. 1986. Agroquímica Tomo I. Moscú MIR. p. 416.

83.- ZUBERER, D. 1990. Soil rhizosphere aspects of N2-fixing plant-microbe associations. En the Rhizosphere, John Wiley and sons Ed., Nueva York. Pp. 317-352. Traducido por: http://translate.google.com.ar/translate?hl=es&langpair=en%7Ces&u=http://www.uom.ac.mu/Polymer/files/downloads/articles/uom18.pdf

84.-http://www.slideshare.net/danielperez6/biopolmeros-8223250/uom18.pdf

85.- http://www.sagangea.org/hojaredsuelo/paginas/12hoja.html.

86.- http://edafologia.fcien.edu.uy/archivos/Reaccion%20del%20suelo.pdf

87.http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/$webindex/EEF13C22C2433D9186256A79005219DA/$file/IA+COM+4-3.pdf.

88.- http://aeiagro.galeon.com/aficiones1553013.html

89.- http://www.profesorenlinea.cl/Quimica/PolimerosCeluloAlmid.htm.

90.-http://www.pronaca.com/site/principal_india.jsp?arb=184/downloads/art.pdf.

ANEXOS

Anexo 1. Mapa físico de la localidad en estudio



Anexo 2. Número más probable (NMP) inicial de **Azospirillum spp.** por gramo de suelo, en el estudio "Evaluación del biofertilizante a base de cepas de **Azospirillum spp.** en el cultivo de Maíz **(Zea mays L.)** variedad INIAP-111, en complemento con tres tipos de fertilización". Laguacoto II Bolívar 2011.

Muestra No.	Procedencia	Número Característico	Número Bacterias	Dilución	Número Bacterias por dilución	NMP/g de suelo
1	Bolívar-Guaranda	0,0	0,0	100	0,00	$0,00x10^{1}$

Anexo 3. Medio NFB (nitrogen fixation biological) semi-sólido (Rodríguez y Cáceres, 1982).

Reactivos	Cantidad
Ácido Málico	5 g
K_2HPO_4	0.5 g
$MgSO_4\ 7H_2O$	0.2 g
$CaCl_2\ 2H_2O$	0.02 g
$Na_2MoO_4\ 2H_2O$	0.002 g
$MnSO_4$	0.01 g
$FeCl_3\ 6H_2O$	0.01 g
Biotina	0.01 g
Azul de Bromotimol	3 ml
Agar	1.75 g
Agua Destilada	997 ml
pH	7.0

Anexo 4. Tabla de Mc Crady: 3 tubos por dilución (Universidad Complutense, 2001).

Número Característico	Número de microbios	Número característico	Número de microbios	Número característico	Número de microbios
000	0,0	201	1,4	302	6,5
001	0,3	202	2,0	310	4,5
010	0,3	210	1,5	311	7,5
011	0,6	211	2,0	312	11,5
020	0,6	212	3,0	313	16,5
100	0,4	220	2,0	320	9,5
101	0,7	221	3,0	321	15,0
102	1,1	222	3,5	322	20,0
110	0,7	223	4,0	323	30,0
111	1,1	230	3,0	330	25,0
120	1,1	231	3,5	331	45,0
121	1,5	232	4,0	332	110,0
130	1,6	300	2,5	333	140,0
200	0,9	301	4,0		

Anexo 5. Clasificación del choclo Por su tamaño. Norma Ecuatoriana Obligatoria Norma: 1761 (INEN, 1991)

CLASE	**Diámetro ecuatorial (cm)**		**Longitud (cm)**	
	Mínimo	**Máximo**	**Mínimo**	**Máximo**
Primera clase		> o = 7		> o = 20,1
Segunda clase	4,0	6,9	10,0	20,0
Tercera clase		< o = 3,9		< o = 10,0

Anexo 6. Reactivación y purificación de cepas **Azospirillum spp.**

Previamente se deben preparar los medios de cultivo:

- Ácido Málico – Rojo Congo sólido para el aislamiento y purificación (Rodríguez y Cáceres 1982).

Reactivos	Cantidad
Ácido Málico	5 g
$MgSO_4\ 7H_2O$	0.2 g
K_2HPO_4	0.5 g
NaCl	0.1 g
$FeCl_3\ 6H_2O$	0.015 g
KOH	4.8 g
Extracto de Levadura	0.5 g
Solución Rojo – Congo	15 ml
Agar	15 g
Agua Destilada	985 ml
pH	7.0

- Solución Rojo – Congo

Reactivos	Cantidad
Agua destilada	400 ml
Rojo – Congo	1 G

Anexo 7. Peptona al 1 % para la reactivación (CIAT, 1988).

Reactivos	Cantidad
Peptona	0.1 g
Agua destilada	100

Anexo 8. Caldo Nutritivo para la fermentación (Girard y Rougieux 1964).

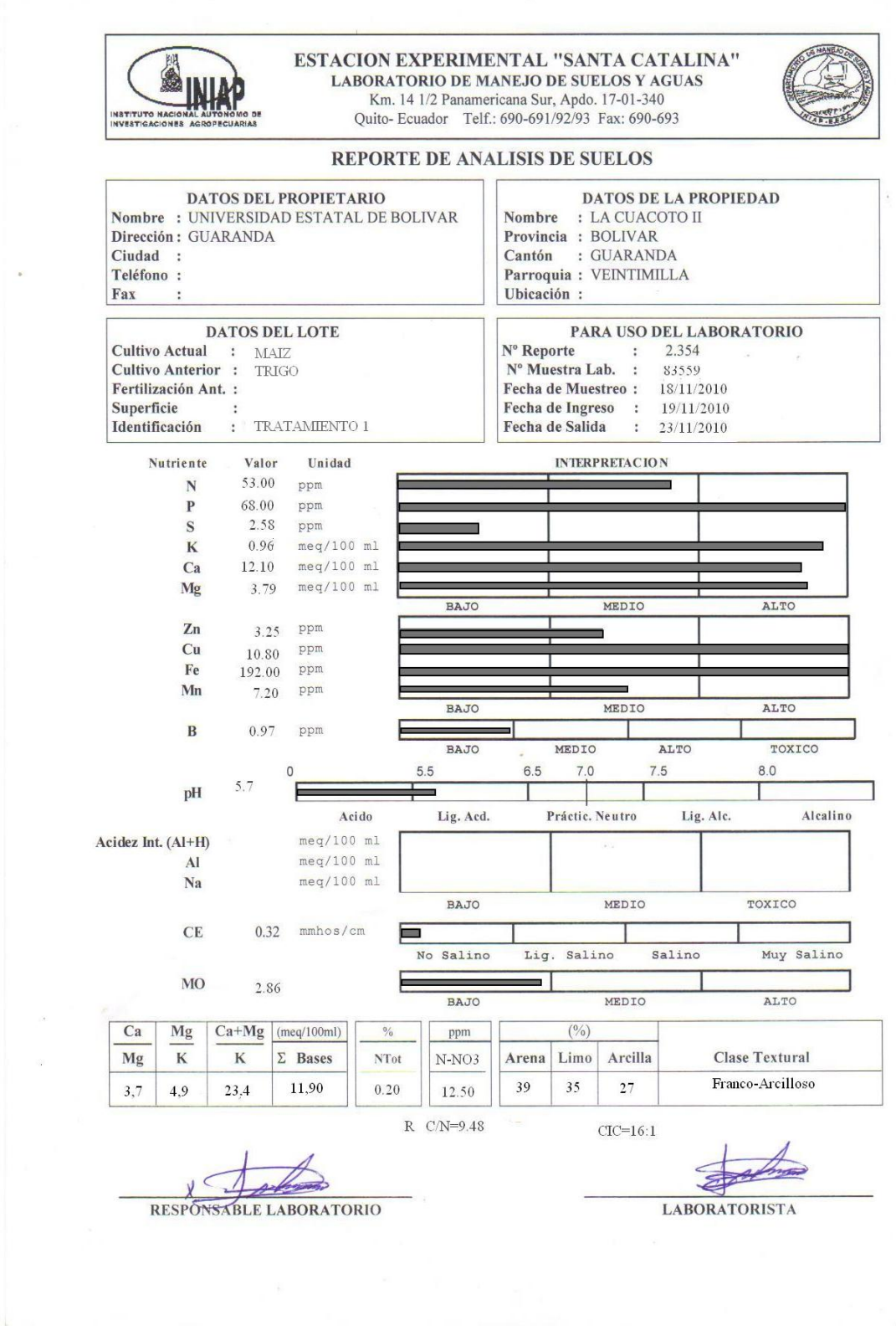
Reactivos	Cantidad
Extracto de carne	3 g
Peptona Bacteriana	2 g
Cloruro de Sodio Cl Na	5 g
Agua destilada	1000 ml
pH	7.1

Una vez elaborados los medios se deben autoclavar con materiales de vidrio, asas, agua destilada, etc. a 15 PSI (o libras presión = 121 ºC), durante 30 min.

Para la reactivación se colocará 1000 micro litros (µL) de peptona al 1 %, en los tubos eppendorf que contienen las cepas liofilizadas, agitándose hasta homogenizar la mezcla con la ayuda del vortex, a continuación se tomará 50 µL de la cepa y se colocará en cajas Petri con medio Acido Málico – Rojo Congo sólido, con la ayuda de un triangulo de vidrio estéril se dispersa bien hasta que se seque y se lo coloca en incubadora a una temperatura de 30ºC por 7 días.

Luego se tomarán secciones puras, de la bacteria con la ayuda de un haza de platino para colocarlas en cajas Petri con medio Ácido Málico – Rojo Congo sólido, e incubarlas por 7 días a 30ºC. Finalmente se realizarán pruebas de Tinción de Gram, para la constatación de las cepas (Girard y Rougieux, 1964).

Anexo 9. Análisis Físicos-químicos del suelo



ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340
Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693

INIAP
INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO
Nombre : UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR
Dirección : GUARANDA
Ciudad :
Teléfono :
Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD
Nombre : LA CUACOTO II
Provincia : BOLIVAR
Cantón : GUARANDA
Parroquia : VEINTIMILLA
Ubicación :

DATOS DEL LOTE
Cultivo Actual : MAIZ
Cultivo Anterior : TRIGO
Fertilización Ant. :
Superficie :
Identificación : TRATAMIENTO 1

PARA USO DEL LABORATORIO
Nº Reporte : 2.354
Nº Muestra Lab. : 83559
Fecha de Muestreo : 18/11/2010
Fecha de Ingreso : 19/11/2010
Fecha de Salida : 23/11/2010

Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION
N	53.00	ppm	BAJO MEDIO ALTO
P	68.00	ppm	
S	2.58	ppm	
K	0.96	meq/100 ml	
Ca	12.10	meq/100 ml	
Mg	3.79	meq/100 ml	
Zn	3.25	ppm	BAJO MEDIO ALTO
Cu	10.80	ppm	
Fe	192.00	ppm	
Mn	7.20	ppm	
B	0.97	ppm	BAJO MEDIO ALTO TOXICO
pH	5.7		0 5.5 6.5 7.0 7.5 8.0 — Acido, Lig. Acd., Práctic. Neutro, Lig. Alc., Alcalino
Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml	BAJO MEDIO TOXICO
Al		meq/100 ml	
Na		meq/100 ml	
CE	0.32	mmhos/cm	No Salino, Lig. Salino, Salino, Muy Salino
MO	2.86		BAJO MEDIO ALTO

Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	(meq/100ml) Σ Bases	% NTot	ppm N-NO3	(%) Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural
3,7	4,9	23,4	11,90	0.20	12.50	39	35	27	Franco-Arcilloso

R C/N=9.48 CIC=16:1

RESPONSABLE LABORATORIO

LABORATORISTA

a) Análisis de residuos

INIAP
INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340
Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693

REPORTE DE ANALISIS FOLIARES

DATOS DEL PROPIETARIO
Nombre : UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR
Dirección : GUARANDA
Ciudad :
Teléfono :
Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD
Nombre : UNIVERSIDAD DE BOLIVAR
Provincia : BOLIVAR
Cantón : GUARANDA
Parroquia : GUANUJO
Ubicación :

PARA USO DEL LABORATORIO
Cultivo : MAIZ S/R
Fecha de Muestreo : 21/06/2011
Fecha de Ingreso : 14/07/2011
Fecha de Salida : 25/08/2011

Nº Muest. Laborat.	Identificación del Lote	(%)							(ppm)						
		N	P	K	Ca	Mg	S	M.O.	B	Zn	Cu	Fe	Mn	Mo	Na
22314	T1 R3 RESIDUOS	0,93	0,16	1,93	0,18	0,22	0,10		6,0	15,3	19,9	339,3	25,3		
22315	T2 R3 RESIDUOS	1,14	0,19	1,95	0,27	0,26	0,09		8,4	22,2	23,4	416,1	51,8		
22316	T3 R2 RESIDUOS	0,64	0,19	1,88	0,14	0,21	0,07		6,9	18,6	11,4	512,8	43,7		
22317	T4 R1 RESIDUOS	0,86	0,19	1,63	0,18	0,20	0,07		6,9	18,4	18,9	491,2	35,7		
22318	T5 R3 RESIDUOS	1,14	0,20	1,32	0,08	0,20	0,09		2,3	12,9	11,9	252,7	27,3		
22319	T6 R3 RESIDUOS	0,57	0,19	1,66	0,17	0,21	0,04		9,7	9,3	15,5	512,9	30,4		
22320	T7 R3 RESIDUOS	0,93	0,21	1,38	0,20	0,21	0,08		11,2	16,2	12,7	333,3	35,6		
22321	T8 R1 RESIDUOS	0,93	0,11	2,76	0,31	0,38	0,07		8,1	11,9	7,1	210,1	24,2		
22322	T9 R1 RESIDUOS	0,57	0,10	2,31	0,36	0,32	0,06		10,9	11,3	9,9	665,2	31,6		
22323	T10 R3 RESIDUOS	1,07	0,13	3,32	0,60	0,45	0,08		12,7	14,3	14,7	727,6	46,7		
22324	T11 R3 RESIDUOS	1,00	0,15	2,85	0,29	0,39	0,08		7,8	10,3	13,9	301,2	28,2		
22325	T12 R3 RESIDUOS	0,36	0,10	2,76	0,19	0,27	0,05		7,5	12,1	17,8	200,6	22,0		
22326	T13 R3 RESIDUOS	1,00	0,24	2,51	0,30	0,34	0,06		7,8	12,1	13,8	239,1	29,4		
22327	T14 R1 RESIDUOS	0,79	0,13	3,20	0,38	0,33	0,07		6,3	10,4	7,1	283,6	24,2		
22328	T15 R2 RESIDUOS	0,93	0,20	3,51	0,60	0,50	0,09		13,7	16,8	10,3	606,1	42,3		

INTERPRETACION
B = Bajo
S = Suficiente
A = Alto

RESPONSABLE LABORATORIO

LABORATORISTA

INIAP
INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340
Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693

REPORTE DE ANALISIS FOLIARES

DATOS DEL PROPIETARIO
Nombre : UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR
Dirección : GUARANDA
Ciudad :
Teléfono :
Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD
Nombre : UNIVERSIDAD DE BOLIVAR
Provincia : BOLIVAR
Cantón : GUARANDA
Parroquia : GUANUJO
Ubicación :

PARA USO DEL LABORATORIO
Cultivo : MAIZ S/R
Fecha de Muestreo : 21/06/2011
Fecha de Ingreso : 14/07/2011
Fecha de Salida : 25/08/2011

