

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales

Escuela De Ingeniería Agropecuaria

**“UTILIZACIÓN DE BACTERIAS FIJADORAS DE NITRÓGENO
(*Azotobacter*) Y SOLUBILIZADORAS DE FÓSFORO EN EL CULTIVO DE
BRÓCOLI (*Brassicae oleraceae var. Legacy*) EN OTAVALO”**

Tesis de Ingeniero Agropecuario



Autores:

NICOLALDE MOREJÓN ALEXANDRA ISOLINA

QUINTANA LANDETA DIEGO FERNANDO

Director:

ING. MSc.FRANKLIN VALVERDE

Ibarra – Ecuador
2010

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuaria y Ambientales

Escuela De Ingeniería Agropecuaria

**“UTILIZACIÓN DE BACTERIAS FIJADORAS DE NITRÓGENO
(*Azotobacter*) Y SOLUBILIZADORAS DE FÓSFORO EN EL CULTIVO DE
BRÓCOLI (*Brassicae oleraceae var. Legacy*) EN OTAVALO”**

TESIS

Presentada al comité asesor como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

APROBADA:

Ing. MSc. Fanklin Valverde

DIRECTOR

Ing. MSc. Raúl Barragán

ASESOR

Ing. Germán Terán

ASESOR

Ing. Galo varela

ASESOR

Ibarra-Ecuador

2010

Presentación

Las ideas, conceptos, cuadros, tablas, resultados y más información que se presentan en esta investigación son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Agradecimientos

- A dios por darnos muchos momentos felices como lo es éste logro.
- A la Universidad Técnica del Norte por ser ésta la casa de estudio que nos dio la oportunidad de adquirir muchos conocimientos valiosos y conocer personas muy apreciables.
- Al Ing. MSc. Franklin Valverde director de tesis por ser el que nos dirigió y aportó su valiosa experiencia para la culminación de ésta tesis.
- A nuestros asesores Ing. MSc. Raúl Barragán, Ing. Germán Terán e Ing. Galo Varela quienes aportaron con valiosas ideas para que éste documento se realice de la mejor manera.
- A la empresa Agrodiagnostic que por intermedio de la Ing. Karla Garcés fue auspiciante de la presente investigación.
- Al Ing. Francisco Noboa quien fue el que me impulso a llevar a cabo este tema de tesis.
- Al Ing. David Aguilar por la ayuda que presto durante todas las etapas que ésta investigación tuvo.
- Al Ing. Diego Guamán encargado de la zona norte de la empresa ALVANI productora de brócoli.

Alexandra; Diego

Dedicatoria

A, Olguita Marina mi madre, Alexander y a nuestro hijo.

Alexandra

Dedicatoria

A, mi familia Landeta López, por ser las personas que han estado junto a mi, en todos los momentos brindándome su apoyo y comprensión de forma incondicional, por eso y más este logro va de dicado muy fraternalmente a ellos.

Diego Fernando

ÍNDICE GENERAL

	Página
PRESENTACIÓN	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DEDICATORIA	v, vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vii
ÍNDICE DE CUADROS	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xvii
ÍNDICE DE ANEXOS	xviii
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	xvii

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Página
I. INTRODUCCIÓN	
1.1. Problema	1
1.2. Justificación	2
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos	3
1.4. Formulación de hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1. Origen de la especie	4
2.2. Clasificación Botánica	4
2.3. La variedad	5
2.4. Descripción morfológica	5
2.4.1. Raíz	5
2.4.2. Hojas	6
2.4.3. Flor	6
2.4.4. Inflorescencia	6
2.4.5. Fruto	6
2.4.6. Semilla	7
2.5. Ciclo vegetativo	7
2.6. Clima	7
2.7. Tipos de suelo	8
2.8. Riego	8
2.9. Fertilización	9
2.9.1. Nitrógeno	9

