

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y
RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



TESIS DE GRADO

**EFFECTO DEL RHIZOBIUM (*Rhizobium leguminosarum* bv. *vicia*) EN EL
COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE TRES ECOTIPOS DE HABA
(*Vicia faba* L.) EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE KALLUTACA**

PRESENTADA POR:

MARIANA MAMANI APAZA

EL ALTO – BOLIVIA

2014

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EFFECTO DEL RHIZOBIUM (*Rhizobium leguminosarum* bv. *vicia*) EN EL
COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE TRES ECOTIPOS DE HABA (*Vicia faba* L.)
EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE KALLUTACA**

*Tesis de Grado presentada para obtener
el Título de Ingeniero Agrónomo*

MARIANA MAMANI APAZA

ASESOR (ES):

Ing. Ph.D. Félix Marza Mamani

Ing. Agr. Omar Eleuterio Aguilar Perez

TRIBUNAL REVISOR:

Ing. Rogelio Maydana Apaza

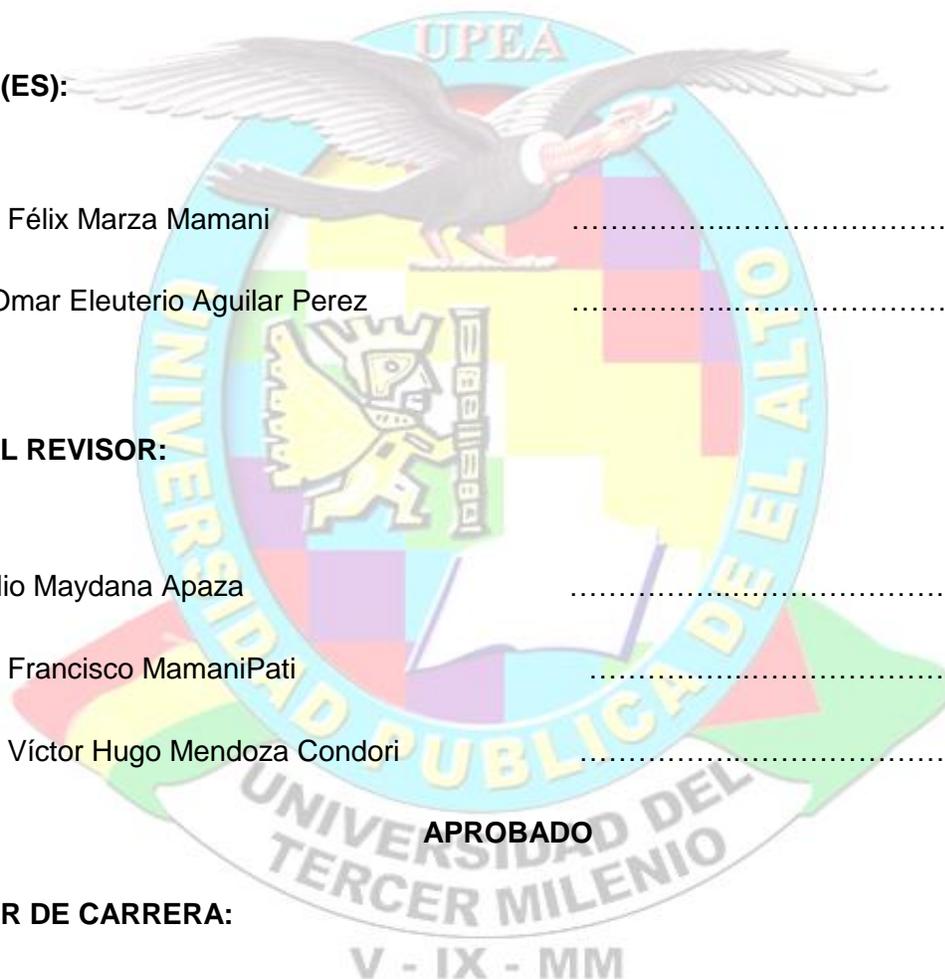
Ing. Ph.D. Francisco MamaniPati

Ing. Ph.D. Víctor Hugo Mendoza Condori

APROBADO

DIRECTOR DE CARRERA:

Ing. Laureano Coronel Quispe



DEDICATORIA:

Debo dar gracias: a Dios por darme la perseverancia y dejar que no me rinda en los momentos más difíciles

A mi padre Nolberto Mamani Choque, a mi hermana Verónica Jaquelin Mamani Apaza muchas gracias.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Pública de El Alto, a la cual debo mi formación académica y la acogida que me dio durante todo este tiempo gracias por todo.

Mis más profundos y sinceros agradecimientos al plantel docente de la Carrera de Ingeniería Agronómica por las atenciones brindadas durante mi formación académica.

Un agradecimiento muy especial a mis asesores, Ing. Agr. Ph.D. Félix Marza Mamani e Ing. Agr. Omar Aguilar Pérez, por su apoyo brindado incondicionalmente para realizar la investigación y su colaboración, hasta la presentación de la Tesis gracias.

A mis tribunales Ing. Agr. Ph.D. Víctor Hugo Mendoza Condori, Ing. Agr. Ph.D. Francisco Mamani e Ing. Agr. Rogelio Maydana, gracias por su colaboración y apoyo desinteresado en la ejecución y conclusión del presente trabajo de investigación.

CONTENIDO

ÍNDICE DE TEMAS	iv
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
RESUMEN	x

ÍNDICE DE TEMAS

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos	2
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 CULTIVO DE HABA	3
2.1.1 Clasificación sistemática	3
2.1.2 Importancia del cultivo	4
2.1.3 Valor Nutritivo	5
2.1.4 Características del cultivo	6
2.1.5 Fases Fenológicas.....	7
2.1.6 Condiciones agroecológicas para el cultivo.....	7
2.1.7 Tecnología del cultivo	8
2.1.8 Siembra	9
2.1.9 Manejo del cultivo	11
2.1.10 Cosecha, post-cosecha y transporte.....	13
2.1.11 Manejo ecológico de plagas y enfermedades	14
2.2 EL RHIZOBIUM.....	16
2.2.1 Clasificación taxonómica del <i>Rhizobium</i>	16
2.2.2 El proceso de fijación del nitrógeno	17
3. MATERIALES Y MÉTODOS	25
3.1 LOCALIZACIÓN	25
3.1.1 Ubicación Geográfica.....	25
3.1.2 Características Climáticas y edáficas.....	25
3.1.3 Suelo	26
3.2 MATERIALES.....	26

3.2.1	Material genético.....	26
3.2.2	Materiales de Campo.....	26
3.2.3	Materiales de Laboratorio	27
3.2.4	Materiales de Gabinete.....	27
3.3	METODOLOGÍA (PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL)	27
3.3.1	Fase de instalación del experimento.....	27
3.3.1.1	Selección y preparación del terreno.....	27
3.3.1.2	Preparación del sustrato.....	27
3.3.1.3	Desinfección del sustrato.....	27
3.3.1.4	Preparación de las semillas	28
3.3.1.5	Inoculación y siembra.....	28
3.3.1.6	Manejo del cultivo.....	28
3.3.2	Fase de seguimiento de la investigación.....	29
3.3.2.1	Labores culturales	29
3.3.2.2	Cosecha	29
3.3.2.3	Muestreo de suelo de las macetas para análisis de nitrógeno	30
3.3.2.4	Secado y trilla.....	30
3.3.2.4.1	Fase de evaluación de la investigación	31
3.3.2.4.2	Variables fenológicas	31
3.3.2.4.3	Variables de desarrollo de planta y rendimiento.....	31
3.3.3	Diseño Experimental.....	33
3.3.3.1	Factores de estudio	33
3.3.3.2	Tratamientos	34
3.3.4	Variables de Respuesta.....	35
3.3.5	Análisis y transformación de datos.....	35
3.3.6	Variables económicas.....	36
4.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	37
4.1	Resultados de las variables fenológicas y agronómicas	37
4.1.1	Análisis de suelos	37
4.1.2	Porcentaje de germinación de los ecotipos de haba	38
4.1.3	Fases fenológicas.....	39
4.1.4	Variables agronómicas.....	39
4.1.5	Altura de planta.....	41
4.1.6	Número de macollos	42

4.1.7	Número de flores	43
4.1.8	Número de vainas.....	44
4.1.9	Peso de la vaina verde	45
4.1.10	Peso de la vaina seca.....	46
4.1.11	Longitud de vaina.....	47
4.1.12	Longitud de la raíz	48
4.1.13	Número de nódulos de <i>Rhizobium</i>	49
4.1.14	Peso de nódulos de <i>Rhizobium</i>	50
4.1.15	Peso seco de la semilla	51
4.1.16	Peso de 100 semillas.....	52
4.1.17	Rendimientos promedio de vaina verde de haba por hectárea.....	53
4.1.18	Rendimientos promedio de semilla seca de haba por hectárea.	54
4.1.19	La influencia de la inoculación de <i>Rhizobium</i> en el haba	55
5.	CONCLUSIONES	61
6.	RECOMENDACIONES	63
7.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	64
8.	ANEXOS	72

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. La clasificación sistemática del haba.....	3
Cuadro 2. Composición química de las habas verdes.	5
Cuadro 3. composición nutritiva por 100 gramos de haba seca y verde.	6
Cuadro 4. Áreas productoras de haba y variedades que se cultivan.....	8
Cuadro 5. Rotaciones para el cultivo de haba.	13
Cuadro 6. Clasificación taxonómica.....	16
Cuadro 7. Diversidad de bacterias simbióticas fijadoras de N ₂ relacionado con leguminosas.....	16
Cuadro 8. Valores promedio de Nitrógeno fijado por leguminosas en el mundo.	17
Cuadro 9. Los tratamientos estudian el efecto de los ecotipos y la inoculación de diferentes dosis de <i>Rhizobium</i>	34
Cuadro 10. Distribución de la parcela.....	34
Cuadro 11. Análisis del contenido de nitrógeno del sustrato los ecotipos de haba. H=Habilla, U=Usnayo y GC=Gigante Copacabana.	37
Cuadro 12. Porcentaje de germinación de los ecotipos de haba por efecto de <i>Rhizobium</i> después de la siembra.	38
Cuadro 13. varianza de las variables agronómicas por efecto de concentraciones de <i>Rhizobium</i> en los ecotipos de haba Usnayo Gigante Copacabana y Habilla.	39
Cuadro 14. Análisis de varianza de las variables asociadas al rendimiento por efecto de las concentraciones de <i>Rhizobium</i> en los ecotipos de haba Usnayo, Gigante Copacabana y Habilla.....	40
Cuadro 15. Peso de 100 semillas de haba seca.....	52
Cuadro 16. Rendimiento por hectárea de peso de vaina verde de haba (kg/ha).	53
Cuadro 17. Rendimiento por hectárea de peso de semilla de haba seco (kg/ha).	54
Cuadro 18. Costos parciales en fresco por ecotipos.....	58
Cuadro 19. Costos parciales en seco por ecotipos.....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Campo experimental (kallutaca)	3
Figura 2. Partes de la semilla de haba y germinación, crecimiento de la haba.	4
Figura 3. Esquema de la formación de los nódulos	18
Figura 4. Interacción del <i>Rrizobium</i> con el haba.....	18
Figura 5. Desarrollo del <i>Rhizobium</i>	22
Figura 6. ESTACION EXPERIMENTAL DE KALLUTACA	25
Figura 7. Altura de planta por efecto de la interacción ecotipo de haba y concentración de <i>Rhizobium</i> luego de la floración.....	41
Figura 8. número de macollos por planta por efecto de concentración de <i>Rhizobium</i>	42
Figura 9. Número de flores de las plantas por efecto de concentración de <i>Rhizobium</i>	43
Figura 10. Número de vainas por planta por efecto de concentración de <i>Rhizobium</i>	44
Figura 11. Peso devaina verde por planta del efecto de concentración de <i>Rhizobium</i>	45
Figura 12. Peso de vainas secas por planta por efecto de concentración de <i>Rhizobium</i> . 46	
Figura 13. La longitud de vainas de planta por efecto de concentración de <i>Rhizobium</i> luego de la cosecha.....	47
Figura 14. Longitud de la raíz de planta por efecto de concentración de <i>Rhizobium</i>	48
Figura 15. Número de nódulos de <i>Rhizobium</i> de la planta por efecto de concentración de <i>Rhizobium</i>	49
Figura 16. Peso de nódulos de <i>Rhizobium</i> de la planta por efecto de concentración de <i>Rhizobium</i>	50
Figura 17. Peso seco de la semilla de la planta por efecto de concentración de <i>Rhizobium</i>	51