N° Muest. Laborat.	Identificación del Lote	(%)							(ppm)						
		N	P	K	Ca	Mg	S	M.O.	B	Zn	Cu	Fe	Mn	Mo	Na
22329	T16 R1 RESIDUOS	1,07	0,18	1,64	0,62	0,27	0,10		14,3	18,8	10,4	467,3	46,4		
22330	T17 R1 RESIDUOS	1,28	0,13	1,68	0,30	0,19	0,08		20,3	19,7	6,3	451,3	38,0		
22331	T18 R3 RESIDUOS	0,93	0,19	1,29	0,21	0,18	0,09		13,4	20,8	6,9	406,7	35,0		
22332	T19 R1 RESIDUOS	0,57	0,10	1,28	0,16	0,16	0,05		16,4	12,0	4,1	291,4	31,9		
22333	T20 R1 RESIDUOS	0,78	0,17	1,33	0,21	0,19	0,09		7,9	14,0	6,7	511,3	48,8		
22334	T21 RESIDUOS	0,64	0,08	1,63	0,13	0,19	0,08		5,5	15,1	11,4	267,6	25,7		
22335	T22 RESIDUOS	0,64	0,17	1,76	0,23	0,18	0,08		5,8	21,3	8,8	305,8	26,3		
22336	T23 RESIDUOS	0,86	0,13	1,48	0,20	0,18	0,08		8,2	15,5	11,9	491,0	29,7		
22337	T24 RESIDUOS	0,71	0,15	1,60	0,21	0,18	0,07		5,8	20,0	11,6	640,6	44,6		

INTERPRETACION
B = Bajo
S = Suficiente
A = Alto

RESPONSABLE LABORATORIO

LABORATORISTA

b) Análisis de la tusa

INIAP
INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340
Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693

REPORTE DE ANALISIS FOLIARES

DATOS DEL PROPIETARIO
Nombre : UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR
Dirección : GUARANDA
Ciudad :
Teléfono :
Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD
Nombre : UNIVERSIDAD DE BOLIVAR
Provincia : BOLIVAR
Cantón : GUARANDA
Parroquia : GUANUJO
Ubicación :

PARA USO DEL LABORATORIO
Cultivo : MAIZ S/R
Fecha de Muestreo : 21/06/2011
Fecha de Ingreso : 05/07/2011
Fecha de Salida : 02/08/2011

Nº Muest. Laborat.	Identificación del Lote	(%)							(ppm)						
		N	P	K	Ca	Mg	S	M.O.	B	Zn	Cu	Fe	Mn	Mo	Na
22234	EAT 1 TUSA	0,86	0,16	0,38	0,02	0,06	0,04		15,0	35,4	5,5	37,8	10,4		
22235	EAT 2 TUSA	0,29	0,11	0,50	0,02	0,02	0,03		15,5	12,3	3,4	41,0	6,1		
22236	EAT 3 TUSA	0,29	0,10	0,35	0,02	0,03	0,03		10,6	20,0	2,9	30,3	2,5		
22237	EAT 4 TUSA	0,29	0,09	0,43	0,04	0,04	0,02		9,5	11,8	4,3	24,8	2,6		
22238	EAT 5 TUSA	0,57	0,16	0,45	0,03	0,04	0,03		9,8	17,8	4,6	27,8	5,5		
22239	EAT 6 TUSA	0,36	0,15	0,68	0,05	0,06	0,04		10,3	14,6	4,2	34,2	6,3		
22240	EAT 7 TUSA	0,57	0,17	0,50	0,02	0,07	0,07		10,3	37,3	5,1	23,7	5,8		
22241	EAT 8 TUSA	0,36	0,11	0,43	0,04	0,06	0,03		7,2	19,4	4,7	35,3	4,7		
22242	EAT 9 TUSA	0,36	0,08	0,48	0,10	0,05	0,04		13,5	20,9	4,2	36,8	4,9		
22243	EAT 10 TUSA	0,57	0,20	0,73	0,04	0,08	0,04		12,9	40,1	5,4	27,3	11,9		
22244	EAT 11 TUSA	0,57	0,27	1,28	0,06	0,11	0,10		13,8	40,0	6,6	39,3	13,6		
22245	EAT 12 TUSA	0,93	0,34	1,38	0,02	0,12	0,09		18,7	50,7	6,7	36,1	9,7		
22246	EAT 13 TUSA	0,71	0,25	1,10	0,02	0,08	0,08		14,4	32,1	7,4	42,7	11,1		
22247	EAT 14 TUSA	0,57	0,17	0,85	0,04	0,06	0,07		11,5	20,9	6,7	31,6	4,0		
22248	EAT 15 TUSA	0,50	0,13	0,70	0,02	0,05	0,03		12,9	19,7	4,1	39,8	5,5		
22249	EAT 16 TUSA	0,79	0,26	1,10	0,02	0,08	0,06		13,5	23,7	6,2	36,3	7,3		
22250	EAT 17 TUSA	0,57	0,16	0,78	0,02	0,06	0,02		13,8	20,0	5,5	26,2	4,6		
22251	EAT 18 TUSA	0,57	0,12	1,05	0,02	0,06	0,04		16,7	25,9	3,8	34,5	8,2		
22252	EAT 19 TUSA	0,86	0,11	0,59	0,15	0,06	0,05		3,5	11,8	1,9	45,1	11,1		
22253	EAT 20 TUSA	0,79	0,13	0,52	0,30	0,08	0,06		2,0	18,0	3,2	37,4	6,0		
22254	EAT 21 TUSA	0,71	0,08	0,66	0,15	0,05	0,04		4,7	14,1	2,7	51,5	6,5		

RESPONSABLE LABORATORIO

LABORATORISTA

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		PARA USO DEL LABORATORIO	
Nombre	: UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR	**Nombre**	: UNIVERSIDAD DE BOLIVAR	**Cultivo**	: MAIZ S/R
Dirección	: GUARANDA	**Provincia**	: BOLIVAR	**Fecha de Muestreo**	: 21/06/2011
Ciudad	:	**Cantón**	: GUARANDA	**Fecha de Ingreso**	: 05/07/2011
Teléfono	:	**Parroquia**	: GUANUJO	**Fecha de Salida**	: 02/08/2011
Fax	:	**Ubicación**	:		

Nº Muest. Laborat.	Identificación del Lote	(%)							(ppm)						
		N	P	K	Ca	Mg	S	M.O.	B	Zn	Cu	Fe	Mn	Mo	Na
22255	EAT 22 TUSA	0,71	0,23	0,82	0,44	0,13	0,05		6,9	26,9	3,5	104,5	8,7		
22256	EAT 23 TUSA	0,79	0,14	0,56	0,13	0,06	0,05		5,6	18,1	3,7	44,2	6,2		
22257	EAT 24 TUSA	1,07	0,28	1,00	0,05	0,08	0,06		4,0	30,1	3,8	57,3	10,0		

INTERPRETACION
B = Bajo
S = Suficiente
A = Alto

RESPONSABLE LABORATORIO

LABORATORISTA

c) Análisis del grano

INIAP
INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340
Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693

REPORTE DE ANALISIS FOLIARES

DATOS DEL PROPIETARIO
Nombre : UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR
Dirección : GUARANDA
Ciudad :
Teléfono :
Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD
Nombre : UNIVERSIDAD DE BOLIVAR
Provincia : BOLIVAR
Cantón : GUARANDA
Parroquia : GUANUJO
Ubicación :

PARA USO DEL LABORATORIO
Cultivo : MAIZ S/R
Fecha de Muestreo : 21/06/2011
Fecha de Ingreso : 05/07/2011
Fecha de Salida : 02/08/2011

Nº Muest. Laborat.	Identificación del Lote	(%)							(ppm)						
		N	P	K	Ca	Mg	S	M.O.	B	Zn	Cu	Fe	Mn	Mo	Na
22258	EAG 1 GRANO	2,14	0,41	0,44	0,02	0,16	0,10		2,0	23,2	1,1	64,4	6,8		
22259	EAG 2 GRANO	1,29	0,40	0,51	0,02	0,15	0,07		1,0	22,2	0,8	52,7	6,3		
22260	EAG 3 GRANO	1,93	0,39	0,38	0,04	0,07	0,09		0,4	20,6	0,6	39,9	5,6		
22261	EAG 4 GRANO	1,71	0,32	0,49	0,02	0,12	0,08		1,0	21,7	0,6	40,9	5,4		
22262	EAG 5 GRANO	1,93	0,35	0,61	0,09	0,15	0,08		2,6	23,0	0,4	41,6	5,6		
22263	EAG 6 GRANO	2,00	0,38	0,57	0,03	0,14	0,08		1,0	23,4	0,3	43,6	5,3		
22264	EAG 7 GRANO	1,43	0,37	0,67	0,08	0,15	0,09		2,3	22,1	1,2	46,1	7,1		
22265	EAG 8 GRANO	1,57	0,29	0,61	0,09	0,13	0,07		2,3	20,8	1,3	31,1	5,4		
22266	EAG 9 GRANO	1,64	0,34	0,65	0,02	0,11	0,08		4,1	25,2	2,0	33,6	7,4		
22267	EAG 10 GRANO	1,93	0,41	0,72	0,03	0,13	0,10		4,4	28,1	4,6	51,0	8,8		
22268	EAG 11 GRANO	1,86	0,44	0,59	0,02	0,15	0,10		3,2	24,7	3,7	47,5	8,9		
22269	EAG 12 GRANO	1,86	0,35	0,61	0,02	0,11	0,09		3,5	22,3	1,9	37,2	7,1		
22270	EAG 13 GRANO	1,86	0,38	0,71	0,06	0,12	0,10		3,5	21,8	1,8	45,2	8,5		
22271	EAG 14 GRANO	1,64	0,30	0,52	0,03	0,12	0,09		2,3	21,6	0,8	34,0	7,2		
22272	EAG 15 GRANO	1,86	0,38	0,55	0,03	0,13	0,10		2,9	23,1	0,3	41,1	7,9		
22273	EAG 16 GRANO	2,64	0,37	0,62	0,02	0,13	0,10		1,3	27,0	3,1	44,8	8,0		
22274	EAG 17 GRANO	1,71	0,38	0,55	0,07	0,12	0,09		2,3	25,3	0,6	39,8	7,5		
22275	EAG 18 GRANO	1,50	0,37	0,56	0,10	0,12	0,08		3,8	17,9	0,6	36,2	6,7		
22276	EAG 19 GRANO	1,50	0,29	0,55	0,08	0,12	0,08		3,5	25,2	0,6	43,6	6,3		
22277	EAG 20 GRANO	1,32	0,38	0,44	0,03	0,07	0,10		1,0	22,1	0,8	33,1	5,4		
22278	EAG 21 GRANO	1,29	0,29	0,44	0,10	0,10	0,07		2,3	20,6	0,6	31,1	5,1		

RESPONSABLE LABORATORIO

LABORATORISTA

INIAP
INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"

LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS

Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340

Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693

REPORTE DE ANALISIS FOLIARES

DATOS DEL PROPIETARIO

Nombre : UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR
Dirección : GUARANDA
Ciudad :
Teléfono :
Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD

Nombre : UNIVERSIDAD DE BOLIVAR
Provincia : BOLIVAR
Cantón : GUARANDA
Parroquia : GUANUJO
Ubicación :

PARA USO DEL LABORATORIO

Cultivo : MAIZ S/R
Fecha de Muestreo : 21/06/2011
Fecha de Ingreso : 05/07/2011
Fecha de Salida : 02/08/2011

Nº Muest. Laborat.	Identificación del Lote	(%)							(ppm)						
		N	P	K	Ca	Mg	S	M.O.	B	Zn	Cu	Fe	Mn	Mo	Na
22279	EAG 22 GRANO	1,50	0,34	0,48	0,05	0,14	0,09		4,7	18,4	3,0	35,5	5,2		
22280	EAG 23 GRANO	1,86	0,35	0,56	0,14	0,14	0,10		3,2	20,6	2,0	37,2	7,1		
22281	EAG 24 GRANO	0,79	0,39	0,49	0,06	0,14	0,11		5,8	24,7	3,1	42,3	8,0		

INTERPRETACION

B = Bajo
S = Suficiente
A = Alto

RESPONSABLE LABORATORIO

LABORATORISTA

d) Análisis de las brácteas

INIAP
INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340
Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693

REPORTE DE ANALISIS FOLIARES

DATOS DEL PROPIETARIO
Nombre : UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR
Dirección : GUARANDA
Ciudad :
Teléfono :
Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD
Nombre : UNIVERSIDAD DE BOLIVAR
Provincia : BOLIVAR
Cantón : GUARANDA
Parroquia : GUANUJO
Ubicación :

PARA USO DEL LABORATORIO
Cultivo : MAIZ S/R
Fecha de Muestreo : 21/06/2011
Fecha de Ingreso : 05/07/2011
Fecha de Salida : 08/08/2011

Nº Muest. Laborat.	Identificación del Lote	(%)							(ppm)						
		N	P	K	Ca	Mg	S	M.O.	B	Zn	Cu	Fe	Mn	Mo	Na
22282	EAB 1 BRACTEA	0,93	0,16	0,40	0,16	0,13	0,05		5,0	33,9	53,7	150,1	13,1		
22283	EAB 2 BRACTEA	0,50	0,22	0,77	0,23	0,16	0,06		6,7	36,9	59,2	113,7	14,4		
22284	EAB 3 BRACTEA	0,50	0,17	0,78	0,14	0,12	0,04		5,3	29,7	46,6	89,4	10,8		
22285	EAB 4 BRACTEA	0,64	0,14	0,44	0,14	0,12	0,03		5,3	23,5	32,2	55,6	10,3		
22286	EAB 5 BRACTEA	0,93	0,15	0,59	0,11	0,12	0,06		6,4	28,9	49,0	120,2	13,3		
22287	EAB 6 BRACTEA	0,86	0,12	0,49	0,12	0,13	0,04		4,7	25,7	34,8	82,3	13,0		
22288	EAB 7 BRACTEA	0,79	0,19	0,36	0,18	0,17	0,03		5,0	39,9	49,0	89,6	14,8		
22289	EAB 8 BRACTEA	0,93	0,19	0,70	0,06	0,11	0,05		5,3	28,4	36,1	74,9	11,7		
22290	EAB 9 BRACTEA	0,71	0,12	0,37	0,06	0,13	0,06		5,0	37,0	50,0	160,3	16,2		
22291	EAB 10 BRACTEA	0,64	0,07	0,65	0,05	0,12	0,05		6,7	26,3	40,0	60,1	16,3		
22292	EAB 11 BRACTEA	1,29	0,23	0,68	0,11	0,15	0,05		5,3	25,4	23,4	67,5	12,9		
22293	EAB 12 BRACTEA	0,71	0,22	0,68	0,09	0,15	0,06		5,3	38,0	36,3	93,2	9,9		

INTERPRETACION
B = Bajo
S = Suficiente
A = Alto

RESPONSABLE LABORATORIO

LABORATORISTA

INIAP
INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"

LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS

Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340

Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693

REPORTE DE ANALISIS FOLIARES

DATOS DEL PROPIETARIO

Nombre : UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR
Dirección : GUARANDA
Ciudad :
Teléfono :
Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD

Nombre : UNIVERSIDAD DE BOLIVAR
Provincia : BOLIVAR
Cantón : GUARANDA
Parroquia : GUANUJO
Ubicación :

PARA USO DEL LABORATORIO

Cultivo : MAIZ S/R
Fecha de Muestreo : 21/06/2011
Fecha de Ingreso : 05/07/2011
Fecha de Salida : 10/08/2011