2.9.1.1. Formas de nitrógeno	9
2.9.1.2. Síntomas de deficiencia en la planta	10
2.9.1.3. Exceso de nitrógeno	10
2.9.1.4. El nitrógeno mejora la absorción de fósforo	10
2.9.2. Fósforo	11
2.9.2.1. Formas del Fósforo	11
2.9.2.2. Síntomas de deficiencia de Fósforo	11
2.9.2.3. Exceso de Fósforo	12
2.9.2.4. Rizobacterias y la solubilización de fósforo	12
2.9.3. Potasio	12
2.9.3.1. Formas de Potasio	12
2.9.3.2. Síntomas de deficiencia	13
2.9.3.3. Exceso de Potasio	13
2.9.4. Calcio	13
2.9.4.1. El calcio en la planta	13
2.9.4.2. Síntomas de deficiencia	14
2.9.4.3. Fuentes de calcio	14
2.9.5. Azufre	14
2.9.5.1. Papel de Azufre	14
2.9.5.2. Síntomas de deficiencia	15
2.9.5.3. Fuentes de Azufre	15
2.10. Biofertilizantes	15
2.10.1. Aspectos básicos sobre fijadores de nitrógeno	15
2.10.2. Microorganismos fijadores de N atmosféricos (diazotrofos)	16
2.10.3. Fijación biológica de nitrógeno	16
2.10.4. Microorganismos diazótrofos asimbióticos	16
2.10.5. Generalidades del género <i>Azotobacter spp</i>	17

2.10.5.1. <i>Azotobacter choococcum</i>	17
2.10.5.2. <i>Azotobacter vinelandii</i>	18
2.11. Siembra y trasplante	18
2.11.1. Siembra	18
2.11.2 Transplante	19
2.12. Cosecha	19
III. MATERIALES Y METODOS	
3.1. Caracterización del área de estudio	20
3.1.1. Ubicación	20
3.1.2. Características agroclimáticas	20
3.1.3. Características Edáficas	20
3.2. Métodos	23
3.2.1. Tratamientos y diseño experimental	23
3.2.2. Características de la unidad experimental	24
3.2.3. Variables a evaluarse	25
3.2.3.1. Porcentaje de pellas cosechadas a los 83 días	25
3.2.3.2. Número de plantas y pellas cosechadas	25
3.2.3.3. Diámetro de la pella	25
3.2.3.4. Rendimiento del cultivo	25
3.2.3.5. Porcentaje de materia seca	26
3.2.3.6. Extracción de nitrógeno y fósforo	26
3.2.4. Manejo específico del experimento	27
3.2.4.1. Toma de muestra del suelo	27
3.2.4.2. Preparación del terreno	28

3.2.4.3. Delimitación del ensayo	28
3.2.4.4. Trasplante	28
3.2.4.5. Fertilización química	28
3.2.4.6. Aplicación de los biofertilizantes	29
3.2.4.7. Riegos	29
3.2.4.8. Deshierbas	29
3.2.4.9. Controles fitosanitarios	29
3.2.4.10. Aporcado	30
3.2.4.11. Cosecha	30
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1. PORCENTAJE DE COSECHA A LOS 83 DÍAS	31
4.2. NÚMERO DE PLANTAS Y PELLAS	35
4.2.1. NUMERO DE PLANTAS	35
4.2.2. NÚMERO DE PELLAS	37
4.3. DIÁMETRO	40
4.4. RENDIMIENTO	44
4.5. MATERIA SECA	51
4.6. EXTRACCION DE NITRÓGENO	52
4.7. EXTRACCION DE FÓSFORO	56
4.8. ANALISIS ECONÓMICO	59
V. CONCLUSIONES	65
VI. RECOMENDACIONES	67
VII. RESUMEN	68
VIII. SUMMARY	71