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Características del <i>Rhizobium</i> (<i>Rhizobium leguminosarum</i> bv. vicia)	73
Anexo 2. Características del <i>Rhizobium</i> nativo.....	73
Anexo 3. Costos de la producción de haba en vaina verde	74
Anexo 4. Costos de la producción de haba en semilla seco	74
Anexo 5. Análisis de la producción orgánica de haba (verde) Gigante Copacabana	75
Anexo 6. Análisis de la producción orgánica de haba (verde) Usnayo	76
Anexo 7. Análisis de la producción orgánica de haba (verde) Habilla.....	77
Anexo 8. Análisis de la producción orgánica de haba (seco) Gigante Copacabana	78
Anexo 9. Análisis de la producción orgánica de haba (seco) Usnayo	79
Anexo 10. Análisis de la producción orgánica de haba (seco) Habilla	80
Anexo 11. Croquis de campo del experimento.	81
Anexo 12. Análisis de suelo	82
Anexo 13. Fotografías del trabajo de campo de la investigación.....	83

RESUMEN

La investigación se realizó en la campaña agrícola 2011-2012, en la Estación Experimental de Kallutaca, ubicado en la Provincia Los Andes, Municipio de Laja, al Oeste del Departamento de La Paz a 15 km de la ciudad de El Alto. El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto del *Rhizobium* en el comportamiento agronómico de tres ecotipos de haba. Las variables evaluadas fueron: suelo; el porcentaje de germinación, altura de planta, número de macollos, número de flores, número de vainas, longitud de vainas, rendimiento en vaina verde, rendimiento en grano seco, peso de 100 semillas, longitud de raíz, número de nódulos de *Rhizobium*, peso de nódulos de *Rhizobium*; y análisis económico de beneficio costo. Como resultado: el mayor rendimiento en fresco, con la inoculación de *Rhizobium* 150% del ecotipo Habilla 156161 kg/ha, Gigante Copacabana con inoculación de *Rhizobium* 100% 117657.1 kg/ha y Usnayo con inoculación de *Rhizobium* 150% 106836.4 kg/ha. En grano seco la inoculación de *Rhizobium* 150%, del ecotipo Habilla, 5511.7 kg/ha, Usnayo con inoculación de *Rhizobium* 150%, 5142.9 kg/ha y Gigante Copacabana con inoculación de *Rhizobium* 100%, 4197.4 kg/ha.

En el análisis económico de vaina verde, el ecotipo Habilla tuvo mayor rentabilidad con la inoculación de *Rhizobium* 150% (beneficio neto de 104484.2 Bs/ha y relación B/C de 2.24), Gigante Copacabana con inoculación de *Rhizobium* 100% (beneficio neto de 78124.5 Bs/ha y relación B/C de 1.92) y Usnayo con inoculación de *Rhizobium* 150% alcanzo (beneficio neto de 49240.9 Bs/ha y relación B/C de 1.58). En grano seco la inoculación de *Rhizobium* 150% de Usnayo (beneficio neto de 51015.4 Bs/ha y relación B/C de 1.50), Gigante Copacabana alcanzo (beneficio neto de 30396.5 Bs/ha y relación B/C de 1.30) con inoculación de *Rhizobium* 100% y Habilla con inoculación de *Rhizobium* 150% (beneficio neto de 19265 Bs/ha y relación B/C de 1.19).

ABSTRACT

The investigation was carried out in the agricultural campaign 2011-2012, in the Experimental Station of Kallutaca, located in the County you Walk Them, Municipality of Flagstone, to the West of the Department of The Peace to 15 km of the city of The High one. The objective of the work was to evaluate the effect of the Rhizobium in the agronomic behavior of three bean ecotipos. The evaluated variables were: floor; the germination percentage, plant height, I number of macollos, I number of flowers, I number of sheaths, longitude of sheaths, yield in green sheath, yield in dry grain, I weigh of 100 seeds, root longitude, I number of nodules of Rhizobium, weight of nodules of Rhizobium; and economic analysis of benefit cost. As a result: the biggest yield in fresh, with the inoculation of Rhizobium 150% of the ecotipo Habilla 156161 kg/ha, Giant Copacabana with inoculation of Rhizobium 100% 117657.1 kg/ha and Usnayo with inoculation of Rhizobium 150% 106836.4 kg/ha. In dry grain the inoculation of Rhizobium 150%, of the ecotipo Habilla, 5511.7 kg/ha, Usnayo with inoculation of Rhizobium 150%, 5142.9 kg/ha and Giant Copacabana with inoculation of Rhizobium 100%, 4197.4 kg/ha.

In the economic analysis of green sheath, the ecotipo Habilla had bigger profitability with the inoculation of Rhizobium 150% (net profit of 104484.2 Bs/ha and relationship B/C 2.24), Giant Copacabana with inoculation of Rhizobium 100% (net profit of 78124.5 Bs/ha and relationship B/C 1.92) and Usnayo with inoculation of Rhizobium 150% reaches (net profit of 49240.9 Bs/ha and relationship B/C 1.58). In dry grain the inoculation of Rhizobium 150% of Usnayo (net profit of 51015.4 Bs/ha and relationship B/C 1.50), Giant Copacabana reaches (net profit of 30396.5 Bs/ha and relationship B/C 1.30) with inoculation of Rhizobium 100% and Habilla with inoculation of Rhizobium 150% (net profit of 19265 Bs/ha and relationship B/C 1.19).

1. INTRODUCCIÓN

El haba es un cultivo de mucha importancia para la seguridad alimentaria de los pueblos, por sus propiedades nutricionales y minerales. El haba en Bolivia actualmente es sembrada en el altiplano y valles de los departamentos de Oruro, Potosí, Chuquisaca, Tarija, Cochabamba y La Paz, tienden a adaptarse con facilidad en estas regiones. Este cultivo es muypreciado en los mercados tanto local, e internacional, ya que su consumo cada vez aumenta.

Actualmente el cultivo tiene importancia por el gran interés económico para el productor y el comercializador, porque abre una interesante alternativa para su producción en el país.

El cultivo de haba en Bolivia aún es deficitario ya que no se conoce muy bien del manejo técnico del cultivo por el agricultor.

Los ecotipos de haba que se cultivan mayormente en el departamento de La Paz son: la Gigante Copacabana, Usnayo y Habilla; que fueron obtenidos por la Estación Experimental de Pairumani - Cochabamba.

En los suelos agrícolas naturalmente existe *Rhizobium* spp. Para la población vegetal es insuficiente para fijar nitrógeno atmosférico, según las cantidades necesarias para cultivos, entonces se hace necesario inocular la bacteria en la semilla de la haba y mejorar la fijación biológica del nitrógeno.

Todos los organismos vivos necesitan de una fuente nitrogenada para poder crecer, dado que muchos de los principales compuestos celulares, como las proteínas y ácidos nucleicos, contienen en su estructura nitrógeno.

De estos ecotipos aún se desconoce las densidades adecuadas de siembra y el número de semilla que deben colocarse al momento de la siembra, su producción aún es muy empírica.

La falta de entidades estatales dedicadas a la investigación agrícola en el país en la última década trajo como consecuencia un retraso enorme en el estudio de producción del cultivo. Las universidades por diferentes razones como la falta de infraestructura adecuada y profesionales formados en el área, tampoco aportaron en la tecnología de manejo del cultivo.

1.1 Objetivos

Objetivo general

- Evaluación del comportamiento agronómico de tres ecotipos de haba (*Vicia faba* L.) (Gigante Copacabana, Usnayo y Habilla) por efecto de la inoculación de tres dosis de *Rhizobium* (*R. leguminosarum* biovar vicia) y su influencia en el rendimiento del cultivo en la Estación Experimental de Kallutaca.

Objetivos específicos

- Determinar el comportamiento agronómico de tres ecotipos de haba como respuesta a la inoculación de tres dosis 50%, 100% y 150% de *Rhizobium*.
- Definir la dosis adecuada de inoculación con *Rhizobium* para elevar los rendimientos de los ecotipos de haba en la zona de estudio.
- Realizar el análisis parcial de costo-beneficio de los tratamientos.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 CULTIVO DE HABA

Figura 1. Campo experimental (kallutaca)



2.1.1 Clasificación sistemática

Cuadro 1. La clasificación sistemática del haba

Reino	<i>Plantae</i> (vegetal)
Sub - reino	Antophyta (fanerógamas)
División	<i>Magnoliophyta</i> (fanerógamas)
Sub - división	<i>Magnoliophytina</i> (angiospermas)
Clase	<i>Magnoliatae</i> (dicotiledóneas)
Sub - clase	<i>Rosidas</i> (rosiflorae)
Orden	<i>Fabales</i> (leguminosas)
Familia	<i>Fabaceae</i> (papilionaceae)
Sub - Familia	<i>Papilonoideae</i>
Genero	<i>Vicia</i>
Especie	<i>Faba</i>
Nombre binomial	<i>Vicia faba</i> L.

(Strasburger *et al.*, 1974).

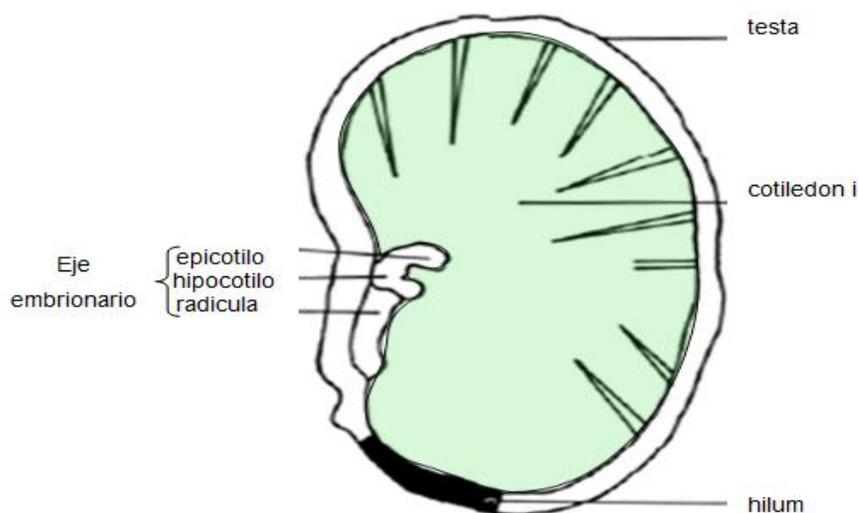
2.1.2 Importancia del cultivo

El haba (*Vicia faba* L.) es la séptima legumbre de grano en importancia en el mundo y la típica leguminosa de doble utilización (tanto para alimentación humana como animal), constituyendo en muchos países la mayor fuente de proteína en alimentación humana (Confalone, 2008).