Nº Muest. Laborat.	Identificación del Lote	(%)							(ppm)						
		N	P	K	Ca	Mg	S	M.O.	B	Zn	Cu	Fe	Mn	Mo	Na
22294	EAB 13 BRACTEA	0,93	0,13	0,71	0,21	0,14	0,05		4,0	20,1	33,5	161,5	14,9		
22295	EAB 14 BRACTEA	0,71	0,11	0,33	0,11	0,14	0,03		2,6	22,3	15,1	52,3	9,4		
22296	EAB 15 BRACTEA	0,71	0,12	0,63	0,22	0,13	0,03		4,3	23,3	34,7	81,1	11,1		
22297	EAB 16 BRACTEA	0,86	0,10	0,91	0,13	0,15	0,05		1,7	22,1	36,6	110,9	16,1		
22298	EAB 17 BRACTEA	0,64	0,15	0,55	0,29	0,16	0,03		2,3	21,6	29,1	56,4	13,1		
22299	EAB 18 BRACTEA	0,57	0,12	0,76	0,21	0,14	0,04		6,7	22,7	30,5	71,3	15,6		
22300	EAB 19 BRACTEA	0,64	0,23	0,61	0,05	0,14	0,04		3,5	36,6	42,5	62,5	13,5		
22301	EAB 20 BRACTEA	0,93	0,25	0,93	0,06	0,11	0,03		2,6	32,4	32,7	79,3	8,2		
22302	EAB 21 BRACTEA	0,64	0,15	0,59	0,06	0,13	0,04		6,7	41,5	50,8	197,4	15,7		
22303	EAB 22 BRACTEA	0,71	0,15	0,61	0,21	0,15	0,04		4,6	57,4	106,8	117,1	21,5		
22304	EAB 23 BRACTEA	0,79	0,14	0,19	0,09	0,10	0,03		4,3	24,2	28,8	57,4	11,6		
22305	EAB 24 BRACTEA	0,79	0,19	0,75	0,05	0,12	0,02		3,5	25,5	20,9	87,3	9,4		

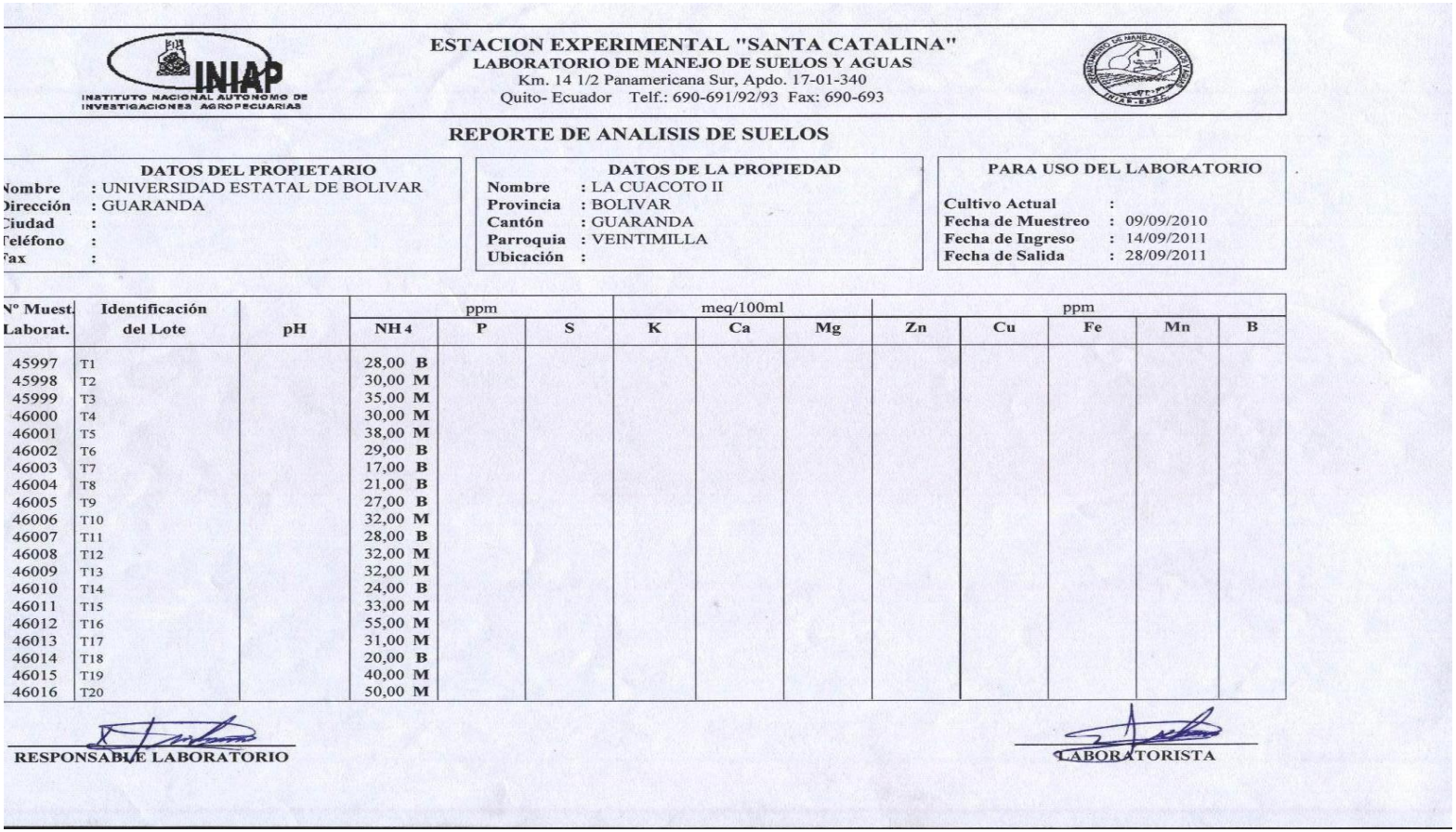
INTERPRETACION

B = Bajo
S = Suficiente
A = Alto

RESPONSABLE LABORATORIO

LABORATORISTA

e) Análisis de NH4



INIAP
INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340
Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO
Nombre : UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR
Dirección : GUARANDA
Ciudad :
Teléfono :
Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD
Nombre : LA CUACOTO II
Provincia : BOLIVAR
Cantón : GUARANDA
Parroquia : VEINTIMILLA
Ubicación :

PARA USO DEL LABORATORIO
Cultivo Actual :
Fecha de Muestreo : 09/09/2010
Fecha de Ingreso : 14/09/2011
Fecha de Salida : 28/09/2011

Nº Muest. Laborat.	Identificación del Lote	pH	ppm			meq/100ml			ppm				
			NH4	P	S	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	B
45997	T1		28,00 B										
45998	T2		30,00 M										
45999	T3		35,00 M										
46000	T4		30,00 M										
46001	T5		38,00 M										
46002	T6		29,00 B										
46003	T7		17,00 B										
46004	T8		21,00 B										
46005	T9		27,00 B										
46006	T10		32,00 M										
46007	T11		28,00 B										
46008	T12		32,00 M										
46009	T13		32,00 M										
46010	T14		24,00 B										
46011	T15		33,00 M										
46012	T16		55,00 M										
46013	T17		31,00 M										
46014	T18		20,00 B										
46015	T19		40,00 M										
46016	T20		50,00 M										

RESPONSABLE LABORATORIO

LABORATORISTA

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		PARA USO DEL LABORATORIO	
Nombre	: UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR	**Nombre**	: LA CUACOTO II	**Cultivo Actual**	:
Dirección	: GUARANDA	**Provincia**	: BOLIVAR	**Fecha de Muestreo**	: 09/09/2010
Ciudad	:	**Cantón**	: GUARANDA	**Fecha de Ingreso**	: 14/09/2011
Teléfono	:	**Parroquia**	: VEINTIMILLA	**Fecha de Salida**	: 28/09/2011
Fax	:	**Ubicación**	:		

Nº Muest. Laborat.	Identificación del Lote	pH	ppm			meq/100ml			ppm				
			NH4	P	S	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	B
46017	T21		43,00 **M**										
46018	T22		40,00 **M**										
46019	T23		32,00 **M**										
46020	T24		39,00 **M**										

INTERPRETACION

pH				Elementos	
Ac	= Acido	**N**	= Neutro	**B**	= Bajo
LAc	= Liger. Acido	**LAl**	= Lige. Alcalino	**M**	= Medio
PN	= Prac. Neutro	**Al**	= Alcalino	**A**	= Alto
	RC = Requieren Cal			**T**	= Tóxico (Boro)

METODOLOGIA USADA

pH	= Suelo: agua (1:2,5)	**P K Ca Mg**	= Olsen Modificado
S, B	= Fosfato de Calcio	**Cu Fe Mn Zn**	= Olsen Modificado
		B	= Curcumina

RESPONSABLE LABORATORIO

LABORATORISTA

f) Análisis de N-NO3

INIAP
INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340
Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO
Nombre : UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR
Dirección : GUARANDA
Ciudad :
Teléfono :
Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD
Nombre : LA CUACOTO II
Provincia : BOLIVAR
Cantón : GUARANDA
Parroquia : VEINTIMILLA
Ubicación :

PARA USO DEL LABORATORIO
Cultivo Actual :
Fecha de Muestreo : 09/09/2010
Fecha de Ingreso : 14/09/2011
Fecha de Salida : 28/09/2011

Nº Muest.	meq/100ml			dS/m	(%)	Ca	Mg	Ca+Mg	meq/100ml	ppm	ppm	Textura (%)			
Laborat.	Al+H	Al	Na	C.E.	M.O.	Mg	K	K	Σ Bases	N-NO3	Cl	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural
45997										4,60					
45998										3,60					
45999										13,10					
46000										7,90					
46001										12,70					
46002										3,60					
46003										7,80					
46004										12,00					
46005										6,90					
46006										12,00					
46007										8,60					
46008										6,80					
46009										40,20					
46010										7,20					
46011										6,00					
46012										15,50					
46013										9,20					
46014										6,30					

RESPONSABLE LABORATORIO

LABORATORISTA

DATOS DEL PROPIETARIO	
Nombre	: UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR
Dirección	: GUARANDA
Ciudad	:
Teléfono	:
Fax	:

DATOS DE LA PROPIEDAD	
Nombre	: LA CUACOTO II
Provincia	: BOLIVAR
Cantón	: GUARANDA
Parroquia	: VEINTIMILLA
Ubicación	:

PARA USO DEL LABORATORIO	
Cultivo Actual	:
Fecha de Muestreo	: 09/09/2010
Fecha de Ingreso	: 14/09/2011
Fecha de Salida	: 28/09/2011

Nº Muest.	meq/100ml			dS/m	(%)	Ca	Mg	Ca+Mg	meq/100ml	ppm	ppm	Textura (%)			
Laborat.	**Al+H**	**Al**	**Na**	**C.E.**	**M.O.**	**Mg**	**K**	**K**	**Σ Bases**	**N-NO3**	**Cl**	**Arena**	**Limo**	**Arcilla**	**Clase Textural**
46015										9,10					
46016										11,60					
46017										8,10					
46018										3,40					
46019										5,40					
46020										9,50					

INTERPRETACION								
Al+H, Al y Na		**C.E.**				**M.O. y Cl**		
B	= Bajo	**NS**	= No Salino	**S**	= Salino	**B**	= Bajo
M	= Medio	**LS**	= Lig. Salino	**MS**	= Muy Salino	**M**	= Medio
T	= Tóxico					**A**	= Alto

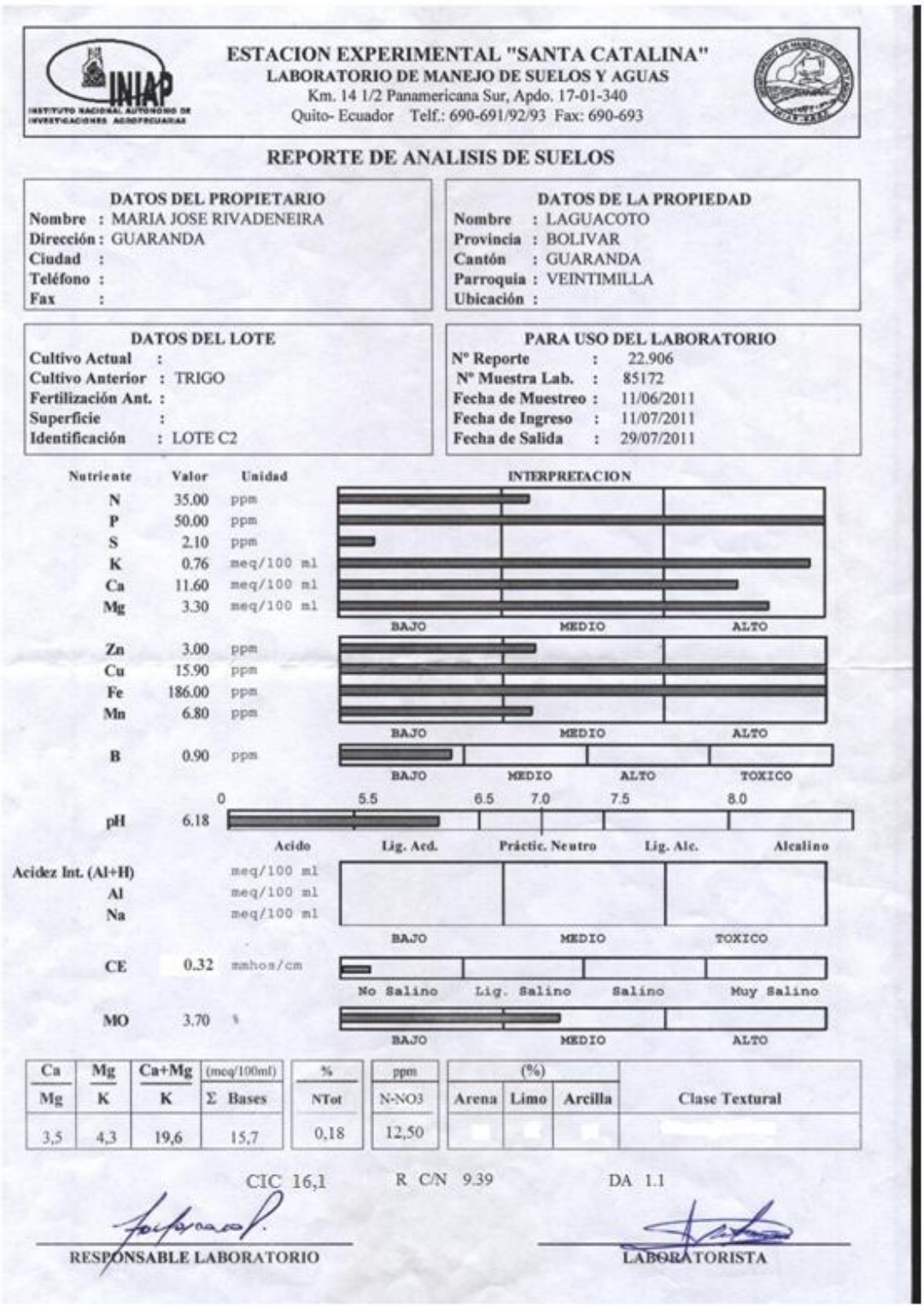
ABREVIATURAS	
C.E.	= Conductividad Eléctrica
M.O.	= Materia Orgánica
RAS	= Relación de Adsorción de Sodio

METODOLOGIA USADA	
C.E.	= Pasta Saturada
M.O.	= Dicromato de Potasio
Al+H	= Titulación NaOH

RESPONSABLE LABORATORIO

LABORATORISTA

g) Análisis final de suelo



ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340
Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO
Nombre : MARIA JOSE RIVADENEIRA
Dirección : GUARANDA
Ciudad :
Teléfono :
Fax :

DATOS DE LA PROPIEDAD
Nombre : LAGUACOTO
Provincia : BOLIVAR
Cantón : GUARANDA
Parroquia : VEINTIMILLA
Ubicación :

DATOS DEL LOTE
Cultivo Actual :
Cultivo Anterior : TRIGO
Fertilización Ant. :
Superficie :
Identificación : LOTE C2

PARA USO DEL LABORATORIO
Nº Reporte : 22.906
Nº Muestra Lab. : 85172
Fecha de Muestreo : 11/06/2011
Fecha de Ingreso : 11/07/2011
Fecha de Salida : 29/07/2011

Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION
N	35.00	ppm	BAJO MEDIO ALTO
P	50.00	ppm	
S	2.10	ppm	
K	0.76	meq/100 ml	
Ca	11.60	meq/100 ml	
Mg	3.30	meq/100 ml	
Zn	3.00	ppm	BAJO MEDIO ALTO
Cu	15.90	ppm	
Fe	186.00	ppm	
Mn	6.80	ppm	
B	0.90	ppm	BAJO MEDIO ALTO TOXICO
pH	6.18		0 5.5 6.5 7.0 7.5 8.0 — Acido, Lig. Acd., Práctic. Neutro, Lig. Alc., Alcalino
Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml	BAJO MEDIO TOXICO
Al		meq/100 ml	
Na		meq/100 ml	
CE	0.32	mmhos/cm	No Salino, Lig. Salino, Salino, Muy Salino
MO	3.70	%	BAJO MEDIO ALTO

Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	(meq/100ml) Σ Bases	% NTot	ppm N-NO3	(%) Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural
3,5	4,3	19,6	15,7	0,18	12,50				

CIC 16,1 R C/N 9.39 DA 1.1

RESPONSABLE LABORATORIO

LABORATORISTA

Anexo 10.- Imágenes de las diferentes etapas de la investigación

FASE DE LABORATORIO

1.- Recolección de muestras de suelo y de raíz





2.- Aislamiento de <u>Azospirillum</u> spp.