IX. BIBLIOGRAFIA CITADA

9.1. Libros, revistas y publicaciones	74
9.2. Páginas web	77
9.3. Tesis consultadas	79

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Tratamientos para evaluar los biofertilizantes y la fertilización química en brócoli. Otavalo, 2008.	23
Cuadro 2.	Fertilizantes utilizados en el ensayo, g/surco. Otavalo, 2008.	29
Cuadro 3.	Análisis de varianza para porcentaje de cosecha a los 83 días. Otavalo 2008.	32
Cuadro 4.	Promedios del porcentaje de cosecha a los 83 días para niveles de nitrógeno y fósforo.	33
Cuadro 5.	Análisis de varianza para el número de plantas de brócoli a la cosecha.	35
Cuadro 6.	Promedios de número de plantas de brócoli para niveles de nitrógeno y fósforo.	36
Cuadro 7.	Análisis de varianza para el número de pellas de brócoli.	37
Cuadro 8.	Promedios de número de pellas de brócoli para niveles de nitrógeno y fósforo.	38
Cuadro 9.	Análisis de varianza para el diámetro de pellas de brócoli.	40
Cuadro 10.	Prueba de Duncan al 5% para el diámetro de pellas de brócoli.	41
Cuadro 11.	Promedios de diámetro de pallas de brócoli para niveles de fertilización edáfica de biofertilizantes en cm.	42
Cuadro 12.	Análisis de varianza para rendimiento de pellas de brócoli en TM/ha. Otavalo, 2008.	44
Cuadro 13.	Prueba de Duncan al 5% para rendimiento de pellas en TM/ha.	46
Cuadro 14.	Promedios de rendimiento de brócoli para niveles de nitrógeno y fósforo química en TM/ha.	47

Cuadro 15.	Materia seca de brócoli.	51
Cuadro 16.	Cantidad de nitrógeno absorbido por el cultivo de brócoli.	52
Cuadro 17.	Cantidad de P ₂ O ₅ absorbido por el cultivo de brócoli.	56
Cuadro 18.	Presupuesto parcial de “La utilización de bacterias fijadoras de nitrógeno (<i>Azotobacter</i>), y solubilizadoras de fósforo en el cultivo de brócoli (<i>Brassica aleraceae var. Legacy</i>) en Otavalo 2008, (CIMMYT 1988).	60
Cuadro 19.	Cuadro de dominancia Presupuesto parcial de “La utilización de bacterias fijadoras de nitrógeno (<i>Azotobacter</i>), y solubilizadoras de fósforo en el cultivo de brócoli (<i>Brassica aleraceae var. Legacy</i>) en Otavalo 2008, (CIMMYT 1988).	62
Cuadro 20.	Cuadro de análisis marginal “La utilización de bacterias fijadoras de nitrógeno (<i>Azotobacter</i>), y solubilizadoras de fósforo en el cultivo de brócoli (<i>Brassica aleraceae var. Legacy</i>) en Otavalo 2008, (CIMMYT 1988).	63
Cuadro 21.	. Cuadro de análisis marginal “La utilización de bacterias fijadoras de nitrógeno (<i>Azotobacter</i>), y solubilizadoras de fósforo en el cultivo de brócoli (<i>Brassica aleraceae var. Legacy</i>) en Otavalo 2008, (CIMMYT 1988).	63
Cuadro 22.	Tratamientos que se evaluaron.	69
Cuadro 23.	Fertilización testigo empresa.	82
Cuadro 24.	Fertilización testigo químico y nivel 3 (100% de fertilizante químico).	82
Cuadro 25.	Fertilización nivel 2 (66.7% de fertilizante químico).	83
Cuadro 26.	Fertilización nivel 1 (33.3% de fertilizante químico).	83
Cuadro 27.	Controles fitosanitarios del testigo empresa.	84
Cuadro 28.	Controles fitosanitarios del testigo químico y los que se utilizo biofertilizantes.	85
Cuadro 29.	Costo de producción del tratamiento 1.	86
Cuadro 30.	Costo de producción del tratamiento 2.	87
Cuadro 31.	Costo de producción del tratamiento 3.	88