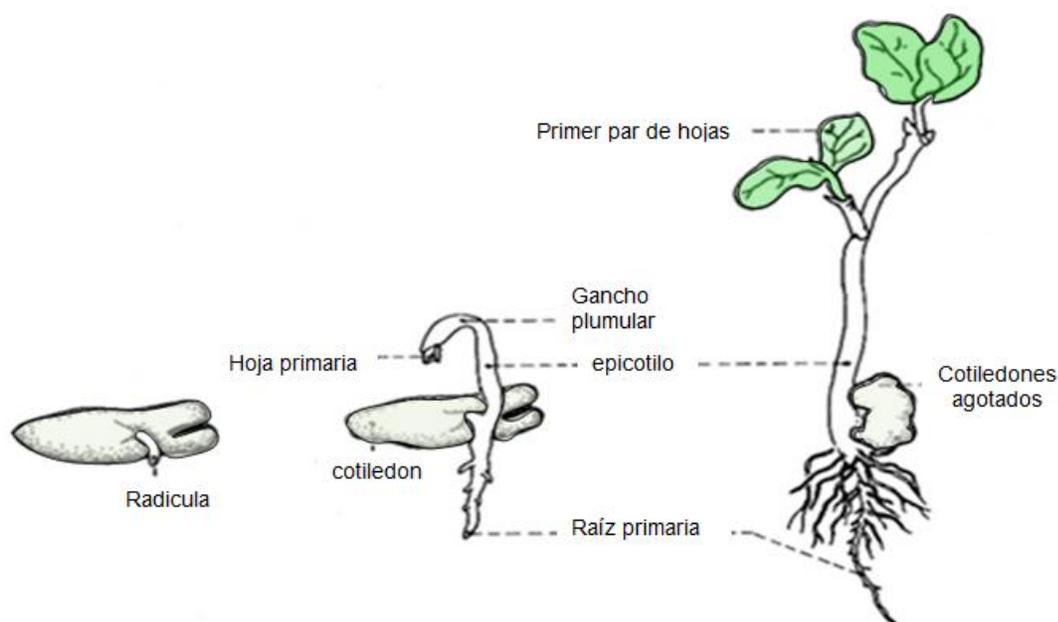
En el mundo se cultivaron 7.376.000 ha de las cuales en Asia se sembraron 5.788.000 ha, en África se cultivaron 612.000 ha. En Latinoamérica el principal país es Brasil con 8.500 ha, seguido de México con 51.000 ha (FAO, 1995).

Su gran capacidad de adaptación y ser parte de la dieta de la población Bolivia, el cultivo de haba alcanza superficies de 38.571 ha con una producción de 50.520 t de los cuales el departamento de Cochabamba ocupa el primer lugar con 5.809 ha y una producción de 14.336 t, seguido por La Paz, Potosí, Oruro, Chuquisaca, Tarija y Santa Cruz. (MACA, 1985).

Figura 2. Partes de la semilla de haba y germinación, crecimiento de la haba.



Fuente: Goyoaga (2005).



Fuente: Goyoaga (2005).

2.1.3 Valor Nutritivo

El valor nutritivo depende si el haba es fresca o seca. El grano aporta hidratos de carbono, proteínas, fósforo, magnesio y hierro, siendo estos valores más altos en la haba seca que en la fresca (Higuita, 1969).

Cuadro 2. Composición química de las habas verdes.

Agua	77%
Hidratos de carbono	12% (fibra 3%)
Proteínas	9%
Grasas	0.7%
Sodio	100 mg/100 g
Potasio	1000 mg/100 g
Calcio	18 mg/100 g
Hierro	2 mg/100 g
Fósforo	217 mg/100 g
Vitamina C	20 mg/100 g
Vitamina A	15 mg/100 g
Vitamina B1	0.3 mg/100 g
Vitamina B2	0.2 mg/100 g

Fuente: FAO (2006).

El haba seca, es una de las leguminosas de mayor contenido proteico, junto con garbanzos y lentejas, pudiendo superar al de la carne (de 19 a 25 g de cada 100 g), aunque cabe señalar que la calidad nutricional de esta proteína es inferior. Se trata de proteínas incompletas ya que son deficitarias en un aminoácido esencial denominado metionina. Este aminoácido se encuentra en buena proporción en los cereales y tubérculos, por ello, cuando coinciden ambos alimentos como ingrediente de un mismo plato (habas con arroz o con papa), aumenta la calidad de la proteína del plato (FAO, 2006).

El aporte de hidratos de carbono oscila entre un 55 ó 60%, siendo normalmente el almidón el componente mayoritario. Además, destaca su elevado aporte de fibra (celulosa, hemicelulosa y pectina). El contenido en grasa (de tipo insaturado "grasa buena") de las habas es bajo (1-6%) (Suquilanda, 1984).

Se admite que es buena fuente de vitaminas del complejo B, en concreto de tiamina, niacina y folatos. En cuanto a los minerales, destacan el potasio, fósforo, magnesio y zinc; además de una cantidad apreciable de hierro. En el Cuadro 3, se muestra la composición nutritiva del haba tanto en seco como en verde (FAO, 2006).

Cuadro 3. composición nutritiva por 100 gramos de haba seca y verde.

	Kcal (n)	Proteína (g)	Grasa (g)	Hidratos de carbono (g)	Fibra (g)	Potasio (mg)
Seca	317.0	19.40	5.0	55.0	15.0	760
Verde	54.25	4.60	0.40	8.60	4.20	320
	Hierro (mg)	Fósforo(mg)	Magnesio (mg)	Vit.B1(mg)	Niacina (mg)	Folatos (mcg)
Seca	9.5	380.0	160	0.35	5.40	140.0
Verde	1.70	37.8	28.0			

Fuente: Orellana (1985).

2.1.4 Características del cultivo

- **Crecimiento y desarrollo del cultivo.**

La respuesta del desarrollo del dosel-así como la acumulación de biomasa y su reparto a diferentes condiciones de radiación y temperatura no difiere significativamente en el haba cultivada en nuestras regiones (Turpin *et al.*, 2002).

2.1.5 Fases Fenológicas

Una leguminosa anual puede considerarse bien adaptada al ambiente si consigue producir granos maduros y viables dentro de los límites que prevalecen en dicho ambiente, ya sean humanos o ambientales (Milán, 2011).

- **Biomasa, rendimiento y sus componentes**

Los cuales están finalmente expresados en los componentes del rendimiento como número de vainas por planta, semillas por vaina y peso medio de dichas semillas; el más alto rendimiento en semillas es obtenido cuando dichos componentes están maximizados. Los componentes del rendimiento pueden ser afectados por manejo, genotipo y ambiente, y su estudio puede ayudar a entender las causas de la reducción en el rendimiento (Gardner *et al.*, 1985).

2.1.6 Condiciones agroecológicas para el cultivo

- **Suelos y Altitud**

El cultivo del haba, es poco exigente en cuanto a calidad de suelos, pudiendo desarrollarse casi en todos los tipos de suelo, con un pH de 6 a 7.5. En los suelos negros de textura arcillosa limosa o pseudo limosas prospera bien, pues este tipo de suelos tienen una buena capacidad de retención de la humedad; también produce en suelos franco-arenosos; sin embargo el haba prefiere suelos arcillo – limoso- calizos, provistos de materia orgánica (Villavicencio, 2008).

- **Temperatura**

El cultivo del haba, se desarrolla sin inconvenientes en sectores de clima templado, hasta el frío seco o frío húmedo, con temperaturas de 5 a 16° C (Orellana, 1985).

Las temperaturas ideales para el cultivo del haba, son las siguientes:

- Temperaturas de germinación y crecimiento; de 4 a 6 grados centígrados
- Temperaturas de floración: de 10 a 12 grados centígrado
- Temperatura de maduración: de 16 grados centígrados

- **Luminosidad**

Como todo grano, el haba requiere de una buena luminosidad, por lo que los sectores cercanos a la línea equinoccial son buenos productores de esta leguminosa (Villavicencio, 2008).

- **Precipitación**

Para una buena producción de habas, se requiere una humedad que fluctúe entre los 800 a 1500 mm (Orellana, 1985).

Cuadro 4. Áreas productoras de haba y variedades que se cultivan

Zona	Provincias	Variedades
Altiplano	Murillo, Ingavi, Cercado, Manco Kapac	Gigante Copacabana, Habilla, Usnayo, Criollas
Valles	Mizque, Betanzos, Loayza	Pairumani, Usnayo, Habilla, Criollas

Fuente: INIAF (2009).

2.1.7 Tecnología del cultivo

- **Elección del terreno**

Se recomienda que los terrenos que se vayan a dedicar a la producción de haba, sean terrenos sometidos a procesos de rotación, es decir, donde se maneje una sucesión de diversos cultivos, con el propósito de mantener un suelo sano, con un buen nivel de fertilidad, absorción de humedad y sin problemas de plagas (Rees *et al.*, 2000).

- **Preparación del suelo**

Para la preparación del suelo, los agricultores toman en cuenta las fases de la luna. Según este factor, el suelo se debe preparar en noche oscura (luna nueva), para evitar la presencia de plagas (Milán, 2011).

- **Arada, rastrada y nivelada**

Se puede realizar de forma manual, a tracción animal con yunta de bueyes o mecanizada utilizando un tractor y aperos de labranza (arado, rastra) o combinándolos (Leport *et al.*, 1998).

- Si esta labor se hace en forma manual, se procede a roturar el suelo con azadón volteando la “chamba” y dejando un tiempo de por lo menos dos meses para que el material verde se descomponga; luego se hace un repique y golpeado de los terrones, sacudiendo las malezas, para finalmente elaborar los surcos para la siembra (Agung y McDonald, 1998).

- **Drenajes**

La construcción de zanjas de drenaje, es importante para poder evacuar los excesos de agua que suelen precipitarse en determinados momentos del cultivo. Las zanjas se implementan siguiendo la curva de nivel del terreno (Loomis, 1983).

- **Elaboración de surcos**

Los surcos para el cultivo del haba, se deben hacer distanciados a 50 centímetros uno del otro, siguiendo la curva de nivel del terreno para facilitar que el agua humedezca bien el sistema de raíces y así mismo se produzca un buen escurrimiento del campo (Leport *et al.*, 1998).

- **Desinfección del suelo**

La desinfección del suelo tiene por objeto eliminar algunos microbios que pueden causar enfermedades en las plantas, especialmente en las raíces en los primeros estados del cultivo. Para este fin se recomienda espolvorear los surcos antes de la siembra con ceniza vegetal a razón de media onza por metro lineal (Saxena *et al.*, 1981).

2.1.8 Siembra

- **Fechas de siembra**

Según (Pilbeam *et al.*, 1991), La Vicia faba requiere condiciones frescas para su desarrollo óptimo. Por ello, se suele sembrar en primavera en latitudes septentrionales, y en otoño/invierno en zonas templadas y subtropicales. Esto se explica porque con las

siembras tempranas se desplaza la fase de llenado de grano a una época de menor déficit hídrico, mejorando la traslocación de asimilados y manteniendo la actividad fotosintética más tiempo. También se provoca un adelanto en la fecha de floración (dependiente del fotoperíodo) y un alargamiento del período de anthesis (Confalone, 2008).

- **Densidad de siembra**

Los mayores rendimientos de haba se han logrado con un espaciamiento de 25-35 cm entre filas, resultando una mejor interceptación de la radiación en cultivos de siembra otoñal. Según (Pilbeam *et al.*, 1991), esta interceptación aumenta con la densidad hasta que ésta alcanza las 60 plantas m⁻² en cultivos de siembra de finales de invierno o principios de primavera (Nadal *et al.*, 2004).

- **Sistemas de siembra**

El haba se puede sembrar bajo los siguientes sistemas de cultivo: monocultivo, asociado, intercalado, en relevo y múltiple (Orellana, 1985).

- **Monocultivo**

El haba se siembra comúnmente luego de una siembra anterior de papa, cebada o trigo.

Una vez hechos los surcos (a 50 o 60 cm) se van depositando 2 o 3 semillas (a 30 o 45cm entre sitios), en hoyos abiertos con el espeque sobre o en la costilla del surco (depende el estado de humedad del campo), para luego taparlas con tierra, ya sea con el pie o con el azadón (Loomis, 1983).

- **Cultivo asociado**

Consiste en sembrar el haba acompañada de distintos productos en el mismo terreno y en la misma época. Este sistema responde a la tecnología nativa andina y permite optimizar el uso del suelo, aprovechar de mejor manera la humedad y la radiación del sol, reducir la incidencia de plagas (insectos, enfermedades y malezas), minimizar la acción de las heladas y tener una producción diversificada para el autoconsumo, como también para la venta, reduciendo los costos de producción (Nachi y LeGuen, 1996).