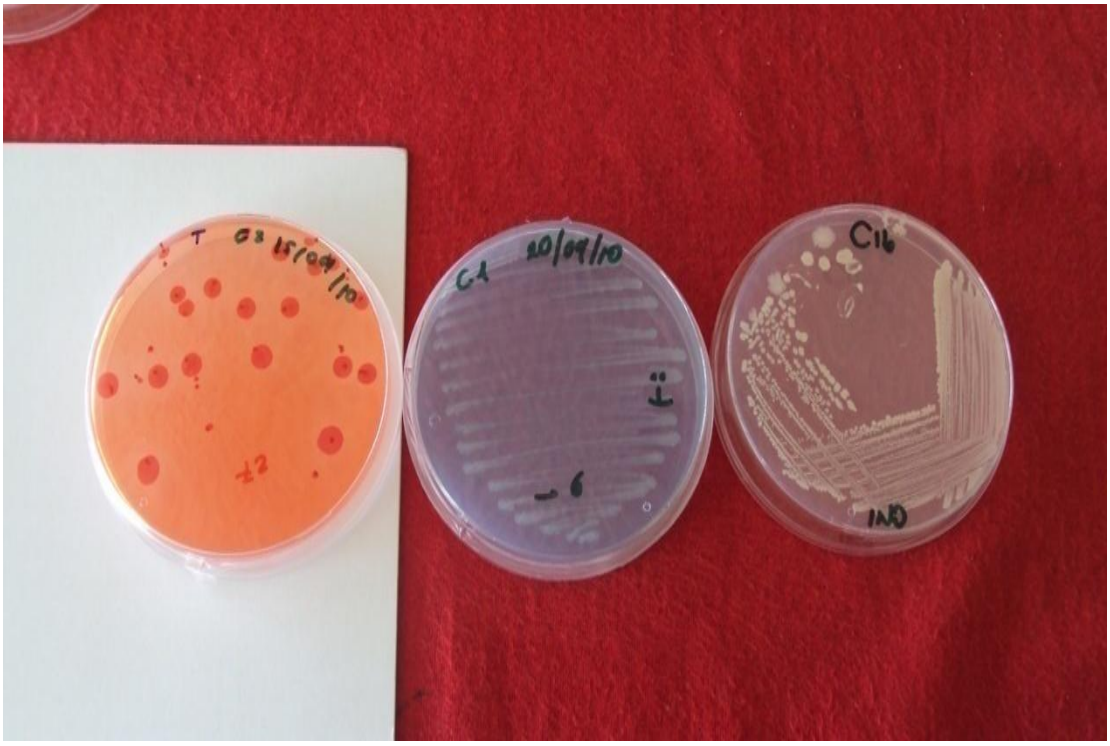
3.- Purificación









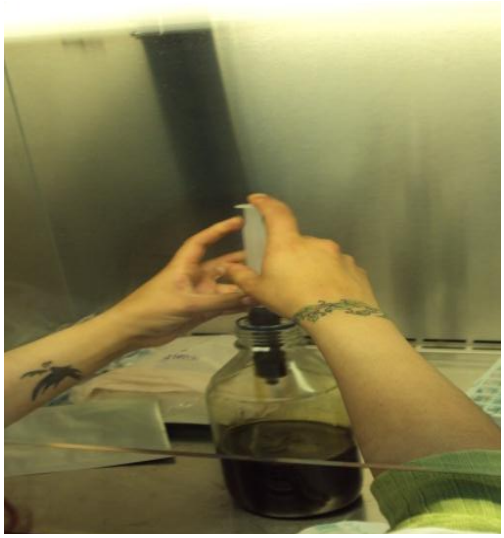


4.- Pruebas Bioquímicas



5.- Preparación del Biofertilizante













6.- Liofilización



7.- Materiales









FASE DE CAMPO

1.- Siembra









2.- Toma de muestras de raíz en las diferentes fases del cultivo





3.- Toma de muestras de suelo en las diferentes fases del cultivo





4.- Toma de datos

Altura de planta



Longitud de la mazorca



4.- Visita del Tribunal de Tesis





5.- Día de campo








6.- Cosecha en choclo





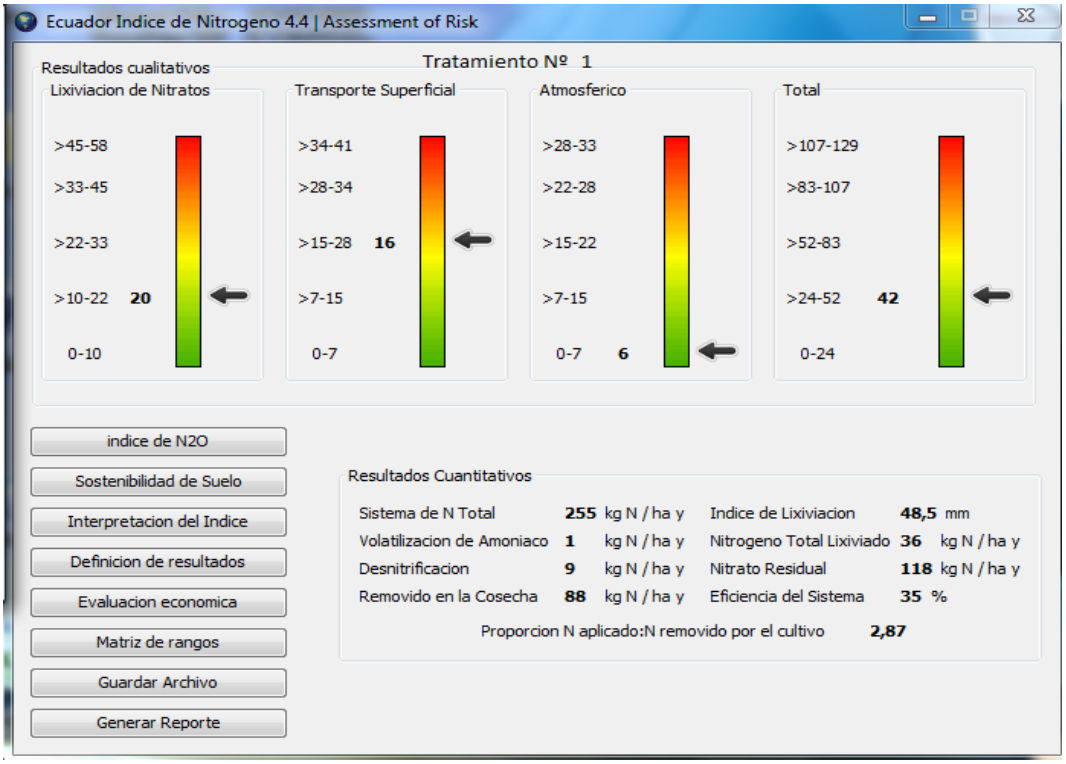


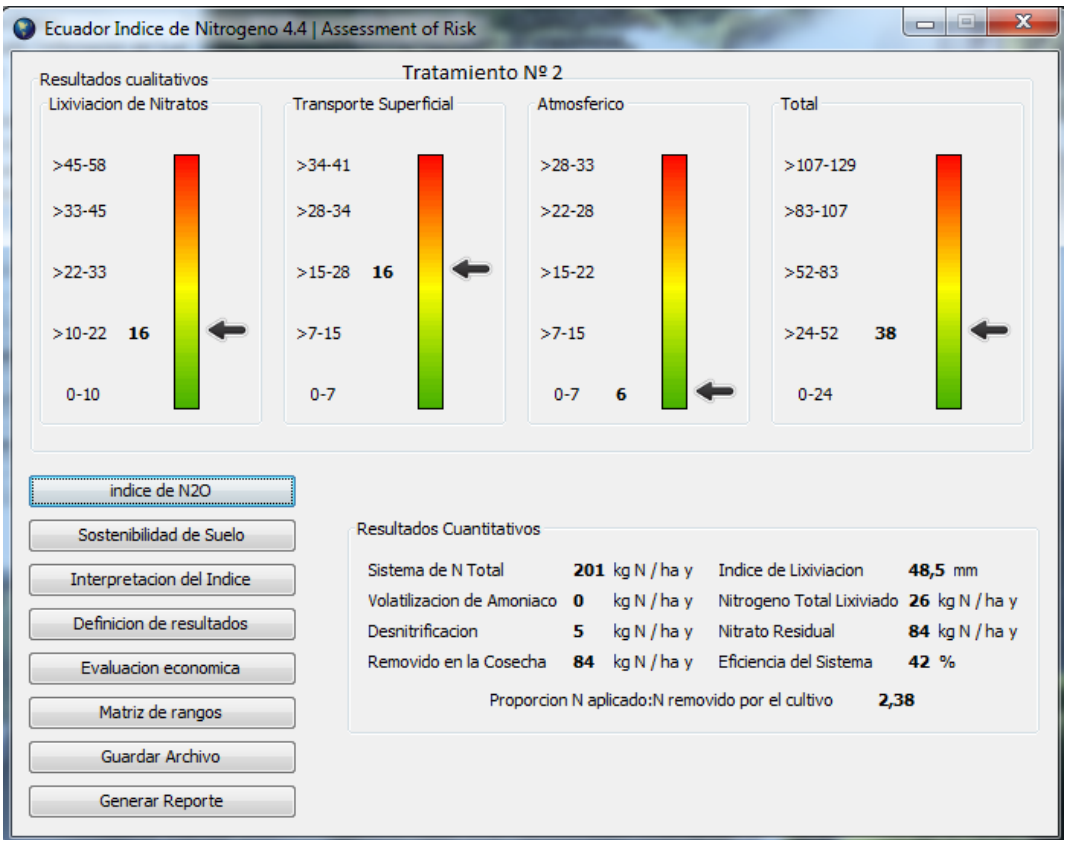
7.- Cosecha en seco

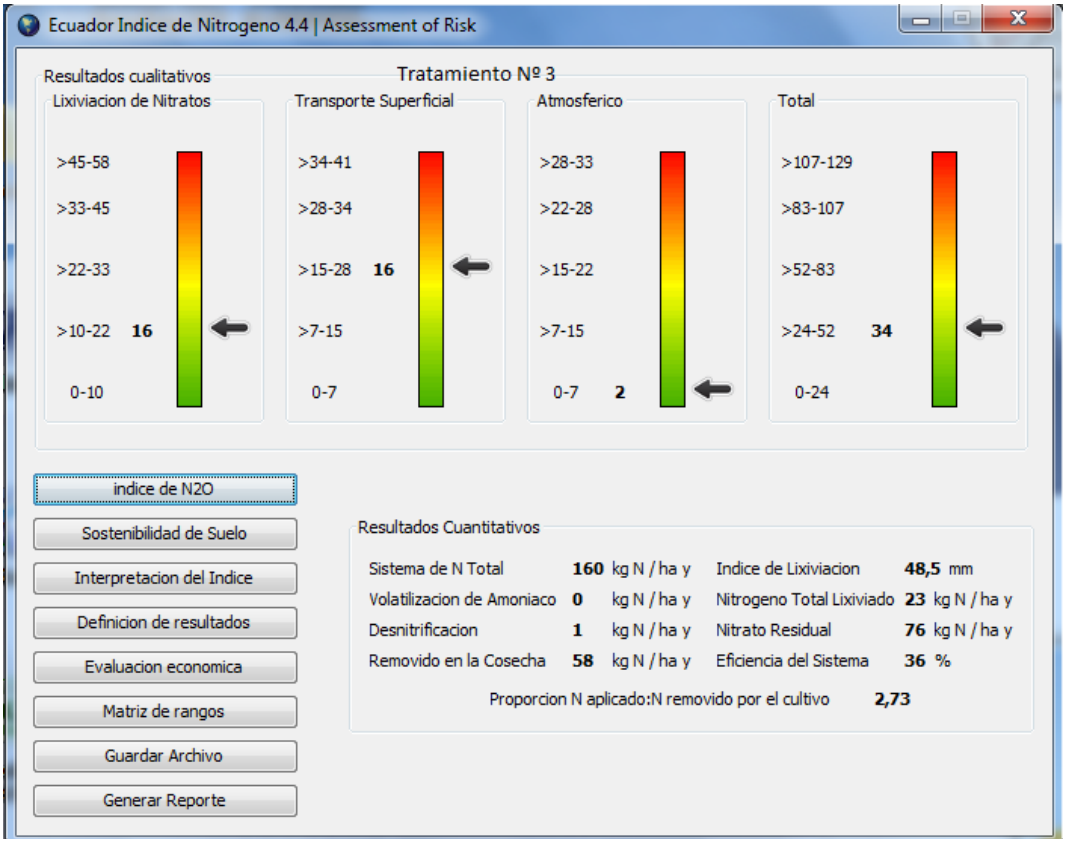


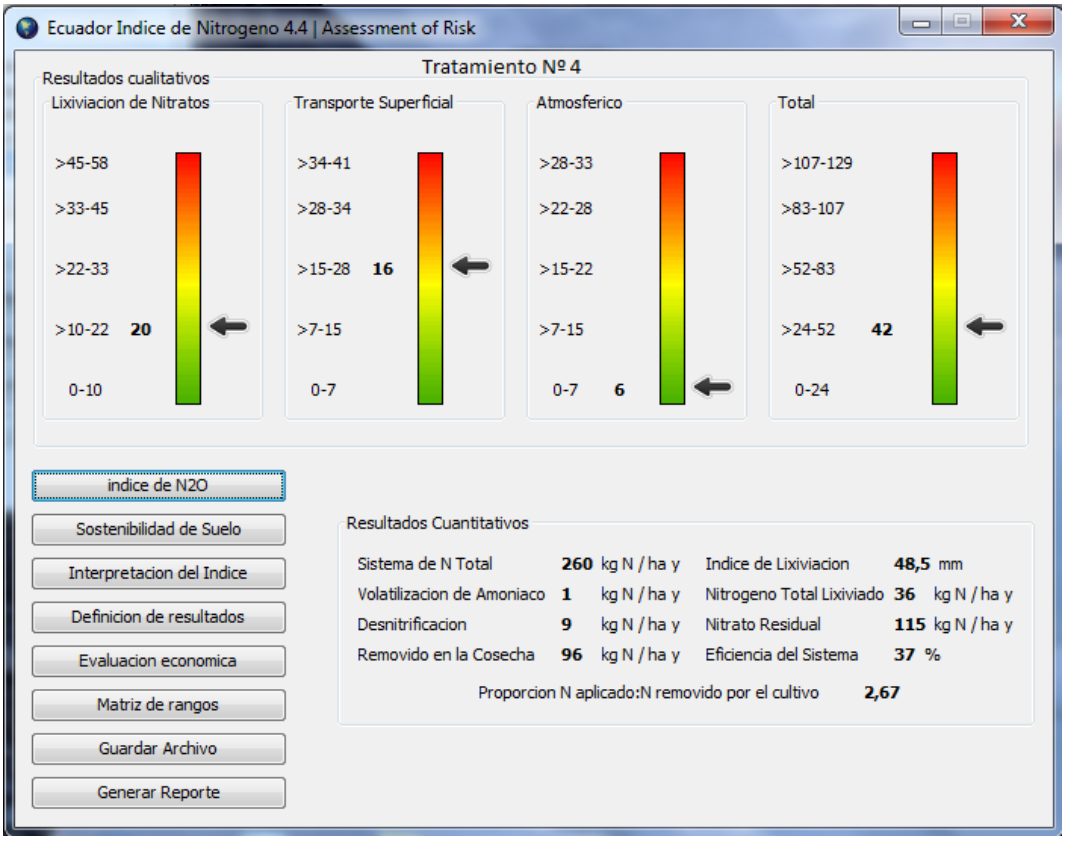

Anexo 11.- Datos índice de N 4.4

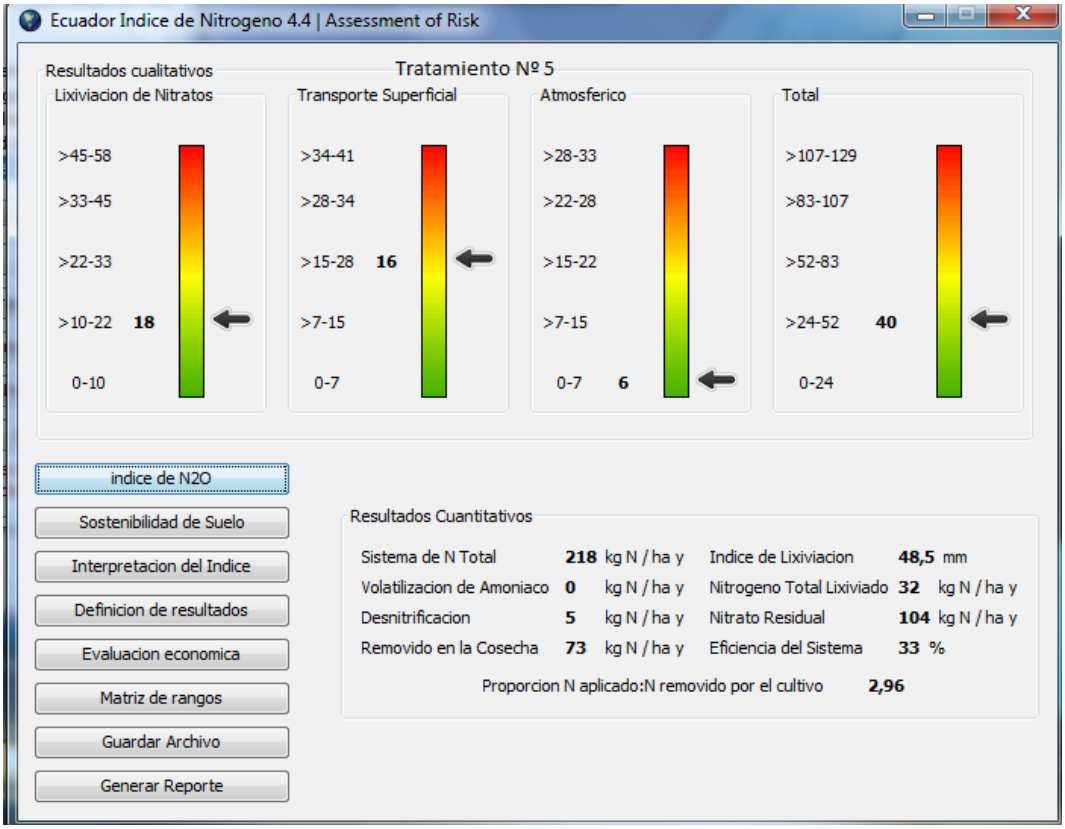
-
- Parcela 1
- Parcela 2
- Parcela 3
- Parcela 4
- Parcela 5
- Parcela 6
- Parcela 7
- Parcela 8
- Parcela 9
- Parcela 10
- Parcela 11
- Parcela 12
- Parcela 13
- Parcela 14
- Parcela 15
- Parcela 16
- Parcela 17
- Parcela 18
- Parcela 19
- Parcela 20
- Parcela 21
- Parcela 22
- Parcela 23
- Parcela 24


Ecuador Indice de Nitrogeno 4.4 | Assessment of Risk
Tratamiento Nº 1
Resultados cualitativos
Lixiviacion de Nitratos
>45-58
>33-45
>22-33
>10-22 20
0-10
Transporte Superficial
>34-41
>28-34
>15-28 16
>7-15
0-7
Atmosferico
>28-33
>22-28
>15-22
>7-15
0-7 6
Total
>107-129
>83-107
>52-83
>24-52 42
0-24
indice de N2O
Sostenibilidad de Suelo
Interpretacion del Indice
Definicion de resultados
Evaluacion economica
Matriz de rangos
Guardar Archivo
Generar Reporte
Resultados Cuantitativos
Sistema de N Total 255 kg N / ha y
Volatilizacion de Amoniaco 1 kg N / ha y
Desnitrificacion 9 kg N / ha y
Removido en la Cosecha 88 kg N / ha y
Indice de Lixiviacion 48,5 mm
Nitrogeno Total Lixiviado 36 kg N / ha y
Nitrato Residual 118 kg N / ha y
Eficiencia del Sistema 35 %
Proporcion N aplicado:N removido por el cultivo 2,87


Ecuador Indice de Nitrogeno 4.4 | Assessment of Risk
Tratamiento Nº 2
Resultados cualitativos
Lixiviacion de Nitratos
>45-58
>33-45
>22-33
>10-22 16
0-10
Transporte Superficial
>34-41
>28-34
>15-28 16
>7-15
0-7
Atmosferico
>28-33
>22-28
>15-22
>7-15
0-7 6
Total
>107-129
>83-107
>52-83
>24-52 38
0-24
indice de N2O
Sostenibilidad de Suelo
Interpretacion del Indice
Definicion de resultados
Evaluacion economica
Matriz de rangos
Guardar Archivo
Generar Reporte
Resultados Cuantitativos
Sistema de N Total 201 kg N / ha y
Volatilizacion de Amoniaco 0 kg N / ha y
Desnitrificacion 5 kg N / ha y
Removido en la Cosecha 84 kg N / ha y
Indice de Lixiviacion 48,5 mm
Nitrogeno Total Lixiviado 26 kg N / ha y