Cuadro 32.	Costo de producción del tratamiento 4.	89
Cuadro 33.	Costo de producción del tratamiento 5.	90
Cuadro 34.	Costo de producción del tratamiento 6.	91
Cuadro 35.	Costo de producción del tratamiento 7.	92
Cuadro 36.	Costo de producción del tratamiento 8.	93
Cuadro 37.	Costo de producción del tratamiento 9.	94
Cuadro 38.	Costo de producción del tratamiento 10.	95
Cuadro 39.	Costo de producción del tratamiento 11.	96
Cuadro 40.	Costo de producción del tratamiento 12.	97
Cuadro 41.	Costo de producción del tratamiento 13.	98
Cuadro 42.	Costo de producción del tratamiento 14.	99
Cuadro 43.	Costo de producción del tratamiento 15.	100
Cuadro 44.	Costo de producción del tratamiento 16.	101
Cuadro 45.	Costo de producción del tratamiento 17.	102
Cuadro 46.	Costo de producción del tratamiento 18.	103
Cuadro 47.	Costo de producción del testigo químico 19.	104
Cuadro 48.	Costo de producción del testigo empresa 20.	105
Cuadro 49.	Datos de campo para la variable rendimiento de pellas.	106
Cuadro 50.	Datos de campo para la variable diámetro de la pella.	107
Cuadro 51.	Datos de campo para la variable número de plantas.	108
Cuadro 52.	Datos de campo para la variable número de pellas.	109
Cuadro 53.	Datos de campo para la variable número de pellas.	110
Cuadro 54.	Peso fresco de la pella y el resto de planta.	111
Cuadro 55.	Prueba de Duncan al 5% para porcentaje de cosecha de pellas a los 83 días después del trasplante.	112

Cuadro 56.	Promedios de los biofertilizantes en la variable porcentaje de cosecha a los 83 días.	112
Cuadro 57.	Promedios de las dosis de biofertilizantes en la variable porcentaje de cosecha a los 83 días.	112
Cuadro 58.	Promedios de la interacción de biofertilizantes y dosis en la variable porcentaje de cosecha a los 83 días.	113
Cuadro 59.	Promedios de la interacción de biofertilizantes y niveles de fertilización química en la variable porcentaje de cosecha a los 83 días.	113
Cuadro 60.	Promedios de la interacción dosis de biofertilizantes y niveles de fertilización química en la variable porcentaje de cosecha a los 83 días.	113
Cuadro 61.	Prueba de Duncan al 5% para el número de plantas de brócoli.	114
Cuadro 62.	Promedios de los biofertilizantes en la variable número de plantas.	114
Cuadro 63.	Promedios de las dosis de biofertilizantes en la variable número de plantas.	114
Cuadro 64.	Promedios de la interacción de biofertilizantes y dosis en la variable número de plantas.	115
Cuadro 65.	Promedios de la interacción de biofertilizantes y niveles de fertilización química en la variable número de plantas.	115
Cuadro 66.	Promedios de la interacción dosis de biofertilizantes y niveles de fertilización química en la variable número de plantas.	115
Cuadro 67.	Prueba de Duncan al 5% para el número de pellas de brócoli.	116
Cuadro 68.	Promedios de los biofertilizantes en la variable número de pellas.	116
Cuadro 69.	Promedios de las dosis de biofertilizantes en la variable número de pellas.	116
Cuadro 70.	Promedios de la interacción de biofertilizantes y dosis en la variable número de pellas.	117
Cuadro 71.	Promedios de la interacción de biofertilizantes y dosis en la variable número de pellas.	117