Dentro de las posibles asociaciones, del haba con otros cultivos, se tienen: haba - papa; haba - quinua; haba - oca; haba - mashwa; haba - melloco; haba - cebada; haba - maíz;

haba arveja; haba - maíz - fréjol; haba - maíz - quínua; haba - maíz - fréjol - quinua - chocho - zambo y zapallo (Villavicencio, 2008).

- **Preparación de la semilla para la siembra**

Previo a la siembra, la semilla se debe remojar en agua limpia durante 12 horas para asegurar una buena germinación. Con el propósito de ayudar a que las plántulas broten sanas y robustas se recomienda sumergir a la semillas en una solución de biol al 12 % (120 cc por litro de agua) durante media hora para luego proceder a sembrar (Summerfield *et al.*, 1991).

- **Abonado de fondo**

Si el suelo donde se va a sembrar es muy pobre, se puede aplicar 1.7 toneladas de compost o humus de lombriz, mezclado con 1 tonelada de roca fosfórica por hectárea (Mwanamwenge *et al.*, 1999).

- **Siembra y tapado**

La siembra del haba, se hará a partir del tercer día de luna creciente, hasta el tercer día de luna llena, a fin de posibilitar una mejor germinación y emergencia de la semilla (Leport *et al.*, 1998).

Sea cual fuere el sistema de siembra, como las distancias y densidades de siembra elegidas, la siembra del haba se hace abriendo un hoyo con el espeque o con el azadón, donde se depositan de 2 a 3 semillas por sitio, para luego taparlas con tierra con el pie con el azadón. (López-Bellido *et al.*, 2005).

2.1.9 Manejo del cultivo

- **Deshierbes y Aporques**

Durante el ciclo del cultivo se deben efectuar entre dos a tres deshierbes. La primera deshierba se realiza cuando la planta tiene de 10 a 15 centímetros de altura y de 4 a 6 hojas; la segunda deshierba a los cuatro meses, cuando la planta tiene alrededor de 25 centímetros de altura; una tercera deshierba se realizará si es necesario. La segunda o tercera deshierbas pueden servir como labor de aporque (Villavicencio, 2008).

El aporque se realiza con el fin de proporcionar el sostén necesario a las plantas para que no se afecten por la fuerza de los vientos, controlar malezas y así evitar pérdidas de humedad y airear el suelo. El aporque se hace en forma manual (con azadón) o con yunta (chicta), cuando se lleve a cabo esta labor hay que tener cuidado para no dañar las raíces de las plantas (Agung y McDopnald, 1998).

- **Fertilización complementaria**

Con el fin de estimular el mejoramiento de la cosecha, se recomienda la aplicación de aspersiones foliares de BIOL al 2%. (4 litros diluidos en 200 litros de agua/ha). La primera aplicación se hará cuando el cultivo tenga 45 días, la segunda al macollaje, la tercera a la floración, la cuarta a la formación de vainas y la quinta al llenado de granos (Leport *et al.*, 1998).

- **Riegos**

Si el cultivo de haba se realiza con riego, se debe dar un riego previo con 2 a 3 días de anticipación a la siembra, para que la semilla encuentre el suelo fresco, debiendo tener en cuenta que el exceso de humedad resulta perjudicial para el cultivo, por lo que se debe dar un riego ligero; posteriormente, se regará conforme a las necesidades del cultivo, así por ejemplo en la épocas del macollaje, floración, formación de vainas y llenado de granos (Milán, 2011).

- **Rotaciones del cultivo**

La rotación de cultivos, es una técnica nativa importante empleada por los pequeños agricultores, tanto para obtener varios productos, disminuir las malezas, defenderse contra las inclemencias del tiempo, mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, la protección contra las plagas (insectos, ácaros, nematodos y enfermedades), así como para mantener la fertilidad del suelo y hacer un uso óptimo del mismo (Orellana, 1985).

Cuadro 5. Rotaciones para el cultivo de haba.

Año 1:	papa
Año 2:	haba
Año 3:	cebada o papa
Año 4:	haba o trigo
Otra rotación puede ser:	
Año 1:	haba
Año 2:	papa
Año 3:	cebada
Año 4:	haba o tarwi

Fuente: Orellana (1985).

2.1.10 Cosecha, post-cosecha y transporte

- **Cosecha**

El haba se puede cosechar en estado verde o en seco, el tiempo en el que el grano está listo para la recolección, varía entre seis a doce meses, dependiendo de la variedad, altitud de la zona donde se haya sembrado y la forma en la que se desee cosechar (en verde o en seco). Las características que se toman en cuenta para su cosecha son: color, tamaño y peso (Rees *et al.*, 2000).

- **Cosecha en verde**

Si la cosecha se va a realizar en verde, deben haber transcurrido por lo menos 190 días después de la siembra. La recolección de las vainas se debe hacer en las primeras horas de la mañana o bien en las últimas de la tarde, porque si se cosecha a pleno sol, las vainas toman una apariencia de dañadas. Cuando se utiliza los desechos del haba para abono verde, tanto las vainas tiernas, como la planta entera se entierran para que se descompongan y mejoren la textura y la fertilidad del suelo. El haba cosechada en verde puede tener un rendimiento de 120 a 160 sacos de 30 kg c/por hectárea (3600 kg - 4800kg/ha) (FAO, 2006).

- **Cosecha en seco**

Para cosechar los granos secos, se debe esperar que las hojas se sequen (10 - 12 meses) es decir entre 75 a 90 días después de la floración, variando según el clima, las variedades y el lugar de siembra (Mera, 1999).

Si las vainas cosechadas están aún húmedas, se las debe dejar emparvadas en el campo para que terminen de secarse al sol, luego se procederá a la trilla para separar las semillas de las vainas, utilizando animales, una trilladora, tractor o simplemente golpeándolas con varas. El haba cosechada en seco puede tener un rendimiento de 1000 a 1590 kg /ha (22 – 35qq por hectárea) (Orellana, 1985).

- **Post cosecha**
 - **Limpieza**

Tanto el haba cosechada en verde, como el haba cosechada en seco, deben ser sometidas a un proceso de limpieza antes de ser conducidas a los mercados. El haba cosechada en verde se lleva al mercado en su vaina, para que no pierda su frescura, mientras que el haba seca. Se la lleva desgranada (Duc, 1997).

- **Empacado**

El haba en verde se la empaca en sacos de polipropileno, con un peso que oscila entre los 30 a 40 kg c/u, mientras que el haba seca, se la empaca en sacos de polipropileno con un peso de 100 libras /45.45 kg (Orellana, 1985).

- **Almacenamiento y Transporte**

El haba verde, como el haba seca, debidamente empacadas, se deben almacenar en bodegas limpias y aireadas, para evitar su deterioro; luego se transportarán en camiones cubiertos para conducirlos a los mercados (Suquilanda, 1984).

2.1.11 Manejo ecológico de plagas y enfermedades

- **Plagas**
 - **Pulgones (*Aphis fabae*)**

Siendo uno de los cultivos más afectados el del haba, existen diferentes tipos de pulgones, destacando el pulgón verde y negro, miden de 0.5 a 0.6 cm. Son de color ocre, amarillo, verde o negro se puede encontrar algunos pulgones con alas (INIAF, 2009).

Según (Pilbeam *et al.*, 1991), Daño Directo.- succiona la savia, deformando hojas y produce plantas débiles, segregan una sustancia melosa que produce un hongo negro llamado “Fumangina”, esta forma una capa oscura en las hojas, dificultando la fotosíntesis.

Daño indirecto: transmite enfermedades como virus, por medio de la inserción de su estilete durante el proceso de alimentación (Cubero, 1992).

- **Enfermedades**

- **Botritis (*Botritis fabae* Sardiña)**

La enfermedad se desarrolla en las hojas, aunque los tallos y flores también pueden ser infectados bajo condiciones favorables al hongo (Lewis, 2005).

Sobre las hojas los síntomas varían desde pequeños puntos de color marrón-rojizo a manchas circulares con el margen marrón rojizo y el centro de color café claro (INIAF, 2009).

En condiciones óptimas de temperatura (18-20°C) y humedad (90-100%) la infección resulta muy agresiva (Coca - Morante, 2007).

- **Manchas foliares del haba (*Vicia faba* L.).**

En general, estas enfermedades foliares, (nuevas o emergentes) consisten principalmente de manchas foliares causadas por hongos que afectan a la cantidad y calidad de la producción de haba (vainas verdes y grano seco), se presentan desde la emergencia de su cultivo y en dependencia de la microrregión (Milán, 2011).

- **Mancha chocolate por *Botrytis* spp.**

Causada por *Botrytis cinérea* y *Botrytis fabae*. La mancha chocolate es una enfermedad que afecta al cultivo del haba desde la emergencia y afecta hojas, tallos, flores, vainas verdes y granos. Es una enfermedad destructiva de las zonas de altura. El color chocolate sobre las hojas, son el síntoma característico y corresponde a la fase no agresiva del patógeno. Abundante crecimiento vegetativo, alta humedad ambiental hacen más vulnerables para el desarrollo de la enfermedad (INIAF, 2009).

- **Podredumbres de cuello y/o raíces (*Phytophthora* spp. y *Pythium* spp).**

En plántulas provocan en la parte aérea marchitamientos y desecaciones acompañados o no de amarilleamientos. La planta se colapsa y cae sobre el sustrato. Al observar el cuello se encuentran estrangulamientos y podredumbres, y en las raíces, podredumbres y pérdidas de éstas (Duc, 1997).

2.2 EL RHIZOBIUM

2.2.1 Clasificación taxonómica del *Rhizobium*

En el cuadro se observa la clasificación taxonómica de la bacteria *Rhizobium*

Cuadro 6. Clasificación taxonómica

Dominio	Bacteria
Filo:	<i>Proteobacteria</i>
Clase:	<i>Proteobacteria alfa</i>
Orden:	<i>Rhizobiales</i>
Familia:	<i>Rhizobiaceae</i>
Género:	<i>Rhizobium</i>
Especie:	<i>Rhizobium leguminosarum</i>

Fuente: FRANK (1889).

Cuadro 7. Diversidad de bacterias simbióticas fijadoras de N₂ relacionado con leguminosas.

Género	Especie	Principal planta con la que se asocia
<i>Rhizobium</i>	Etli	Phaseolus vulgaris
	Galegae	Galega
	Gallicum	Phaseolus vulgaris
	giardinii*	Phaseolus vulgaris
	Hainanense	Stylosanthes, Centrosema, Desmodium, Tephrosia
	Huautlense	Sesbania herbacea
	Leguminosarum	Vicia, Trifolium y P. vulgaris
	Mongolense	Medicagoruthenica y Phaseolus vulgaris
	Tropici	Phaseolus vulgaris y Leucaena

Fuente: Tamez y Peña–Cabriales (1989).

Cuadro 8. Valores promedio de Nitrógeno fijado por leguminosas en el mundo.

Leguminosa	kg N₂/ha fijado
<i>Arachys hipogea</i>	109
<i>Cajanuscajan</i>	224
<i>Cicerarietinum</i>	104
<i>Cyamopsis tetragonoloba</i>	130
<i>Glycine max</i>	88
<i>Lens culinaris</i>	83
<i>Lupinus angustifolius</i>	160
<i>Phaseolus vulgaris</i>	49
<i>Pisum sativum</i>	75
<i>Vicia faba</i>	114
<i>Vignaunquiculata</i>	198

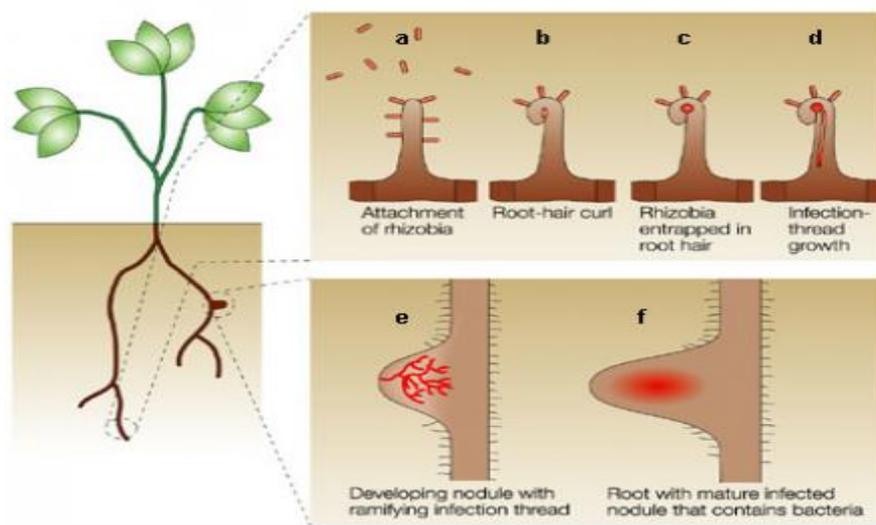
Fuente: Alexander, (1980).