Nitrato Residual 84 kg N / ha y
Eficiencia del Sistema 42 %
Proporcion N aplicado:N removido por el cultivo 2,38


Ecuador Indice de Nitrogeno 4.4 | Assessment of Risk
Tratamiento Nº 3
Resultados cualitativos
Lixiviacion de Nitratos
>45-58
>33-45
>22-33
>10-22 16
0-10
Transporte Superficial
>34-41
>28-34
>15-28 16
>7-15
0-7
Atmosferico
>28-33
>22-28
>15-22
>7-15
0-7 2
Total
>107-129
>83-107
>52-83
>24-52 34
0-24
indice de N2O
Sostenibilidad de Suelo
Interpretacion del Indice
Definicion de resultados
Evaluacion economica
Matriz de rangos
Guardar Archivo
Generar Reporte
Resultados Cuantitativos
Sistema de N Total 160 kg N / ha y
Volatilizacion de Amoniaco 0 kg N / ha y
Desnitrificacion 1 kg N / ha y
Removido en la Cosecha 58 kg N / ha y
Indice de Lixiviacion 48,5 mm
Nitrogeno Total Lixiviado 23 kg N / ha y
Nitrato Residual 76 kg N / ha y
Eficiencia del Sistema 36 %
Proporcion N aplicado:N removido por el cultivo 2,73

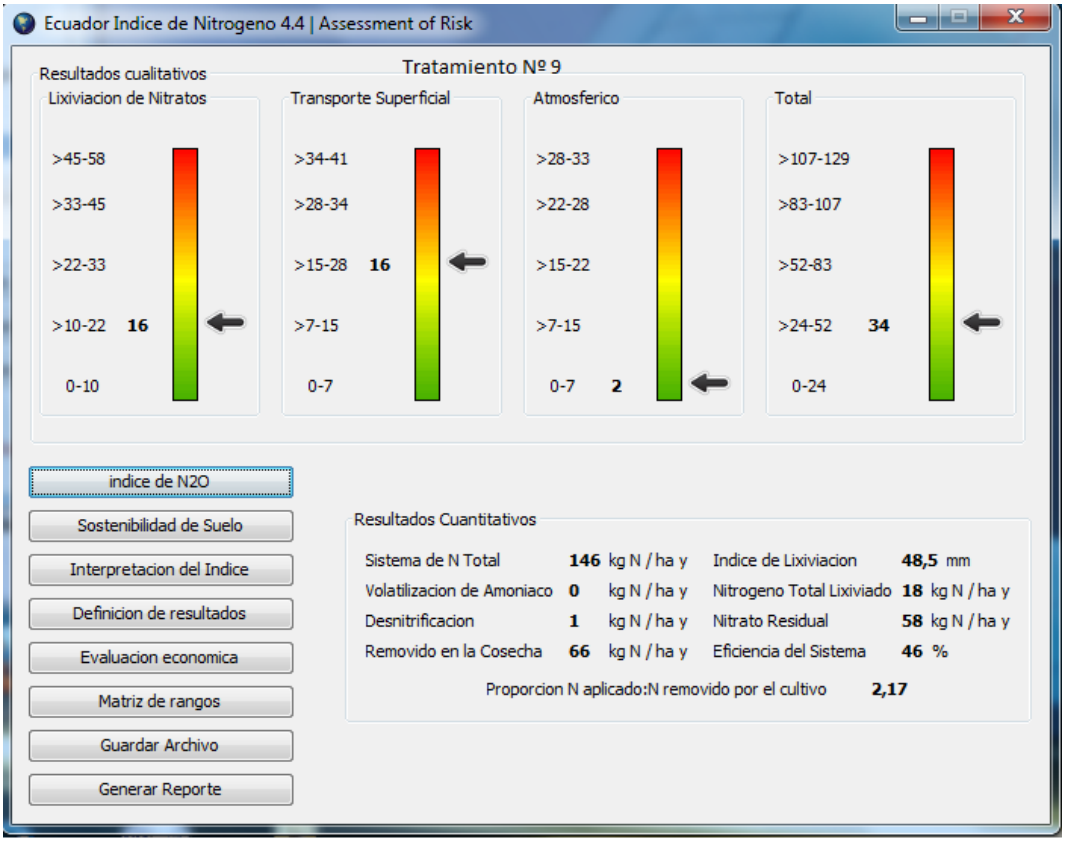

Ecuador Indice de Nitrogeno 4.4 | Assessment of Risk
Tratamiento Nº 4
Resultados cualitativos
Lixiviacion de Nitratos
>45-58
>33-45
>22-33
>10-22 20
0-10
Transporte Superficial
>34-41
>28-34
>15-28 16
>7-15
0-7
Atmosferico
>28-33
>22-28
>15-22
>7-15
0-7 6
Total
>107-129
>83-107
>52-83
>24-52 42
0-24
indice de N2O
Sostenibilidad de Suelo
Interpretacion del Indice
Definicion de resultados
Evaluacion economica
Matriz de rangos
Guardar Archivo
Generar Reporte
Resultados Cuantitativos
Sistema de N Total 260 kg N / ha y
Volatilizacion de Amoniaco 1 kg N / ha y
Desnitrificacion 9 kg N / ha y
Removido en la Cosecha 96 kg N / ha y
Indice de Lixiviacion 48,5 mm
Nitrogeno Total Lixiviado 36 kg N / ha y
Nitrato Residual 115 kg N / ha y
Eficiencia del Sistema 37 %
Proporcion N aplicado:N removido por el cultivo 2,67

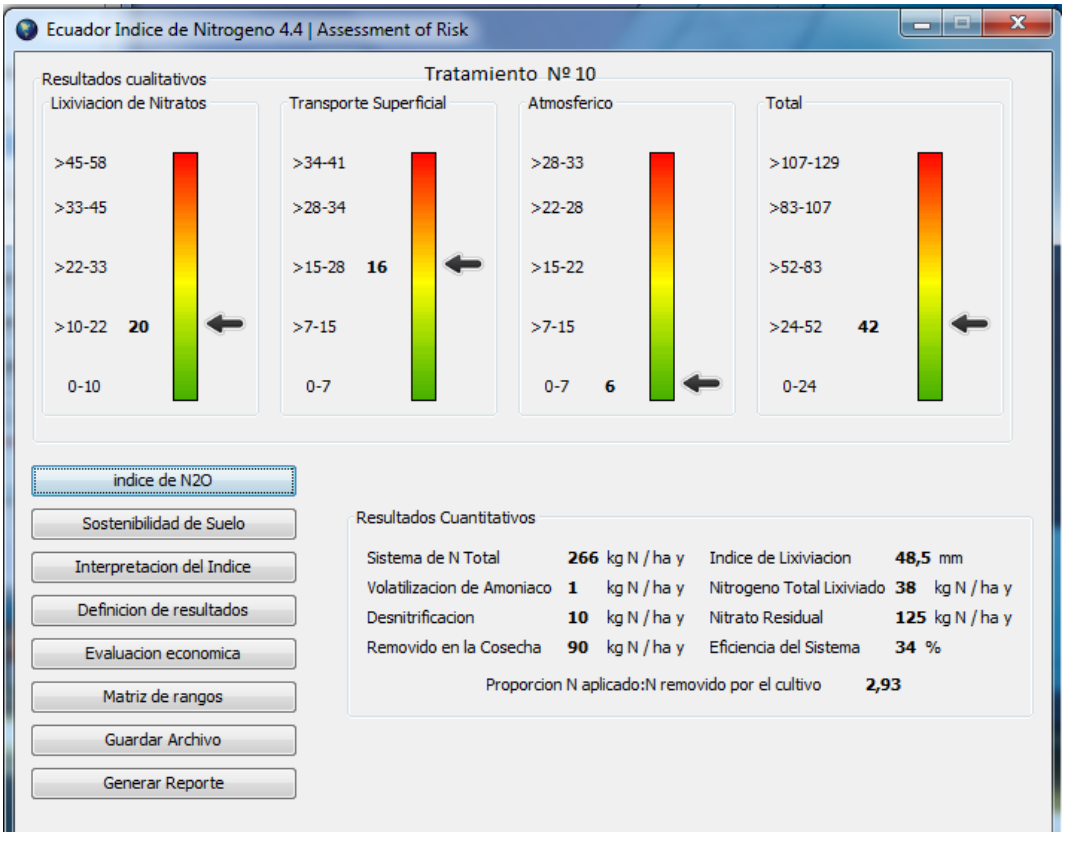

Ecuador Indice de Nitrogeno 4.4 | Assessment of Risk
Resultados cualitativos
Tratamiento Nº 5
Lixiviacion de Nitratos
>45-58
>33-45
>22-33
>10-22 18
0-10
Transporte Superficial
>34-41
>28-34
>15-28 16
>7-15
0-7
Atmosferico
>28-33
>22-28
>15-22
>7-15
0-7 6
Total
>107-129
>83-107
>52-83
>24-52 40
0-24
indice de N2O
Sostenibilidad de Suelo
Interpretacion del Indice
Definicion de resultados
Evaluacion economica
Matriz de rangos
Guardar Archivo
Generar Reporte
Resultados Cuantitativos
Sistema de N Total 218 kg N / ha y
Volatilizacion de Amoniaco 0 kg N / ha y
Desnitrificacion 5 kg N / ha y
Removido en la Cosecha 73 kg N / ha y
Indice de Lixiviacion 48,5 mm
Nitrogeno Total Lixiviado 32 kg N / ha y
Nitrato Residual 104 kg N / ha y
Eficiencia del Sistema 33 %
Proporcion N aplicado:N removido por el cultivo 2,96