Cuadro 72.	Promedios de la interacción dosis de biofertilizantes y niveles de fertilización química en la variable número de pellas.	117
Cuadro 73.	Promedios de los biofertilizantes en la variable diámetro de la pella.	118
Cuadro 74.	Promedios de las dosis de biofertilizantes en la variable diámetro de la pella.	118
Cuadro 75.	Promedios de la interacción de biofertilizantes y dosis en la variable diámetro de la pella.	118
Cuadro 76.	Promedios de la interacción de biofertilizantes y niveles de fertilización química en la variable diámetro de la pella.	118
Cuadro 77.	Promedios de la interacción dosis de biofertilizantes y niveles de fertilización química en la variable diámetro de la pella.	119
Cuadro 78.	Promedios de los biofertilizantes en la variable rendimiento del brócoli.	119
Cuadro 79.	Promedios de las dosis de biofertilizantes en la variable rendimiento del brócoli.	119
Cuadro 80.	Promedios de la interacción de biofertilizantes y dosis en la variable rendimiento del brócoli.	119
Cuadro 81.	Promedios de la interacción de biofertilizantes y niveles de fertilización química en la variable rendimiento del brócoli.	120
Cuadro 82.	Promedios de la interacción dosis de biofertilizantes y niveles de fertilización química en la variable rendimiento del brócoli.	120
Cuadro 83.	Identificación de impactos en la investigación con la Matriz de Leopold.	127
Cuadro 84.	Evaluación de impactos identificados en la investigación con la Matriz de Leopold.	128

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1.	Efecto de los niveles de nitrógeno y fósforo sobre el porcentaje de pellas cosechadas a los 83 días después del trasplante.	33
Figura 2.	Efecto de los niveles de nitrógeno y fósforo sobre el número de pellas.	39
Figura 3.	Efecto de los niveles de nitrógeno y fósforo sobre el diámetro de pellas.	43
Figura 4.	Efecto de los niveles de nitrógeno y fósforo en el rendimiento de brócoli. Otavalo, 2008.	48
Figura 5.	Interacción dosis de biofertilización por fuentes de biofertilizantes.	49
Figura 6.	Interacción dosis de biofertilizantes por niveles de fertilización química edáfica.	49
Figura 7.	Comparación del testigo químico 100% de fertilización edáfica con los que tienen el 100% de fertilización química más las dosis de biofertilizante.	50
Figura 8.	Regresión lineal de la extracción de N con relación a la producción.	53
Figura 9.	Extracción de N con el 100% de fertilización química más las dosis de biofertilizante.	54
Figura 10.	Regresión lineal de la extracción de P ₂ O ₅ con relación a la producción.	57
Figura 11.	Extracción de P ₂ O ₅ con el 100% de fertilización química mas las dosis de biofertilizante.	58
Figura 12.	Curva de beneficios netos para La utilización de bacterias fijadoras de nitrógeno (<i>Azotobacter</i>), y solubilizadoras de fósforo en el cultivo de brócoli (<i>Brassica aleraceae</i> var. Legacy) en Otavalo. 2008, (CIMMYT 1988).	64

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1.	Costos de fertilizantes de los niveles, controles fitosanitarios y costos de producción por hectárea.	82
ANEXO 2.	Datos de campo	106
ANEXO 3.	Datos del MSTATC	112
ANEXO 4.	Impacto Ambiental	121
ANEXO 5.	Datos meteorológicos de la zona.	130
ANEXO 6.	Análisis de suelo	131
ANEXO 7.	Análisis del laboratorio	132
ANEXO 8.	Fotos	134

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1.	Delimitación del ensayo	134
Fotografía 2.	Aplicación de biofertilizantes	134
Fotografía 3.	Riego previo el transplante	135
Fotografía 4.	Plántulas de 3 semanas listas para el transplante	135
Fotografía 5.	Dosificación de fertilizantes edáficos	136
Fotografía 6.	Dosificación de fertilizantes edáficos	136
Fotografía 7.	Fertilización	137
Fotografía 8.	Controles fitosanitarios al cultivo	137
Fotografía 9.	Biofertilizante Azototic pluss	138
Fotografía 10.	Biofertilizante Azototic	138
Fotografía 11.	Vista panorámica del cultivo	139
Fotografía 12.	Cultivo a los 65 días después del transplante	139

Fotografía 13.	Cosecha	140
Fotografía 14.	Transporte de las pellas cosechas en gavetas individuales	140
Fotografía 15.	Peso de la pella	141
Fotografía 16.	Diámetro de la pella	141
Fotografía 17.	Muestras enviadas al laboratorio	142