2.2.2 El proceso de fijación del nitrógeno

El nitrógeno es uno de los elementos químicos esenciales para todos los seres vivos ya que forma parte de los ácidos nucleicos y de las proteínas y, por lo tanto, es fundamental en la estructura y el metabolismo celular (Paerl, 1998).

La fijación biológica del N₂, solo se observa cuando la bacteria reconoce a su hospedero, lo infecta a través de los pelos radicales para que en la matriz de las células corticales induzca una meiosis y mitosis acelerada que da lugar a un tejido hipetrofiado: El nódulo en el sistema radical de la leguminosa para entonces *Rhizobium* ha perdido su pared celular y se ha transformado en un bacteroide, mientras que por la enzima llamada nitrogenasa fija el N₂ y lo convierte en amonio, que luego transfiere al ribosoma vegetal para la síntesis de proteínas vegetales; simultáneamente por la fotosíntesis la leguminosa reduce el CO₂ en carbohidratos que servirán como fuente de carbono y energía para *Rhizobium*, y con ella al aumentar la reserva de la glucosa mantenerlo activo en el nódulo hasta cubrir las necesidades de N de la planta. Por tanto el uso de inoculantes a base de *Rhizobium* que reducen la aplicación de fertilizantes químicos al suelo; incrementan el contenido de N en el cultivo vegetal, su peso seco y mantienen el rendimiento en las leguminosas, lo que en consecuencia al bajar su costo de producción y la contaminación de mantos acuíferos y suelos, es vital para una agricultura sustentable (Paerl, 1998).

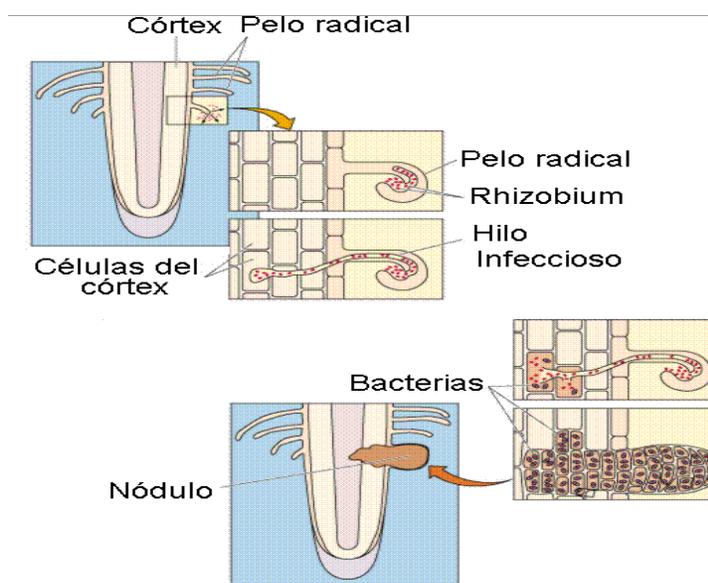
Figura 3. Esquema de la formación de los nódulos



Fuente: Saenz, (1998-2007).

- Adhesión de los *Rhizobium* al pelo radicular.
- Enrollamiento del ápice del pelo radicular.
- Inducción de la formación del canal de infección.
- Canal de infección formado.
- Infección de los espacios intercelulares de la raíz e inducción de la formación del nódulo.
- nódulo formado.

Figura 4. Interacción del *Rhizobium* con el haba



Fuente: Saenz, (1998-2007).

Una vez llevada a cabo la infección, las bacterias son introducidas (o las bacterias se introducen) en el interior de las células vegetales, en un proceso denominado endocitosis, que básicamente consiste en el envolvimiento de la bacteria por la membrana plasmática de la célula vegetal. Una vez esto ha sido llevado a cabo, tenemos a las bacterias en el interior celular y envuelto en una membrana que ahora rebautizamos como membrana peribacteroidal o simbiosomal (Saenz, 1998-2007).

- ***Rhizobium* y la endosimbiosis.**

Los compuestos reducidos de nitrógeno, como el amoníaco (NH_3), los nitratos (NO_3^-) y los nitritos (NO_2^-), son tan importantes para el crecimiento vegetal como escasos en el medio ambiente, y por ello son consumidos rápidamente en cuanto están disponibles. Sin embargo, en la naturaleza existe una importante razón por la cual, estos compuestos reducidos de nitrógeno no se encuentran para el crecimiento vegetal como escasos en el medio ambiente, y por ello son consumidos rápidamente en cuanto están disponibles. Sin embargo, en la naturaleza existe una importante razón por la cual, estos compuestos reducidos de nitrógeno no se han agotado todavía: son sintetizados continuamente gracias a diversos géneros de bacterias (Essalmani y Lahlou, 2003).

- **Descripción general de la simbiosis de *Rhizobium***

La simbiosis es inhibida si existe un exceso de nitrato o amonio en el suelo. Dentro de los nódulos las bacterias se convierten en bacteroides que son células más grandes que los *Rhizobium* que se encuentran en el suelo y que llevan a cabo la fijación de nitrógeno porque son capaces de formar la enzima nitrogenasa que es responsable de la conversión del nitrógeno molecular en amonio. Debido a esta simbiosis, la planta recibe nitrógeno que puede utilizar para si misma, mientras que las bacterias utilizan moléculas que les proporciona la planta (Olivares, 2004).

- **Modulación en leguminosas**

La especificidad del *Rhizobium* que nodula una leguminosa esta determinado en el código genético y se dice que por la presencia de un plasmidio en el ADN, plasmidio que se trasmite a la bacteria o por conjugación del *Rhizobium* específico. (Sessitschet al., 2002). En resumen se puede decir que el *Rhizobium* promueve la realización de la simbiosis con la planta, pegándose a su sistema radicular con el objeto de conseguir energía para

metabolizar, pero se encuentra con que la planta hospedera le da la contra orden al *Rhizobium* de que si este le da nitrógeno en forma de amonio yo le dono su energía para metabolizar (Lewis, 2005).

- **Reconocimiento entre planta y *Rhizobium***

Las raíces de plantas forman exudados que inducen la expresión de genes rizobiales que son característicos para el comienzo de la simbiosis. Uno de esos factores son flavonoides que producen una interacción con la proteína codificada por el gen *nod*. La proteína Nod y las sustancias flavonoides forman parte del reconocimiento hospedador-específico debido a que no todos los flavonoides pueden interactuar con una Nod de una especie bacteriana dada. Después, las proteínas codificadas por los genes *nod* catalizan la formación de los metabolitos *nod*. Esos son oligómeros de N-acetil glucosamina con algunas alteraciones químicas (FAO, 1995).

- a) **Invasión**

La invasión de las plantas se lleva a cabo por los pelos radiculares. Las bacterias inducen una curvación de esos pelos mediante el contacto con la planta y la producción de metabolitos *nod*. Las bacterias invaden las plantas mediante el desarrollo de canales de infección, por lo que se forman túneles transcelulares. Durante la penetración, y la simbiosis, las bacterias no quedan alojadas directamente dentro del citoplasma de las células de la planta hospedadora, sino que permanecen alojadas en "vesículas" rodeadas por una membrana derivada de la membrana citoplasmática de la célula de la planta (Lodwig y Poole 2003).

- **Fijación biológica del nitrógeno (FBN)**

La FBN es un proceso exclusivo de algunos procariotes para usar el N_2 del aire y reducirlo a amoniaco con la enzima nitrogenasa, para la síntesis de proteínas. De acuerdo con el mecanismo bioquímico para obtener la energía que les permita fijar el N_2 existen bacterias fotoautotróficas, quimiolitotróficas y heterotróficas de vida libre en el suelo, asociados o en simbiosis en las hojas y/o raíces de plantas (Lloret *et al.*, 2005).

- **Fijación biológica de nitrógeno en leguminosas**

A diferencia de las cianobacterias y las bacterias pertenecientes al género *Frankia*, el *Rhizobium* no pueden generar un ambiente anaerobio o microaerobio en donde poder realizar la fijación de nitrógeno por si mismas. Para llevar a cabo el proceso estas bacterias han de encontrarse en las inmediaciones de plantas de la familia de las fabáceas e interactuar con las mismas, originando una serie de reacciones en la planta que desencadenarán la formación de un órgano mixto nuevo, el nódulo simbiótico, en el cual se proporciona un entorno controlado, así como los nutrientes necesarios para que la bacteria pueda efectuar el proceso de fijación (Newton y Fisher 2002).

- 1) Intercambio de señales de naturaleza química entre la planta y el microorganismo.
- 2) Activación del ciclo celular en células del córtex e iniciación del nuevo órgano en la planta.
- 3) Infección por parte de la bacteria, formación del canal de infección e invasión de los tejidos recién formados.
- 4) Diferenciación de la bacteria a forma especializada.

- **Iniciación del nódulo**

- a) **Invasión y formación del canal de infección**

La unión de las bacterias a la superficie de la raíz es un paso preliminar muy importante que precede a la invasión. Fibrillas de celulosa producida por la bacteria pueden ayudar a enredar al rhizobio en la superficie mucilaginoso de la raíz, proceso reforzado por la presencia de proteínas dependientes de Ca^{2+} , adhesinas, producidas por la bacteria. Es por ello que los polisacáridos y proteínas producidos por *Rhizobium* pueden jugar un papel importante en la interacción física entre la planta y la bacteria. Así, mutantes que carecen de EPS ni invaden ni forman canales de infección. Aunque aún no se conoce el papel específico del eps en los prolegómenos de la relación entre la planta y la bacteria, sí se ha hipotetizado sobre dichas funciones (Gray y Rolfe 1990).

- b) **Desarrollo del nódulo**

Dependiendo del sistema simbiótico podemos encontrar dos tipos de nódulos: determinados o indeterminados. Ello va a venir dado por el lugar en donde se induzcan las divisiones mitóticas en la raíz. Así, si se originan en el córtex interno se originan

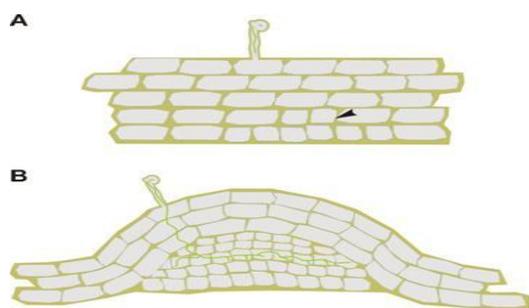
nódulos indeterminados y si lo hacen en el córtex externo nódulos determinados. Ambos tipos de nódulos, además de presentar una estructura anatómica distinta, también difieren en la forma en que se comporta la bacteria dentro del nódulo en formación. A pesar de ello, la inducción del ciclo celular en ambos sistemas sigue la misma regulación (Sprent, 2002).

c) El ciclo celular en las plantas

Las células eucariotas discurren por su ciclo vital pasando por una serie de fases que tienen como función la de preparar y controlar el estado de la célula, con el fin de conseguir una división y, sobre todo, de asegurar una transmisión fiable de la dotación génica del organismo Paerl, (1998).