Ecuador Indice de Nitrogeno 4.4 | Assessment of Risk
Resultados cualitativos
Tratamiento Nº 6
Lixiviacion de Nitratos
>45-58
>33-45
>22-33
>10-22 16
0-10
Transporte Superficial
>34-41
>28-34
>15-28 16
>7-15
0-7
Atmosferico
>28-33
>22-28
>15-22
>7-15
0-7 2
Total
>107-129
>83-107
>52-83
>24-52 34
0-24
indice de N2O
Sostenibilidad de Suelo
Interpretacion del Indice
Definicion de resultados
Evaluacion economica
Matriz de rangos
Guardar Archivo
Generar Reporte
Resultados Cuantitativos
Sistema de N Total 145 kg N / ha y
Volatilizacion de Amoniaco 0 kg N / ha y
Desnitrificacion 0 kg N / ha y
Removido en la Cosecha 56 kg N / ha y
Indice de Lixiviacion 48,5 mm
Nitrogeno Total Lixiviado 20 kg N / ha y
Nitrato Residual 66 kg N / ha y
Eficiencia del Sistema 39 %
Proporcion N aplicado:N removido por el cultivo 2,56


Ecuador Indice de Nitrogeno 4.4 | Assessment of Risk
Resultados cualitativos
Tratamiento Nº 7
Lixiviacion de Nitratos
>45-58
>33-45
>22-33
>10-22 16
0-10
Transporte Superficial
>34-41
>28-34
>15-28 16
>7-15
0-7
Atmosferico
>28-33
>22-28
>15-22
>7-15
0-7 2
Total
>107-129
>83-107
>52-83
>24-52 34
0-24
indice de N2O
Sostenibilidad de Suelo
Interpretacion del Indice
Definicion de resultados
Evaluacion economica
Matriz de rangos
Guardar Archivo
Generar Reporte
Resultados Cuantitativos
Sistema de N Total 145 kg N / ha y
Volatilizacion de Amoniaco 0 kg N / ha y
Desnitrificacion 0 kg N / ha y
Removido en la Cosecha 56 kg N / ha y
Indice de Lixiviacion 48,5 mm
Nitrogeno Total Lixiviado 20 kg N / ha y
Nitrato Residual 66 kg N / ha y
Eficiencia del Sistema 39 %
Proporcion N aplicado:N removido por el cultivo 2,56

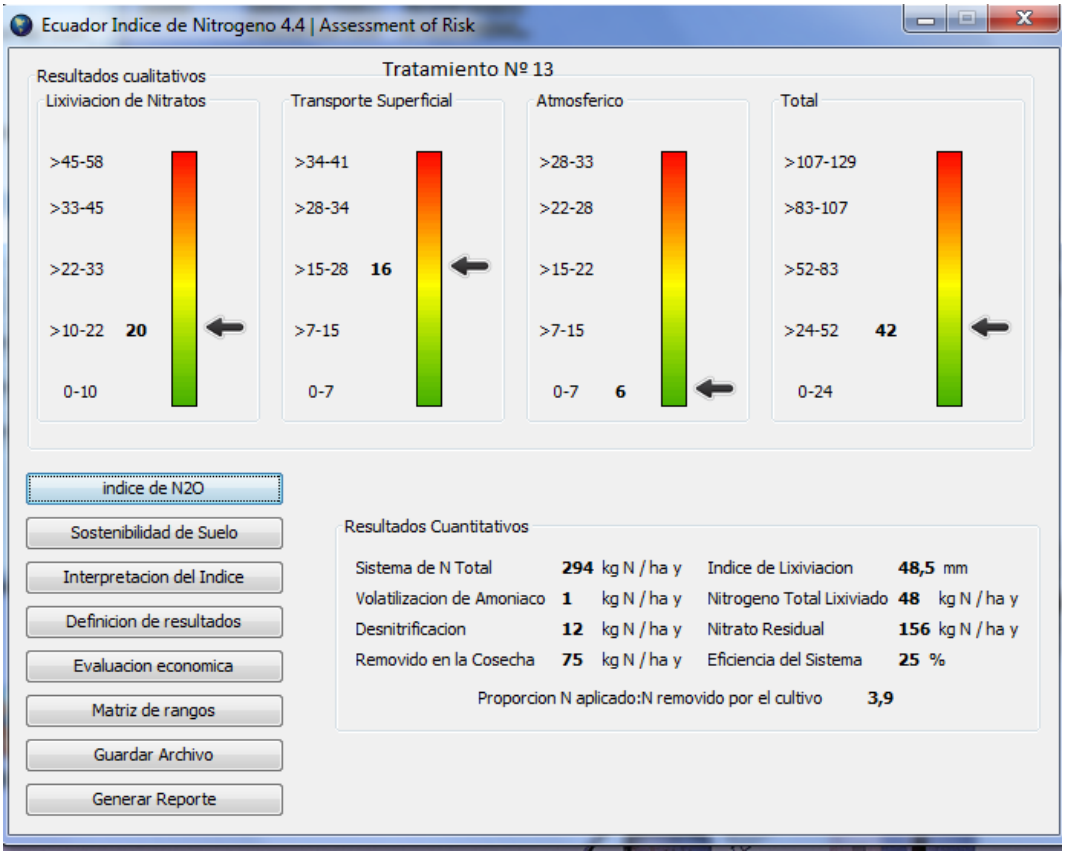

Ecuador Indice de Nitrogeno 4.4 | Assessment of Risk
Resultados cualitativos
Tratamiento Nº 8
Lixiviacion de Nitratos
>45-58
>33-45
>22-33
>10-22 16
0-10
Transporte Superficial
>34-41
>28-34
>15-28 16
>7-15
0-7
Atmosferico
>28-33
>22-28
>15-22
>7-15
0-7 6
Total
>107-129
>83-107
>52-83
>24-52 38
0-24
indice de N2O
Sostenibilidad de Suelo
Interpretacion del Indice
Definicion de resultados
Evaluacion economica
Matriz de rangos
Guardar Archivo
Generar Reporte
Resultados Cuantitativos
Sistema de N Total 200 kg N / ha y
Volatilizacion de Amoniaco 0 kg N / ha y
Desnitrificacion 5 kg N / ha y
Removido en la Cosecha 96 kg N / ha y
Indice de Lixiviacion 48,5 mm
Nitrogeno Total Lixiviado 22 kg N / ha y
Nitrato Residual 73 kg N / ha y
Eficiencia del Sistema 48 %
Proporcion N aplicado:N removido por el cultivo 2,05

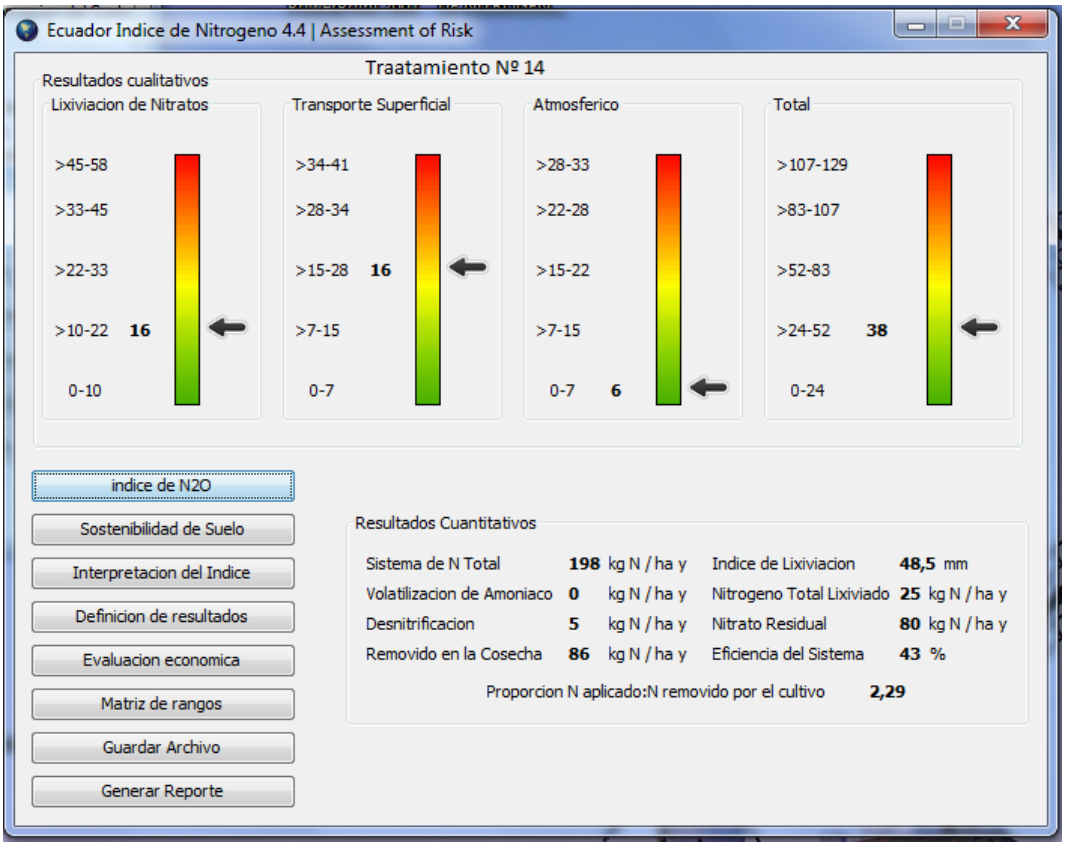

Ecuador Indice de Nitrogeno 4.4 | Assessment of Risk
Tratamiento Nº 9
Resultados cualitativos
Lixiviacion de Nitratos
>45-58
>33-45
>22-33
>10-22 16
0-10
Transporte Superficial
>34-41
>28-34
>15-28 16
>7-15
0-7
Atmosferico
>28-33
>22-28
>15-22
>7-15
0-7 2
Total
>107-129
>83-107
>52-83
>24-52 34
0-24
indice de N2O
Sostenibilidad de Suelo
Interpretacion del Indice
Definicion de resultados
Evaluacion economica
Matriz de rangos
Guardar Archivo
Generar Reporte
Resultados Cuantitativos
Sistema de N Total 146 kg N / ha y
Volatilizacion de Amoniaco 0 kg N / ha y
Desnitrificacion 1 kg N / ha y
Removido en la Cosecha 66 kg N / ha y
Indice de Lixiviacion 48,5 mm
Nitrogeno Total Lixiviado 18 kg N / ha y
Nitrato Residual 58 kg N / ha y
Eficiencia del Sistema 46 %
Proporcion N aplicado:N removido por el cultivo 2,17

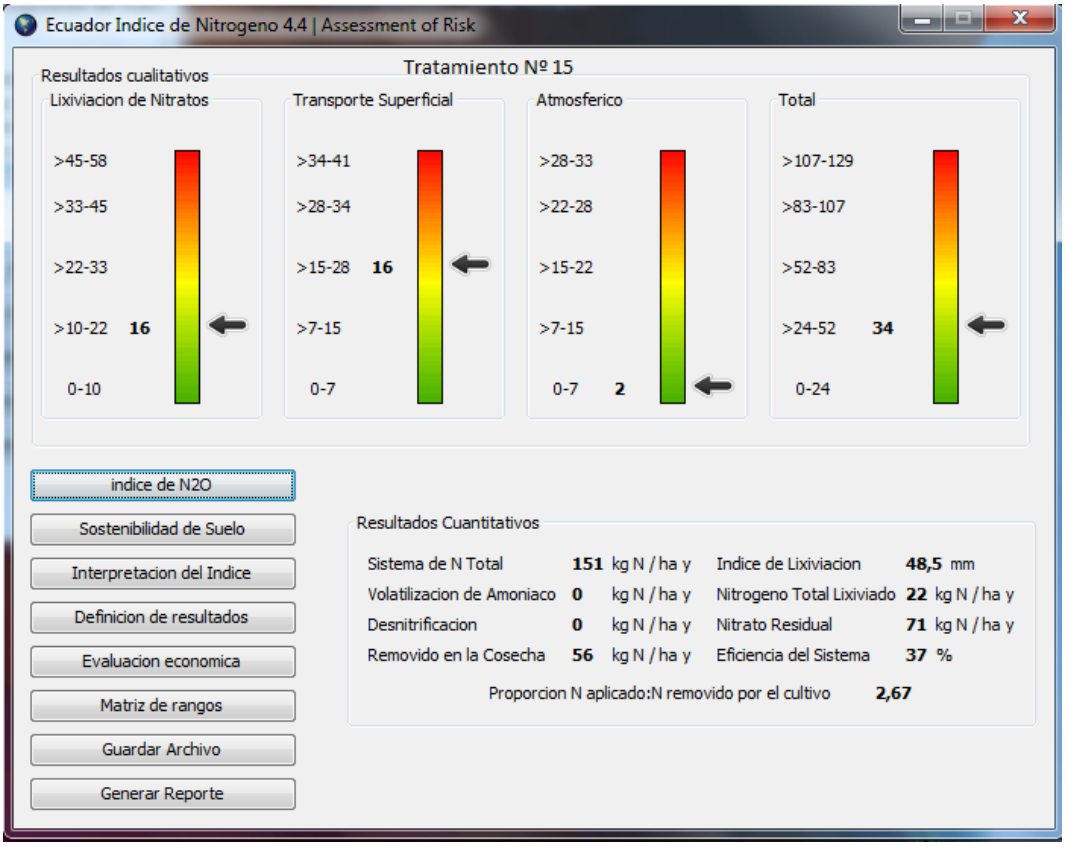

Ecuador Indice de Nitrogeno 4.4 | Assessment of Risk
Tratamiento Nº 10
Resultados cualitativos
Lixiviacion de Nitratos
>45-58
>33-45
>22-33
>10-22 20
0-10
Transporte Superficial
>34-41
>28-34
>15-28 16
>7-15
0-7
Atmosferico
>28-33
>22-28
>15-22
>7-15
0-7 6
Total
>107-129
>83-107
>52-83
>24-52 42
0-24
indice de N2O
Sostenibilidad de Suelo
Interpretacion del Indice
Definicion de resultados
Evaluacion economica
Matriz de rangos
Guardar Archivo
Generar Reporte
Resultados Cuantitativos
Sistema de N Total 266 kg N / ha y
Volatilizacion de Amoniaco 1 kg N / ha y
Desnitrificacion 10 kg N / ha y
Removido en la Cosecha 90 kg N / ha y
Indice de Lixiviacion 48,5 mm
Nitrogeno Total Lixiviado 38 kg N / ha y
Nitrato Residual 125 kg N / ha y
Eficiencia del Sistema 34 %
Proporcion N aplicado:N removido por el cultivo 2,93


Ecuador Indice de Nitrogeno 4.4 | Assessment of Risk
Resultados cualitativos
Tratamiento Nº 11
Lixiviacion de Nitratos
>45-58
>33-45
>22-33
>10-22 16
0-10
Transporte Superficial
>34-41
>28-34
>15-28 16
>7-15
0-7
Atmosferico
>28-33
>22-28
>15-22
>7-15
0-7 6
Total
>107-129
>83-107
>52-83
>24-52 38
0-24
indice de N2O
Sostenibilidad de Suelo
Interpretacion del Indice
Definicion de resultados
Evaluacion economica
Matriz de rangos
Guardar Archivo
Generar Reporte
Resultados Cuantitativos
Sistema de N Total 204 kg N / ha y
Volatilizacion de Amoniaco 0 kg N / ha y
Desnitrificacion 5 kg N / ha y
Removido en la Cosecha 101 kg N / ha y
Indice de Lixiviacion 48,5 mm
Nitrogeno Total Lixiviado 22 kg N / ha y
Nitrato Residual 73 kg N / ha y
Eficiencia del Sistema 49 %
Proporcion N aplicado:N removido por el cultivo 2