- 1) Fase G_1 : periodo en el que las células llevan a cabo principalmente las tareas de supervivencia cotidiana. Es en esta fase del ciclo cuando las células pueden diferenciarse, entrando entonces en quiescencia o en la fase G_0 .
- 2) Fase S: espacio temporal durante el que se produce la replicación de la dotación génica.
- 3) Fase G_2 : periodo previo a la mitosis y citocinesis en el que la célula además de prepararse para la división pasa por una serie de controles para verificar la fiabilidad de la replicación cromosómica.
- 4) Fase M: breve etapa del ciclo celular en la que se produce el reparto de la dotación cromosómica y la división celular. En determinadas ocasiones una célula puede saltarse esta fase originando un aumento en la ploidía celular, encontrándonos entonces un fenómeno de endorreducción (Brewin, 1991).

Figura 5. Desarrollo del *Rhizobium*.



A Inducción del ciclo celular en células del córtex.

B Progresión y ramificación del canal de infección en las células recién formadas.

Fuente: Calvert, (1984).

d) Desarrollo del nódulo indeterminado

En este tipo de nódulos son las células del córtex interior las que se reintroducen en el ciclo celular, además, tienen la característica de poseer un meristemo permanente, lo que les otorga una forma cilíndrica con simetría radial en la organización de los tejidos. Así en la zona más exterior se hallan las células vacuoladas del córtex, y hacia el interior se encuentran la endodermis y el parénquima, en donde también aparecen los haces vasculares. Todo ello cubre una zona central en donde *Rhizobium* se alberga y realiza la fijación de nitrógeno, y que será descrita con más detalle posteriormente (Calvert, 1984; Dudley 1987).

e) Desarrollo del nódulo determinado

Este tipo de nódulos es inducido en plantas como las del género *Phaseolus*, *Glycine*, *Vigna* y *Lotus*, entre otras. A diferencia que en los indeterminados, en esta clase de nódulos no hay un meristemo permanente. Así, su crecimiento se basa en la expansión en vez de en la división celular, razón por la que presentan una morfología esférica en vez de cilíndrica (Hirsch, 1992).

- **Inoculación**

A pesar de que *Rhizobium* es un habitante común en los suelos agrícolas, frecuentemente su población es insuficiente para alcanzar una relación benéfica con la leguminosa, o bien cuando los *rhizobios* nativos no fijan cantidades suficientes de N_2 para las leguminosas es necesario inocular la semilla a la siembra y asegurar la fijación biológica del N_2 . La utilización de un *Rhizobium* infectivo, (capacidad de nodular) y efectivo (eficiencia para la fijación del N_2) en la leguminosa, implica determinar la necesidad de inoculación. Para ello se corrobora la existencia del tipo de *Rhizobium* nativo en el suelo, su eficiencia para fijar N_2 , la concentración de N del suelo y si la leguminosa elegida se siembra con frecuencia en la región para mantener su rendimiento (Vanderleyden y Pieterneel, 1995).

- ***Rhizobium* en cultivos agrícolas**

Saenz, 1998-2007 es bien conocido que un considerable número de especies bacterianas asociadas con la rizósfera de las plantas son capaces de ejercer un efecto benéfico en el crecimiento de plantas. Este grupo de bacterias llamadas rizobacterias promotoras del

crecimiento en plantas incluye el género *Rhizobium*, (Sessitschet *al.*, 2002). Estas bacterias se caracterizan por su habilidad de facilitar directa o indirectamente el desarrollo de la raíz y del follaje de las plantas (Perrine, 2004).

2.2.3 Manejo adecuado de la inoculación

- **La inoculación exitosa de semillas de la legumbre depende de varios factores**

1. Que la tensión del *Rhizobium* apropiado se aplica a la legumbre. Que los inoculantes comerciales pueden estar disponibles en las mezclas turba-basadas. (Olivares, 2004).

2. Las bacterias son sensibles al calor, para que los inóculos estén bien deben guardarse en un lugar frío hasta su uso.

3. Un jarabe o la mezcla de melaza-agua debe usarse para humedecer la semilla antes de aplicar el inóculo. Ello sostiene el inóculo en la semilla.

4. Las condiciones calientes, secas después de realizar la plantación puede matar muchas bacterias. Realizar la siembra de la semilla en la tierra húmeda o simplemente antes de una lluvia para mejorar la supervivencia de las bacterias.

5. La mayoría de las especies de legumbres de non-tropical requiere cal adecuada o calcio en la tierra para el *Rhizobium* para sobrevivir e infectar la legumbre.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN

3.1.1 Ubicación Geográfica

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el Centro Experimental de Kallutaca, de la Provincia Los Andes, Municipio de Laja, al Oeste del Departamento de La Paz a una distancia de 15 km de la ciudad de El Alto. La Carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Pública de El Alto. Geográficamente se encuentra situada entre los paralelos 16°31'22" de Latitud Sur y los paralelos 68°18'29" de Longitud Oeste del meridiano de Greenwich. A una altitud de 3903 m.s.n.m. Sobre la carretera internacional a desaguadero.

Figura 6. ESTACION EXPERIMENTAL DE KALLUTACA



3.1.2 Características Climáticas y edáficas

Las características climáticas de la zona de estudio son: temperatura promedio 6.8 a 7.9°C con una mínima extrema de -10.8 a -12.2°C y una máxima extrema de 18.3 a 21.3°C y la velocidad del viento es de 9.6 km hr⁻¹.

La evapotranspiración media en los meses de septiembre a febrero fue 5.2 a 6.5 mm en promedio, los meses de marzo a julio disminuye en 4.1 a 4.9 mm, con una acumulación anual de 57.8 mm.

La precipitación anual es de 615.3 mm y el porcentaje de humedad relativa (HR) en los meses de diciembre a marzo registro valores de 58.7 a 65.1%, y en los meses de junio a agosto 12.7 a 21.4%, dando un promedio anual de 39.2 a 40.1%.

3.1.3 Suelo

Los suelos predominantes en el Centro Experimental son de tipo franco arcilloso limoso y franco arcillosos, no es tolerante a la compactación y presenta resquebrajamiento en las épocas secas e inundación en las épocas lluviosas, con una declive de 2-5%, la condición física del suelo es arable, los suelos son poco profundos de 10 a 45 cm, la capa arable presenta una retención de agua moderada. El pH del agua es ligeramente de acida a neutro 6.0 a 6.7 y el pH del suelo es ligeramente acida 6.1, la C.E. es 0.160 ds/m⁻¹ y el contenido de la materia orgánica varía de 0.05 a 3.07%.

3.2 MATERIALES

3.2.1 Material genético

El material genético utilizado para la investigación fue de 3 ecotipos de haba: Gigante Copacabana, Usnayo y Habilla. Son ecotipos que tiene amplia aceptabilidad en la zona de estudio, el mismo se adquirió de productores de semilla certificado por el INIAF (Cochabamba y La Paz). EL inoculante (*R. leguminosarum biovar vicia*) se adquirió del CIAT SANTA CRUZ, el cual fue utilizado para inocular las semillas de haba utilizados en la investigación.

3.2.2 Materiales de Campo

Para el seguimiento y evaluación de la investigación, se empleó macetas de 25 por 30 cm, etiquetas, flexómetro, regla, cuerdas, estacas, callapos, alambre tejido, picotas, chontillas, rastrillos, letreros identificadores, libro de campo, bolsas de yute, nylon de plástico, cámara fotográfica.

3.2.3 Materiales de Laboratorio

Para la realización del estudio se tuvo que utilizar algunos materiales de laboratorio como ser: Balanza analítica, espátulas.

3.2.4 Materiales de Gabinete

Para obtener los resultados de la investigación se utilizó los siguientes materiales: Cuaderno de campo, computadora, bolígrafos, calculadora, material de escritorio cámara fotográfica.

3.3 METODOLOGÍA (PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL)

3.3.1 Fase de instalación del experimento

3.3.1.1 Selección y preparación del terreno

Para la selección del terreno se tomo en cuenta la ubicación y la pendiente del área para la investigación, realizado el mullido y nivelado del suelo.

Se nivelo la superficie del terreno, para evitar inundaciones, vuelco de macetas, aparición de plagas y enfermedades.

3.3.1.2 Preparación del sustrato

El sustrato que se utilizó para la investigación fue el mismo suelo del terreno, el cual fue mullido y homogenizado para posteriormente ser distribuido en macetas de nylon negro de 25 x 35 cm. En esta etapa se tomó la muestra inicial de suelo para el análisis de contenido de nitrógeno y así establecer el contenido de nitrógeno base. Que posteriormente fue la muestra de suelo testigo del experimento.

3.3.1.3 Desinfección del sustrato

Para la desinfección del sustrato, se hecho 20 L de agua hervida, dejando reposar por 48 hrs. Para luego mullir, cernir el sustrato y después se expuso al sol durante 2 semanas, con un volteo cada 72 hrs.

Por ultimo el sustrato se puso en las macetas. Esto con el fin de facilitar la aireación del suelo y eliminar las plantas invasoras y plagas que puedan dañar a la semilla.

3.3.1.4 Preparación de las semillas

El material genético experimental utilizado fue de 3 ecotipos de haba (Gigante Copacabana, Usnayo y Habilla), las semillas fueron pesadas en la balanza de precisión para cada dosis de *Rhizobium*.

Se puso dosis adecuadas tomando en cuenta los parámetros indicados en el folleto del *Rhizobium*, 5 g de Inoculante/kg de semilla y 50.0 kg de Semilla/Bolsa de inoculante.

El *Rhizobium* y las semillas pesadas se embolsaron en sobres de papel con sus respectivas identificaciones.

Para luego realizar la inoculación con *Rhizobium*, para ello se consideró las recomendaciones que indica el proveedor del inoculante.

3.3.1.5 Inoculación y siembra

La inoculación de semillas se inició con la aplicación de dosis de *rhizobium* en un recipiente con 11ml de agua, con la ayuda de una brocha para la distribución uniforme del inoculante, para luego dejar secar a la sombra por el lapso de 20 minutos. Realizado la inoculación según los tratamientos establecidos en la investigación se procedió a la siembra del mismo, utilizando una semilla por maceta.

3.3.1.6 Manejo del cultivo

En cuanto al manejo del cultivo se realizó un control de plagas por la aparición del gusano gris y tijeretas, al inicio de la germinación se controló con cintas pintadas de aceite y trampas de bidón amarillo con detergente en polvo.

El aporque de los ecotipos se hizo cuando llegaron a una altura de 30 cm. Los deshierbes fueron periódicos. El riego se realizó según requerimientos del cultivo y recomendaciones del (INIAF, 2010), para ello se utilizó una regadera. Una vez desarrollado las plantas se hizo la práctica de despunte.

Al final del periodo vegetativo antes de proceder la tercera cosecha del cultivo por ecotipos. Se presentó la helada trayendo consigo a las enfermedades mancha sangrienta, mancha chocolate y pulgones. Para remediar los daños ocasionados por la helada se realizó los siguientes controles:

- a) se incremento el riego con mayor frecuencia (4 veces por día), hasta que las plantas se recuperaron.
- b) Para el controlar el pulgón, se utilizo el control biológico con mariquitas, se procedió trasladar mariquitas y ponerlas en los tallos de haba.
- c) En cuanto a las enfermedades se hizo un preparado de (ajo, ají, mostaza) para la desinfección.
- d) Para mejorar las condiciones del cultivo se realizo una limpieza total de la parcela y sus alrededores.
- e) En los bordes y en el centro de la parcela se puso trampas (en vaso, bidón con detergente en polvo y agua azucarada).

Posteriormente se procedió a realizar la cosecha ya una vez verificado la madurez de las vainas, para secarlas y trilladas.

3.3.2 Fase de seguimiento de la investigación

3.3.2.1 Labores culturales

Después de la siembra se procedió al riego continuo por falta de lluvia, después de la emergencia se hizo el deshierbe tanto de las macetas como de la superficie del terreno, esta labor, se realizó cuando las plántulas tenían 10 cm de altura.

El aporque se realizó a los 30 a 45 días después de la siembra, se eliminó malezas (cañahua, diente de león, pasto de invierno, Muni - muni, bolsa de pastor y otros), para evitar la competencia de nutrientes, espacio, luz y agua entre plantas. Se realizó un canal alrededor de la parcela para el desagüe y evitar la proliferación de plagas.

Estas labores realizadas hicieron posible que solo afectó entre 2 a 3%, debido a los controles y las labores culturales que se dio el suelo y en una superficie con una pendiente uniforme de 3%.

3.3.2.2 Cosecha

Se cosecharon las vainas de la parte basal ya que éstas alcanzaron primero el estado de madurez, mientras que las intermedias y las vainas apicales estaban en formación, esto con el fin de quitar la carga a las plantas. La cosecha se la realizó por ecotipo y tratamientos para finalmente pesarlas y secarlas.

Después de un mes y medio se procedió a realizar la segunda cosecha realizando la misma metodología como el pesado y secado, antes de realizar la tercera cosecha hubo una helada fuerte la cual congelo todas las vainas. Luego de un riego intenso se consiguió hacerlas recuperar para luego realizar la cosecha en su totalidad.

Al final de la cosecha y después de hacerlas secar se procedió al trillado de las vainas con el fin de evaluar promedios que permitan un análisis estadístico de los datos. La cosecha general se realizó aproximadamente a los 85 días. La misma se efectuó a tempranas horas de la mañana y en horas de la tarde con la finalidad de evitar las pérdidas de agua en las vainas.

3.3.2.3 Muestreo de suelo de las macetas para análisis de nitrógeno

Al culminar la última cosecha, se procedió a realizar el muestro de suelo de los sustratos estudiados, por tratamiento o dosis de *Rhizobium*. Para realizar el muestreo se tuvo que sacar el sustrato de las macetas, en este caso fueron las mismas 10 macetas evaluadas para las demás variables estudiadas.

Se cortaron las macetas para no dañar los nódulos de *Rhizobium* ya que aún faltaba tomar otros datos como son el: número de nódulos y peso de nódulos de *Rhizobium*, se separó cuidadosamente la raíz del sustrato para luego mesclar con los demás sustratos del mismo tratamiento. Una vez cuarteada la muestra se envió al laboratorio para su análisis.

El proceso se realizó con los 12 tratamientos correspondiente a los ecotipos estúdialos: Gigante Copacabana (GT, G50, G100 y G150), Usnayo (UT, U50, U100 y U150) y Habilla (HT, H50, H100 y H150).

3.3.2.4 Secado y trilla.

Una vez culminada la cosecha, se procedió a realizar el secado de las vainas en un espacio grande y soleado, durante tres meses. Luego de esta se procedió al desgranado, donde se colocó las plantas en el suelo y se procedió al trillado; el mismo procedimiento se repitió para todos los ecotipos. Al mismo tiempo se realizó el venteo para obtener habas limpias, posteriormente se hizo el recojo de las habas manualmente y finalmente se efectuó los datos finales de la investigación para comenzar la elaboración de los resultados.

3.3.2.4.1 Fase de evaluación de la investigación

Se registraron 12 caracteres agronómicos, las cuales se utilizaron para la evaluación de la investigación.

3.3.2.4.2 Variables fenológicas

A partir de la emergencia se registró el desarrollo fenológico del cultivo de las siguientes variables:

- 1. Días a la emergencia (DE).**- Se llevó acabo de acuerdo a las evaluaciones y observaciones directas, a través de los registros, como el número de días a la emergencia. Cuando se registro de el 50% de la población de la unidad experimental.
- 2. Días a la floración (DF).**- Se registró la floración desde la siembra hasta que el 50% de las plantas presentaron flores, en los macollos principales de las plantas.
- 3. Días de formación de vainas (DFV).**- Se registró a los días transcurridos, desde la siembra hasta que el 50% de las plantas presentaron vainas.
- 4. Días a la madurez fisiológica de la vaina (DMFV).**- Se registró el número de días transcurridos desde la siembra, hasta que el 50% de las plantas presentaron vainas que ofrecieron resistencia a la presión.

3.3.2.4.3 Variables de desarrollo de planta y rendimiento

- 1. Porcentaje de germinación (PG).**- Para realizar esta variable se observó los ecotipos que se habían sembrado y así determinar la viabilidad de las semillas (las semillas de haba que se utilizaron en la investigación son certificadas y tuvieron el 98%, de viabilidad).
- 2. Número de macollos (NM).**- Se procedió a registrar número de macollos desde la base hasta el segundo tercio de la planta, en la madurez fisiológica. Se registró, número de macollos por planta.
- 3. Altura de la planta (HPL).**- Este carácter se midió cada 7 días, desde el inicio del desarrollo de la planta hasta la madurez fisiológica, desde el cuello de la raíz hasta la altura máxima alcanzada. Se registró en centímetros (cm).
- 4. Número de flores (NF).**- En esta variable se procedió al conteo de todas las flores en los macollos que planta poseía.

5. **Número de vainas (NV).**- Se realizó esta variable, desde el conteo de número de vainas por planta y todos los macollos que poseía, cada uno alcanzo más del 50% de envainado.
6. **Longitud de vaina (LV).**- En esta variable se realizó la medición y comenzó después del envainado cuando esta estaba madura, su desarrollo era lo máxima alcanzada. Se registró en centímetros (cm).
7. **Rendimiento en vaina verde (RDTO.VV).**- Esta variable se realizó al momento de la cosecha y para esto se utilizó una balanza analítica, se hizo el pesaje de cada ecotipo. Se registró en gramos (g).
8. **Rendimiento en grano seco (RDTO.GS).**- Luego del secado y después del trillado se procedió a pesar los granos por ecotipos en la balanza analítica. Se registró en gramos por planta (g/pl).
9. **Peso de 100 semillas (PS).**- Se pesó en balanza analítica, 100 semillas tomadas al azar, de cada uno de los ecotipo. Se registró en gramos por planta (g).
10. **Longitud de raíz (LR).**- Esta variable se realizó después de la cosecha, desde el cuello de la raíz hasta la altura máxima alcanzada. Se registró en centímetros (cm).
11. **Número de nódulos de *Rhizobium* (NNR).**- En esta variable se procedió al conteo de número de nódulos de *Rhizobium* por planta que esta poseía. Se registró en gramos (g).
12. **Peso de nódulos (PNR).**- Se pesó en balanza analítica, los nódulos de *Rhizobium* de cada uno de los ecotipos. Se registró en gramos (g).

3.3.3 Diseño Experimental

El análisis estadístico del experimento se evaluó a través de un Diseño Completamente al Azar con arreglo bifactorial y 10 repeticiones (Ochoa, 2007).

Modelo lineal aditivo del experimento:

Donde:

$$x_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

x_{ijk} = Una observación cualquiera.

μ =Media general.

α_i = Efecto del i-ésimoecotipo de haba

β_j = Efecto del j-ésima concentración de *Rhizobium*

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Interacción del i-ésimoecotipos de haba con el j-ésimo concentración de *Rhizobium*

ε_{ijk} = Error experimental

3.3.3.1 Factores de estudio

Factor A = Ecotipos de haba (Ecotipo Gigante Copacabana, Usnayo y Habilla)

Factor B = Dosis de *Rhizobium* (0, 50, 100 y 150%)

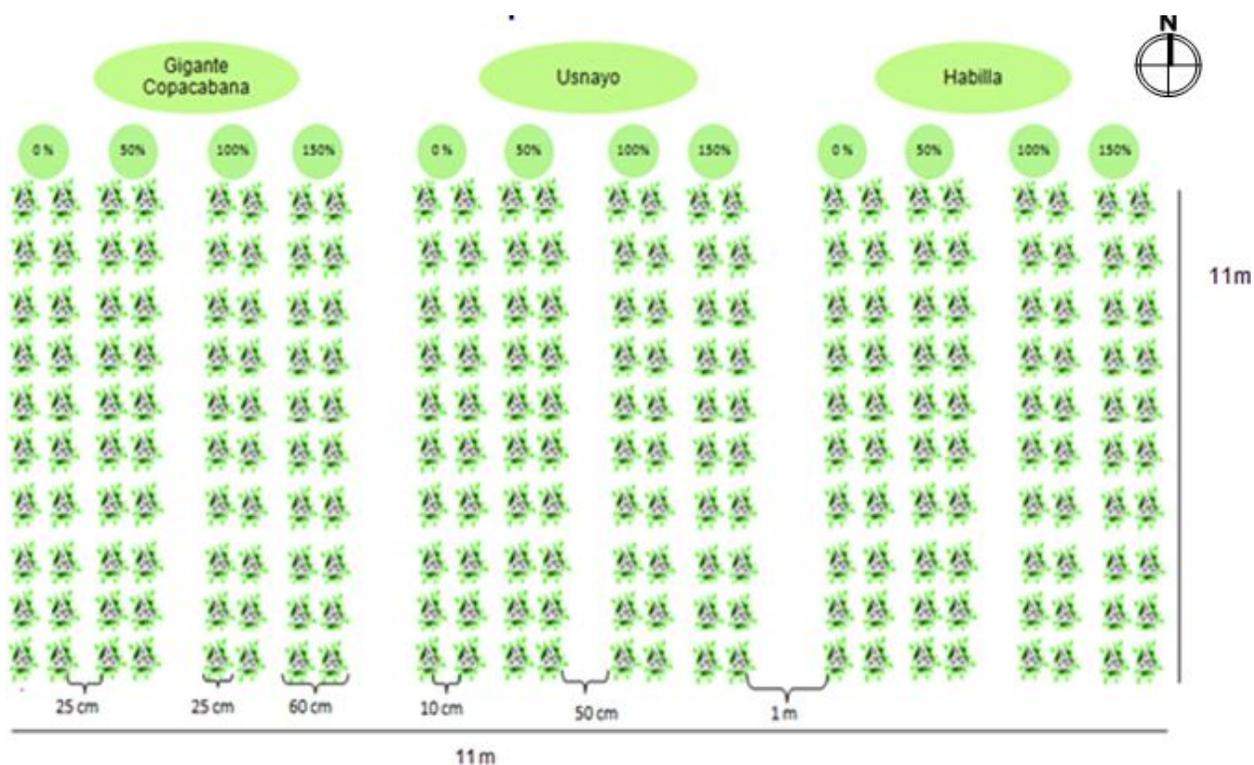
Nota.- Las concentraciones de inoculación se eligieron al 50, 100 y 150% tomando en cuenta que el proveedor de Rhizobium sugiere que se utilice al 100%. Los ecotipos de haba por sus propias características genéticas posiblemente respondan a mayores o menores concentraciones de lo establecido de ahí la lógica de utilizar las concentraciones planteadas.

3.3.3.2 Tratamientos

Cuadro 9. Los tratamientos estudian el efecto de los ecotipos y la inoculación de diferentes dosis de *Rhizobium*

Ecotipo	Dosis de <i>Rhizobium</i> (%)	Tratamiento	Descripción del tratamiento	Repeticiones por tratamiento
Gigante				
Copacabana (E1)	0 (D0)	E1xD0	Testigo ecotipo 1	10 (macetas)
	50 (D1)	E1xD1	Ecotipo 1 x dosis 1	10(macetas)
	100 (D2)	E1xD2	Ecotipo 1 x dosis 2	10(macetas)
	150 (D3)	E1xD3	Ecotipo 1 x dosis 3	10(macetas)
Usnayo				
(E2)	0 (D0)	E2xD0	Testigo ecotipo 2	10(macetas)
	50 (D1)	E2xD1	Ecotipo 2 x dosis 1	10(macetas)
	100 (D2)	E2xD2	Ecotipo 2 x dosis 2	10(macetas)
	150 (D3)	E2xD3	Ecotipo 2 x dosis 3	10(macetas)
Habilla				
(E3)	0 (D0)	E3xD0	Testigo ecotipo 3	10(macetas)
	50 (D1)	E3xD1	Ecotipo 3 x dosis 1	10(macetas)
	100 (D2)	E3xD2	Ecotipo 3 x dosis 2	10(macetas)
	150 (D3)	E3xD3	Ecotipo 3 x dosis 3	10(macetas)

Cuadro 10. Distribución de la parcela



3.3.4 Variables de Respuesta

Variable	Tipo de variable	Descripción
Altura de planta	Agronómica	Se tomó el dato del macollo principal desde el cuello de la planta hasta la parte apical superior de la planta, para cada fase fenológica.
Porcentaje de germinación	Agronómica	Se tomó el dato de número de plantas germinadas por tratamiento
Número de macollos	Agronómica	Se registró el dato en la prefloración
Número de flores	Agronómica	Se cuantifico la cantidad de flores
Número de vainas	Agronómica	Se registró el número de frutos
Longitud de vaina	Agronómica	Se midió después de llenado el grano en cm.
Rendimiento en vaina verde	Agronómica	Se evaluó en la cosecha y se transformará el dato en kg/ha.
Rendimiento en grano seco	Agronómica	Se evaluó y se transformará el dato en kg/ha
Peso de 100 semillas	Agronómica	Se evaluó el peso de grano seco en g.
Longitud de raíz	Agronómica	Se evaluó a la cosecha en cm.
Número de nódulos	Agronómica	Se evaluó por planta y tratamiento
Peso de nódulos	Agronómica	Se evaluó por planta y tratamiento

3.3.5 Análisis y transformación de datos

Los datos de la investigación fueron analizados con el programa estadístico infostat (versión libre), Argentina disponible en internet. No fue necesario realizar transformaciones de los datos debido a que los mismos se encontraban dentro de la distribución normal de datos.