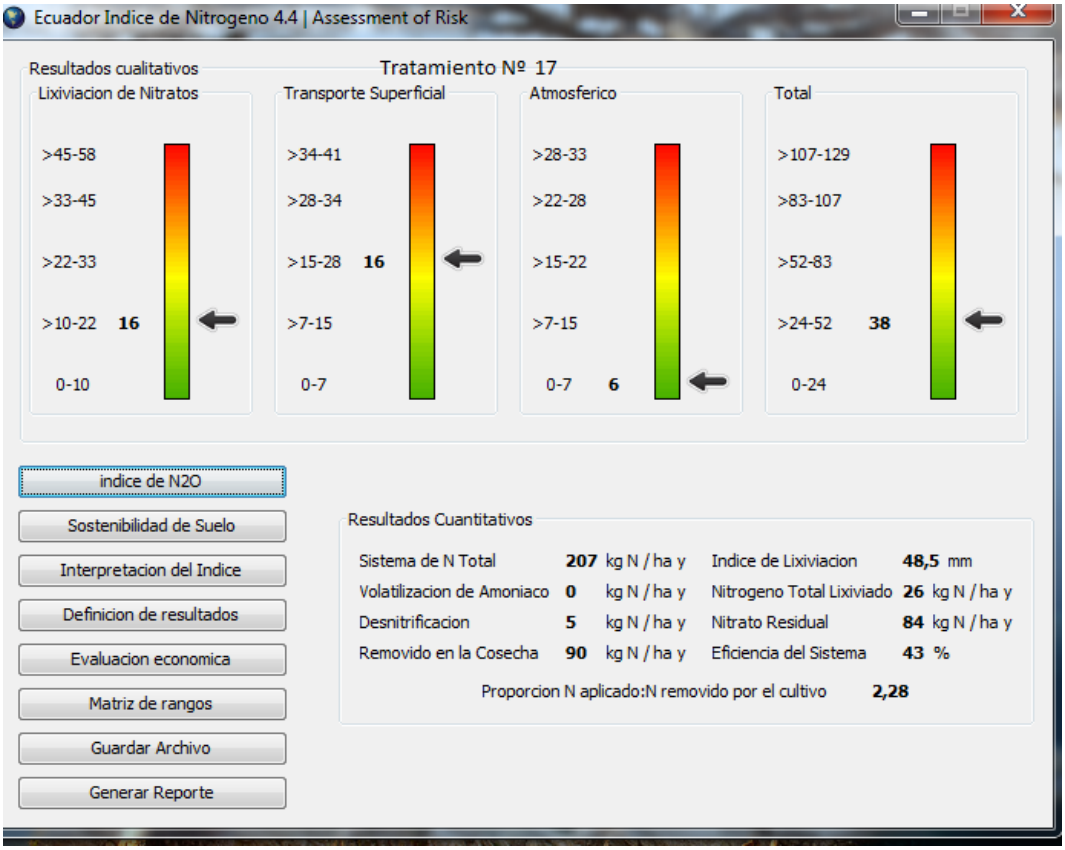

Ecuador Indice de Nitrogeno 4.4 | Assessment of Risk
Resultados cualitativos
Tratamiento Nº 12
Lixiviacion de Nitratos
>45-58
>33-45
>22-33
>10-22 16
0-10
Transporte Superficial
>34-41
>28-34
>15-28 16
>7-15
0-7
Atmosferico
>28-33
>22-28
>15-22
>7-15
0-7 2
Total
>107-129
>83-107
>52-83
>24-52 34
0-24
indice de N2O
Sostenibilidad de Suelo
Interpretacion del Indice
Definicion de resultados
Evaluacion economica
Matriz de rangos
Guardar Archivo
Generar Reporte
Resultados Cuantitativos
Sistema de N Total 151 kg N / ha y
Volatilizacion de Amoniaco 0 kg N / ha y
Desnitrificacion 1 kg N / ha y
Removido en la Cosecha 69 kg N / ha y
Indice de Lixiviacion 48,5 mm
Nitrogeno Total Lixiviado 19 kg N / ha y
Nitrato Residual 61 kg N / ha y
Eficiencia del Sistema 45 %
Proporcion N aplicado:N removido por el cultivo 2,17

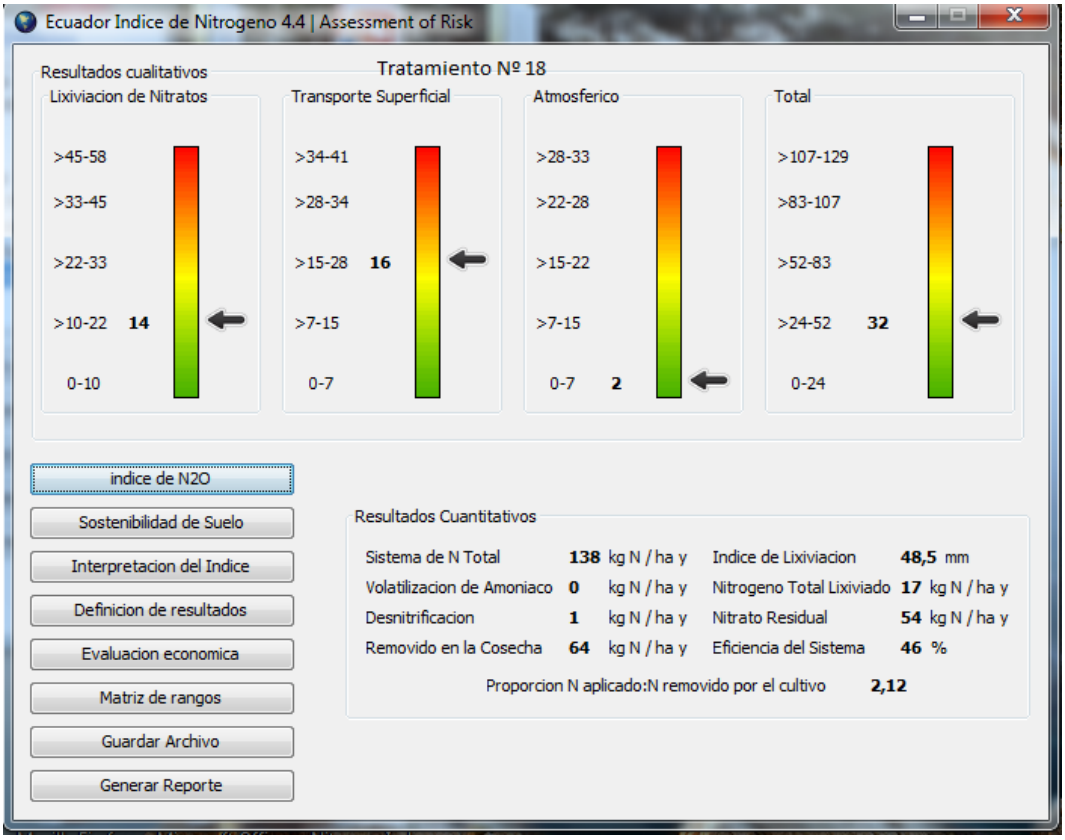

Ecuador Indice de Nitrogeno 4.4 | Assessment of Risk
Tratamiento Nº 13
Resultados cualitativos
Lixiviacion de Nitratos
>45-58
>33-45
>22-33
>10-22 20
0-10
Transporte Superficial
>34-41
>28-34
>15-28 16
>7-15
0-7
Atmosferico
>28-33
>22-28
>15-22
>7-15
0-7 6
Total
>107-129
>83-107
>52-83
>24-52 42
0-24
indice de N2O
Sostenibilidad de Suelo
Interpretacion del Indice
Definicion de resultados
Evaluacion economica
Matriz de rangos
Guardar Archivo
Generar Reporte
Resultados Cuantitativos
Sistema de N Total 294 kg N / ha y
Volatilizacion de Amoniaco 1 kg N / ha y
Desnitrificacion 12 kg N / ha y
Removido en la Cosecha 75 kg N / ha y
Indice de Lixiviacion 48,5 mm
Nitrogeno Total Lixiviado 48 kg N / ha y
Nitrato Residual 156 kg N / ha y
Eficiencia del Sistema 25 %
Proporcion N aplicado:N removido por el cultivo 3,9


Ecuador Indice de Nitrogeno 4.4 | Assessment of Risk
Traatamiento Nº 14
Resultados cualitativos
Lixiviacion de Nitratos
>45-58
>33-45
>22-33
>10-22 16
0-10
Transporte Superficial
>34-41
>28-34
>15-28 16
>7-15
0-7
Atmosferico
>28-33
>22-28
>15-22
>7-15
0-7 6
Total
>107-129
>83-107
>52-83
>24-52 38
0-24
indice de N2O
Sostenibilidad de Suelo
Interpretacion del Indice
Definicion de resultados
Evaluacion economica
Matriz de rangos
Guardar Archivo
Generar Reporte
Resultados Cuantitativos
Sistema de N Total 198 kg N / ha y
Volatilizacion de Amoniaco 0 kg N / ha y
Desnitrificacion 5 kg N / ha y
Removido en la Cosecha 86 kg N / ha y
Indice de Lixiviacion 48,5 mm
Nitrogeno Total Lixiviado 25 kg N / ha y
Nitrato Residual 80 kg N / ha y
Eficiencia del Sistema 43 %
Proporcion N aplicado:N removido por el cultivo 2,29

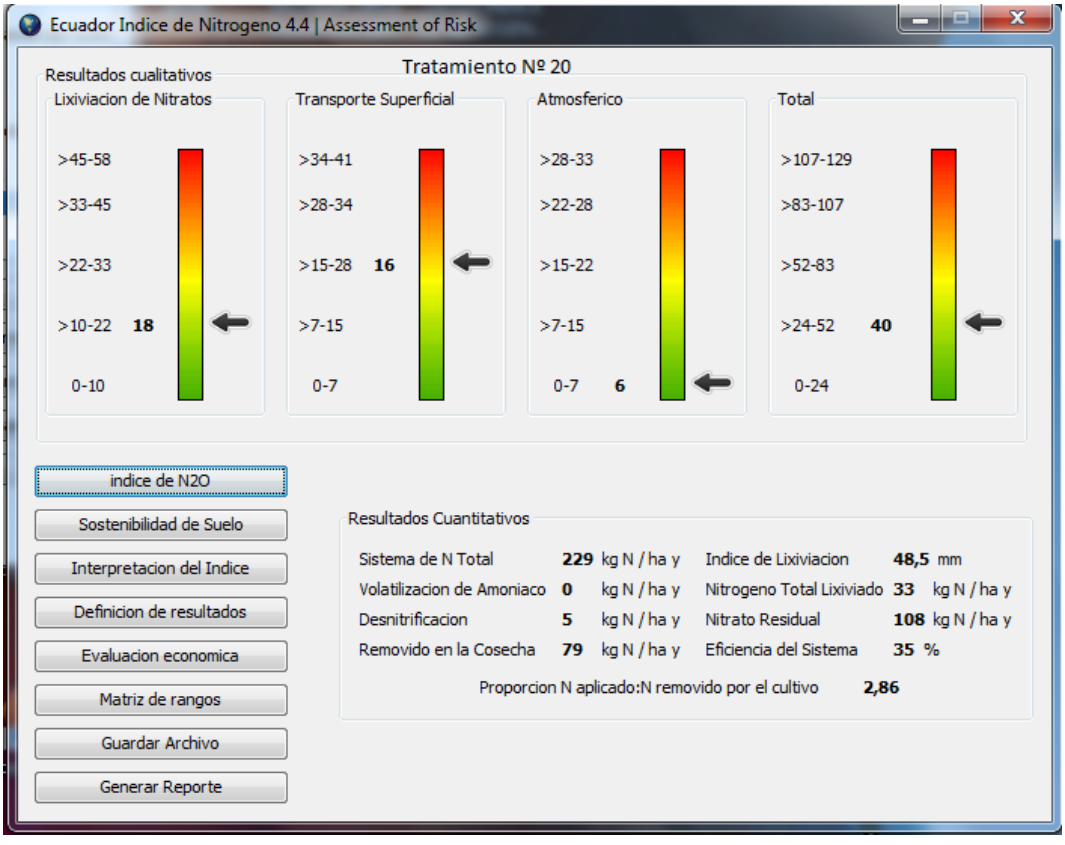

Ecuador Indice de Nitrogeno 4.4 | Assessment of Risk
Tratamiento Nº 15
Resultados cualitativos
Lixiviacion de Nitratos
>45-58
>33-45
>22-33
>10-22 16
0-10
Transporte Superficial
>34-41
>28-34
>15-28 16
>7-15
0-7
Atmosferico
>28-33
>22-28
>15-22
>7-15
0-7 2
Total
>107-129
>83-107
>52-83
>24-52 34
0-24
indice de N2O
Sostenibilidad de Suelo
Interpretacion del Indice
Definicion de resultados
Evaluacion economica
Matriz de rangos
Guardar Archivo
Generar Reporte
Resultados Cuantitativos
Sistema de N Total 151 kg N / ha y
Volatilizacion de Amoniaco 0 kg N / ha y
Desnitrificacion 0 kg N / ha y
Removido en la Cosecha 56 kg N / ha y
Indice de Lixiviacion 48,5 mm
Nitrogeno Total Lixiviado 22 kg N / ha y
Nitrato Residual 71 kg N / ha y
Eficiencia del Sistema 37 %
Proporcion N aplicado:N removido por el cultivo 2,67


Ecuador Indice de Nitrogeno 4.4 | Assessment of Risk
Tratamiento Nº 16
Resultados cualitativos
Lixiviacion de Nitratos
>45-58
>33-45
>22-33
>10-22 20
0-10
Transporte Superficial
>34-41
>28-34
>15-28 16
>7-15
0-7
Atmosferico
>28-33
>22-28
>15-22
>7-15
0-7 6
Total
>107-129
>83-107
>52-83
>24-52 42
0-24
indice de N2O
Sostenibilidad de Suelo
Interpretacion del Indice
Definicion de resultados
Evaluacion economica
Matriz de rangos
Guardar Archivo
Generar Reporte
Resultados Cuantitativos
Sistema de N Total 292 kg N / ha y
Volatilizacion de Amoniaco 1 kg N / ha y
Desnitrificacion 10 kg N / ha y
Removido en la Cosecha 84 kg N / ha y
Indice de Lixiviacion 48,5 mm
Nitrogeno Total Lixiviado 46 kg N / ha y
Nitrato Residual 150 kg N / ha y
Eficiencia del Sistema 29 %
Proporcion N aplicado:N removido por el cultivo 3,48


Ecuador Indice de Nitrogeno 4.4 | Assessment of Risk
Resultados cualitativos
Tratamiento Nº 17
Lixiviacion de Nitratos
>45-58
>33-45
>22-33
>10-22 16
0-10
Transporte Superficial
>34-41
>28-34
>15-28 16
>7-15
0-7
Atmosferico
>28-33
>22-28
>15-22
>7-15
0-7 6
Total
>107-129
>83-107
>52-83
>24-52 38
0-24
indice de N2O
Sostenibilidad de Suelo
Interpretacion del Indice
Definicion de resultados
Evaluacion economica
Matriz de rangos
Guardar Archivo
Generar Reporte
Resultados Cuantitativos
Sistema de N Total 207 kg N / ha y
Volatilizacion de Amoniaco 0 kg N / ha y
Desnitrificacion 5 kg N / ha y
Removido en la Cosecha 90 kg N / ha y
Indice de Lixiviacion 48,5 mm
Nitrogeno Total Lixiviado 26 kg N / ha y
Nitrato Residual 84 kg N / ha y
Eficiencia del Sistema 43 %
Proporcion N aplicado:N removido por el cultivo 2,28


Ecuador Indice de Nitrogeno 4.4 | Assessment of Risk
Resultados cualitativos
Tratamiento Nº 18
Lixiviacion de Nitratos
>45-58
>33-45
>22-33
>10-22 14
0-10
Transporte Superficial
>34-41
>28-34
>15-28 16
>7-15
0-7
Atmosferico
>28-33
>22-28
>15-22
>7-15
0-7 2
Total
>107-129
>83-107
>52-83
>24-52 32
0-24
indice de N2O
Sostenibilidad de Suelo
Interpretacion del Indice
Definicion de resultados
Evaluacion economica
Matriz de rangos
Guardar Archivo
Generar Reporte
Resultados Cuantitativos
Sistema de N Total 138 kg N / ha y
Volatilizacion de Amoniaco 0 kg N / ha y
Desnitrificacion 1 kg N / ha y
Removido en la Cosecha 64 kg N / ha y
Indice de Lixiviacion 48,5 mm
Nitrogeno Total Lixiviado 17 kg N / ha y
Nitrato Residual 54 kg N / ha y
Eficiencia del Sistema 46 %
Proporcion N aplicado:N removido por el cultivo 2,12

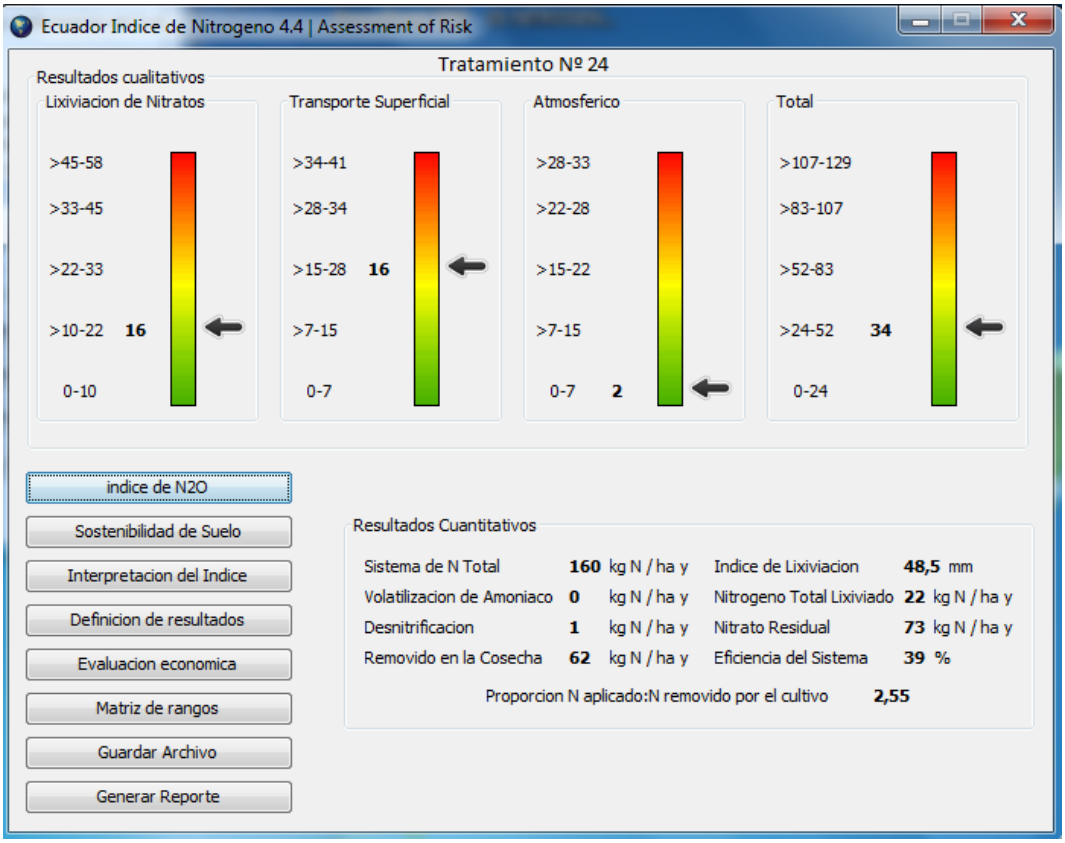

Ecuador Indice de Nitrogeno 4.4 | Assessment of Risk
Tratamiento Nº 19
Resultados cualitativos
Lixiviacion de Nitratos
>45-58
>33-45
>22-33
>10-22 20
0-10
Transporte Superficial
>34-41
>28-34
>15-28 16
>7-15
0-7
Atmosferico
>28-33
>22-28
>15-22
>7-15
0-7 6
Total
>107-129
>83-107
>52-83
>24-52 42
0-24
indice de N2O
Sostenibilidad de Suelo
Interpretacion del Indice
Definicion de resultados
Evaluacion economica
Matriz de rangos
Guardar Archivo
Generar Reporte
Resultados Cuantitativos
Sistema de N Total 271 kg N / ha y
Volatilizacion de Amoniaco 1 kg N / ha y
Desnitrificacion 9 kg N / ha y
Removido en la Cosecha 90 kg N / ha y
Indice de Lixiviacion 48,5 mm
Nitrogeno Total Lixiviado 40 kg N / ha y
Nitrato Residual 129 kg N / ha y
Eficiencia del Sistema 33 %
Proporcion N aplicado:N removido por el cultivo 2,99


Ecuador Indice de Nitrogeno 4.4 | Assessment of Risk
Tratamiento Nº 20
Resultados cualitativos
Lixiviacion de Nitratos
>45-58
>33-45
>22-33
>10-22 18
0-10
Transporte Superficial
>34-41
>28-34
>15-28 16
>7-15
0-7
Atmosferico
>28-33
>22-28
>15-22
>7-15
0-7 6
Total
>107-129
>83-107
>52-83
>24-52 40
0-24
indice de N2O
Sostenibilidad de Suelo
Interpretacion del Indice
Definicion de resultados
Evaluacion economica
Matriz de rangos
Guardar Archivo
Generar Reporte
Resultados Cuantitativos
Sistema de N Total 229 kg N / ha y
Volatilizacion de Amoniaco 0 kg N / ha y
Desnitrificacion 5 kg N / ha y
Removido en la Cosecha 79 kg N / ha y
Indice de Lixiviacion 48,5 mm
Nitrogeno Total Lixiviado 33 kg N / ha y
Nitrato Residual 108 kg N / ha y
Eficiencia del Sistema 35 %
Proporcion N aplicado:N removido por el cultivo 2,86


Ecuador Indice de Nitrogeno 4.4 | Assessment of Risk
Tratamiento Nº 21
Resultados cualitativos
Lixiviacion de Nitratos
>45-58
>33-45
>22-33
>10-22 16
0-10
Transporte Superficial
>34-41
>28-34
>15-28 16
>7-15
0-7
Atmosferico
>28-33
>22-28
>15-22
>7-15
0-7 2
Total
>107-129
>83-107
>52-83
>24-52 34
0-24
indice de N2O
Sostenibilidad de Suelo
Interpretacion del Indice
Definicion de resultados
Evaluacion economica
Matriz de rangos
Guardar Archivo
Generar Reporte
Resultados Cuantitativos
Sistema de N Total 163 kg N / ha y
Volatilizacion de Amoniaco 0 kg N / ha y
Desnitrificacion 1 kg N / ha y
Removido en la Cosecha 64 kg N / ha y
Indice de Lixiviacion 48,5 mm
Nitrogeno Total Lixiviado 23 kg N / ha y
Nitrato Residual 73 kg N / ha y
Eficiencia del Sistema 39 %
Proporcion N aplicado:N removido por el cultivo 2,51


Ecuador Indice de Nitrogeno 4.4 | Assessment of Risk
Tratamiento Nº 22
Resultados cualitativos
Lixiviacion de Nitratos
>45-58
>33-45
>22-33
>10-22 20
0-10
Transporte Superficial
>34-41
>28-34
>15-28 16
>7-15
0-7
Atmosferico
>28-33
>22-28
>15-22
>7-15
0-7 6
Total
>107-129
>83-107
>52-83
>24-52 42
0-24
indice de N2O
Sostenibilidad de Suelo
Interpretacion del Indice
Definicion de resultados
Evaluacion economica
Matriz de rangos
Guardar Archivo
Generar Reporte
Resultados Cuantitativos
Sistema de N Total 265 kg N / ha y
Volatilizacion de Amoniaco 1 kg N / ha y
Desnitrificacion 9 kg N / ha y
Removido en la Cosecha 90 kg N / ha y
Indice de Lixiviacion 48,5 mm
Nitrogeno Total Lixiviado 38 kg N / ha y
Nitrato Residual 125 kg N / ha y
Eficiencia del Sistema 34 %
Proporcion N aplicado:N removido por el cultivo 2,93


Ecuador Indice de Nitrogeno 4.4 | Assessment of Risk
Tratamiento Nº 23
Resultados cualitativos
Lixiviacion de Nitratos
>45-58
>33-45
>22-33
>10-22 16
0-10
Transporte Superficial
>34-41
>28-34
>15-28 16
>7-15
0-7
Atmosferico
>28-33
>22-28
>15-22
>7-15
0-7 6
Total
>107-129
>83-107
>52-83
>24-52 38
0-24
indice de N2O
Sostenibilidad de Suelo
Interpretacion del Indice
Definicion de resultados
Evaluacion economica
Matriz de rangos
Guardar Archivo
Generar Reporte
Resultados Cuantitativos
Sistema de N Total 204 kg N / ha y
Volatilizacion de Amoniaco 0 kg N / ha y
Desnitrificacion 5 kg N / ha y
Removido en la Cosecha 88 kg N / ha y
Indice de Lixiviacion 48,5 mm
Nitrogeno Total Lixiviado 26 kg N / ha y
Nitrato Residual 83 kg N / ha y
Eficiencia del Sistema 43 %
Proporcion N aplicado:N removido por el cultivo 2,3


Ecuador Indice de Nitrogeno 4.4 | Assessment of Risk
Tratamiento Nº 24
Resultados cualitativos
Lixiviacion de Nitratos
>45-58
>33-45
>22-33
>10-22 16
0-10
Transporte Superficial
>34-41
>28-34
>15-28 16
>7-15
0-7
Atmosferico
>28-33
>22-28
>15-22
>7-15
0-7 2
Total
>107-129
>83-107
>52-83
>24-52 34
0-24
indice de N2O
Sostenibilidad de Suelo
Interpretacion del Indice
Definicion de resultados
Evaluacion economica
Matriz de rangos
Guardar Archivo
Generar Reporte
Resultados Cuantitativos
Sistema de N Total 160 kg N / ha y
Volatilizacion de Amoniaco 0 kg N / ha y
Desnitrificacion 1 kg N / ha y
Removido en la Cosecha 62 kg N / ha y
Indice de Lixiviacion 48,5 mm
Nitrogeno Total Lixiviado 22 kg N / ha y
Nitrato Residual 73 kg N / ha y
Eficiencia del Sistema 39 %
Proporcion N aplicado:N removido por el cultivo 2,55

Anexo 12.- Glosario de términos técnicos

1. **Acame.-** es el doblez o inclinación que sufre el tallo de la planta, debido la acción del viento**.**
2. **AIA.-** ácido indolacético. Es un ácido que actúa a nivel de los ápices, en los que hay tejido meristemático, el cual es indeferenciado.
3. **Ambiente rizosférico.-** Aparentemente, una bacteria del suelo deberá sobrevivir a las múltiples interacciones que se presentan con la compleja comunidad microbiana que habita el mismo microambiente, antes de que ocurra cualquier interacción con las raíces de la planta. En el inicio de una interacción con las raíces de la planta hospedera, el microorganismo específico deberá llegar a la superficie de las raíces, adherirse y multiplicarse para colonizarla. Si la bacteria tiene la capacidad de invadir los tejidos internos, se diseminará en el interior de la raíz e incluso en otros órganos de la planta.
4. **Auxinas.-** El nombre auxina es dado a un grupo de compuestos que estimulan la elongación. La Auxina es miembro de un grupo de hormonas vegetales; son sustancias naturales que se producen en las partes de las plantas en fase de crecimiento activo y regulan muchos aspectos del desarrollo vegetal. Afectan al crecimiento del tallo, las hojas y las raíces y al desarrollo de ramas laterales y frutos. Las auxinas influyen en el crecimiento de estos órganos vegetales estimulando la elongación o alargamiento de ciertas células e inhibiendo el crecimiento de otras, en función de la cantidad de auxina en el tejido vegetal y su distribución.
5. **ATP.-**(Adenosin Trifosfato). Es la biomolécula energética básica del metabolismo celular.
6. **Biofertilizantes microbianos.-** pueden definirse como productos a base de microorganismos que viven normalmente en el suelo, aunque en poblaciones bajas, y que, al incrementar sus poblaciones por medio de la inoculación artificial, son capaces de poner a disposición de las plantas, mediante su actividad biológica, una parte importante de los nutrientes que necesitan para su desarrollo, así como de suministrar sustancias hormonales o promotoras del crecimiento.

7. **Citocininas.** o **citoquininas** constituyen un grupo de hormonas vegetales que promueven la división y la diferenciación celular. el cual podría ser considerado como el segundo proceso madre de todos los procesos fisiológicos en los vegetales, ya que a este proceso le antecede en importancia la diferenciación celular, la cual se encarga de dar origen a la formación de cada uno de los órganos de cualquier vegetal
8. **Cosmopolita.-**se encuentra distribuido en todo el mundo.
9. **Giberelinas.-** es una fitohormona. Se producen en la zona apical, frutos y semillas. Sus funciones son:Interrumpir el periodo de latencia de las semillas, haciéndolas germinar.Inducir la brotación de yemas y promover el desarrollo de los frutos (floración).
10. **Madurez fisiológica.-** La madurez fisiológica se refiere a la etapa del desarrollo de la fruta u hortaliza en que se ha producido el máximo crecimiento y maduración. Generalmente está asociada con la completa madurez de la fruta. i a etapa de madurez fisiológica es seguida por el envejecimiento. No siempre es posible distinguir claramente las tres fases del desarrollo del órgano de una planta (crecimiento, madurez y envejecimiento) porque las transiciones entre las etapas son a menudo muy lentas y poco diferenciadas.
11. **Macroorganismo.-** es el término para referirse a la armoniosa simbiosis entre seres muy simples que darían origen a un ser vivo más complejo.
12. **Microorganismo.-** también llamado microbio, es un ser vivo que sólo puede visualizarse con el microscopio. La ciencia que estudia a los microorganismos es la microbiología. Son organismos dotados de individualidad que presentan, a diferencia de las plantas y los animales, una organización biológica elemental. En su mayoría son unicelulares, aunque en algunos casos se trate de organismos cenóticos compuestos por células multinucleadas, o incluso multicelulares
13. **Micronutrientes.-** Consideramos micronutrientes a los elementos esenciales cuya concentración en planta es menor a 0.1% en peso seco. Actualmente se consideran micronutrientes a los siguientes elementos: Hierro, Manganeso, Zinc, Cobre, Boro, Molibdeno, Cloro, Níquel.

14. **Macronutrientes.-** Consideramos macronutrientes minerales a los que están presentes en el tejido por encima del 0.1%, y son: N, S, P, K, Ca y Mg.
15. Los elementos C, H y O, aunque son nutrientes, no se incluyen en estos fundamentos de la nutrición mineral, por no ser objeto de adición como fertilizantes de los cultivos.
16. **NAD .-** Dinucleotido de adenina y nicotinamida . **(**transferencia de electrones y protones)
17. **NADP .-** Dinucleotido de adenina y nicotinamida fosfáto (transferencia de electrones y protones.)
18. **NFB.- (**nitrogen fixation biological) semigelificado, libre de nitrógeno y con malato como fuente de carbono. Es el medio de cultivo usado para el aislamiento de las especies de **Azospirillum spp.**
19. **Quimiotaxis.-** es un tipo de fenómeno en el cual las bacterias y otras células de organismos uni o multicelulares dirigen sus movimientos de acuerdo a ciertas sustancias químicas en su medio ambiente.
20. **Rizósfera.-** se la puede considerar como la porción de suelo en la que están las raíces de las plantas, ya que es una zona donde se dan toda una serie de relaciones físicas y químicas que afectan a la estructura del suelo y a los organismos que viven en él, proporcionándole unas propiedades diferentes.
21. **PGPR.-** por sus siglas en ingles (Plant Grown Promoting Rhizobacteria o rizobacteria promotora del crecimiento vegetal), la cual mostró ser un organismo altamente eficiente para aumentar el crecimiento de las plantas e incrementar su tolerancia a otros microorganismos causantes de enfermedades.
22. **Trasloca.-**es la acción de un insecticida o fungicida cuando éste es absorbido por las raíces u hojas.