3.3.6 Variables económicas

Determinación de los costos parciales de la investigación: El análisis económico de la investigación permitirá el cálculo de coeficientes de evaluación a través de la comparación de los flujos positivos y negativos que generen a través del método de la relación Beneficio – Costo (B/C), representado por la siguiente ecuación (Mokate,2007).

Se tuvo en cuenta el Beneficio Neto y la relación Beneficio / Costo, en la producción de arveja plana. En las unidades experimentales por tratamiento el rendimiento se ajustó en un 10 %, para eliminar la sobrestimación del ensayo, este valor se dedujo de acuerdo a las recomendaciones de CYMMIT (1988).

Beneficio/neto.

$$\mathbf{BN = IT - CT}$$

Donde:

BN = Beneficio neto

IT = Ingreso total

CT = Costo total

Beneficio/costo

$$\mathbf{B/C = IT/CT}$$

Donde:

IT = Ingreso total

CT = Costo total

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Con los datos obtenidos en la investigación se llegaron a los siguientes resultados y discusiones:

4.1 Resultados de las variables fenológicas y agronómicas

4.1.1 Análisis de suelos

Como se indicó en el capítulo de materiales y métodos; al iniciar y al finalizar el trabajo de investigación se realizó un análisis de contenido de nitrógeno total en el sustrato donde desarrollaron los ecotipos de haba del cual se tiene los siguientes resultados (Cuadro 11):

Cuadro 11. Análisis del contenido de nitrógeno del sustrato los ecotipos de haba. H=Habilla, U=Usnayo y GC=Gigante Copacabana.

Nº Lab.	Código	Nitrógeno %
301/2013	T(0)	0.126
289/2013	H TESTIGO	0.152
290/2613	H 50%	0.157
291/2013	H 100%	0.162
292/2013	H 150%	0.169
293/2013	U TESTIGO	0.176
294/2011	U50%	0.209
295/2013	U100%	0.213
296/2013	U150%	0.230
297/2013	GC TESTIGO	0.165
298/2013	GC 50%	0.231
299/2013	GC 100%	0.270
300/2013	GC 150%	0.234

IBTEN, 2013

Antes de realizar la siembra se procedió a la toma de muestra del sustrato a utilizar para el análisis de suelo, la muestra de sustrato inicial fue de 0.13 de nitrógeno que existe en el suelo. Según los resultados obtenidos del análisis de contenido de nitrógeno de las unidades experimentales.

El análisis del contenido de nitrógeno del sustrato de cada uno de los tratamientos, en el ecotipo habilla para el testigo tiene el contenido de nitrógeno de 0.15%, el cual según la escala corresponde a un contenido ligeramente alto de nitrógeno; a medida que se subieron los porcentajes de inoculación de *Rhizobium* en la semilla de haba a 50, 100 y

150%, el contenido de nitrógeno incremento de 0.15% a 0.17%, como se observa en el tratamiento habilla 150%, que corresponde a un contenido de nitrógeno ligeramente alto. En el caso del ecotipo Usnayo el contenido de nitrógeno incremento de 0.18% a 0.23% y Gigante Copacabana el contenido de nitrógeno en el suelo corresponde a un nivel alto según la escala de valores, que indica contenidos superiores a 0.27%, el cual se consideran valores altos de nitrógeno como se observa en la mayor parte de los tratamientos del cuadro 10.

4.1.2 Porcentaje de germinación de los ecotipos de haba

Antes de iniciar la investigación con el objetivo de determinar la capacidad germinativa de las semillas utilizadas para la investigación; se realizó el estudio de porcentaje de germinación de los tres ecotipos (Gigante Copacabana, Usnayo y Habilla), en condiciones de laboratorio. En el caso de los tres ecotipos los resultados fueron positivos alcanzando un porcentaje de germinación del 100%, se debió posiblemente a que se utilizó semilla de categoría certificada.

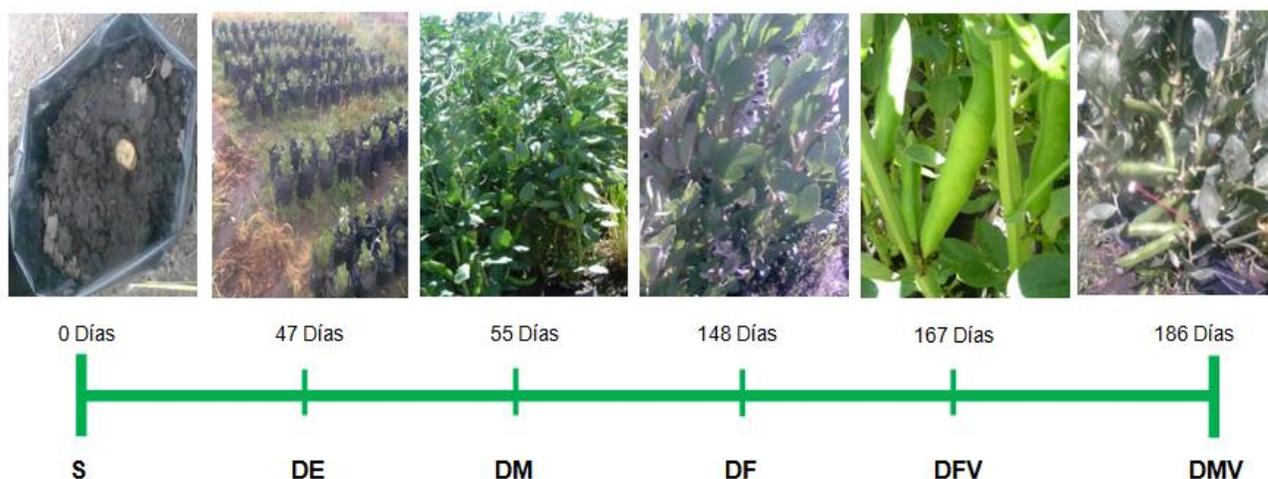
Posteriormente, en condiciones de campo luego de la siembra se observó que los ecotipos Gigante Copacabana y Usnayo no germinaron en su totalidad. El mismo pudo deberse a factores netamente ligados al ambiente y también atribuibles a características genéticas de los genotipos de haba (Cuadro 12).

Cuadro 12. Porcentaje de germinación de los ecotipos de haba por efecto de *Rhizobium* después de la siembra.

Tratamiento	Inoculación (g)	Dosis g/kg semilla de haba (g)	Días de emergencia (días)	Floración (días)	Formación de vainas(días)	Madurez fisiológica (días)	% De Germinación
GC TESTIGO	0	0	50	157	189	197	96%
GC 50%	0.165	2.508	47	144	167	190	98%
GC 100%	0.324	5.008	46	148	166	184	100%
GC 150%	0.511	7.384	46	149	167	194	100%
U TESTIGO	0	0	49	155	181	180	100%
U50%	0.139	2.496	46	146	164	180	98%
U100%	0.274	5	47	152	165	182	100%
U150%	0.416	7.509	46	145	168	184	90%
H TESTIGO	0	0	45	151	165	175	100%
H 50%	0.119	2.505	47	149	161	187	100%
H 100%	0.245	5.094	45	147	155	175	100%
H 150%	0.365	7.404	45	130	154	174	100%

4.1.3 Fases fenológicas

Respecto a las fases fenológicas, no se observó mayores diferencias en el comportamiento de los ecotipos de haba, por efecto de las concentraciones de aplicación de *Rhizobium*. De manera general la emergencia del material vegetal se dio a los 47 días; el macollamiento a los 55 días, la floración a los 148 días, la formación de vainas a los 167 días y la madurez fisiológica a los 186 días. Estos resultados corresponden a valores normales registrados en el cultivo.



4.1.4 Variables agronómicas

El cuadro 13 y 14, presenta un resumen de los cuadrados medios y la significancia de los resultados del análisis de varianza para las variables agronómicas y de rendimiento.

Cuadro 13. varianza de las variables agronómicas por efecto de concentraciones de *Rhizobium* en los ecotipos de haba Usnayo Gigante Copacabana y Habilla.

Variables agronómicas.		Altura planta	Número macollos	Número flores	Número vainas	Longitud vaina	Longitud raíz
FV	GL	CM	CM	CM	CM	CM	CM
Ecotipos (A)	2	282.86**	102.43**	81.91**	4886.41**	260.63**	324.03**
D. <i>Rhizobium</i>							
(B)	3	598.10**	94.38**	898.82**	7316.43**	82.91**	3386.96**
A x B	6	258.98**	14.71**	571.26**	1459.33**	17.68**	1347.88**
Error	108	25.91	1.59	25.33	30.15	2.10	45.32
CV (%)		3.45	11.38	4.12	9.67	14.02	18.39
R ²		0.58	0.77	0.70	0.93	0.79	0.79

Dónde: ** = Altamente significativo, * = Significativo, NS = No significativo

Cuadro 14. Análisis de varianza de las variables asociadas al rendimiento por efecto de las concentraciones de *Rhizobium* en los ecotipos de haba Usnayo, Gigante Copacabana y Habilla.

Variables agronómicas.		Peso vaina verde	Peso vaina seca	Peso seco semilla	Número nódulos <i>Rhizobium</i>	Peso nódulos <i>Rhizobium</i>
FV	GL	CM	CM	CM	CM	CM
Ecotipos (A)	2	3265749.93**	22203.86**	7613.63**	1798.83**	1430.86**
D. <i>Rhizobium</i>						
(B)	3	8271472.68**	325529.21**	164847.31**	17760.57**	1136.92**
A x B	6	2372104.43**	111639.83**	72435.54**	13568.93**	536.35**
Error	108	18100.76	4566.12	823.46	197.28	31.74
CV (%)		8.85	17.86	15.54	16.59	22.73
R ²		0.96	0.77	0.91	0.87	0.73

Dónde: ** = Altamente significativo, * = Significativo, NS = No significativo.

Según los datos obtenidos del análisis de varianza en el cuadro 13 y 14, muestra todas las variables estudiadas con una alta significancia en los factores evaluados ecotipos y concentración de *Rhizobium*.

Así también se tiene alta significancia de la interacción ecotipos - *Rhizobium*, donde indica que existe efecto aditivo en la respuesta debido al ecotipo y la concentración de *Rhizobium*.

Por otra parte, respecto al coeficiente de variación obtenido en todos los casos, se observa que los mismos son inferiores al 30% donde indica que los datos del experimento fueron tomados adecuadamente. Esto pudo deberse al cuidado que se tuvo en la toma de los mismos. Así también se observa que el coeficiente de determinación R² en las variables estudiadas son superiores al 50%, lo cual indica la proporción en la variabilidad total de las variables estudiadas respecto a los tratamientos. De la variación en la interacción ecotipos por densidades de *Rhizobium*. Por lo tanto el mayor coeficiente de determinación lo tiene la variable peso de la vaina en verde con un valor del 96%.

4.1.5 Altura de planta

En la figura se observa el crecimiento obtenido por las plantas de haba hasta la etapa de floración.

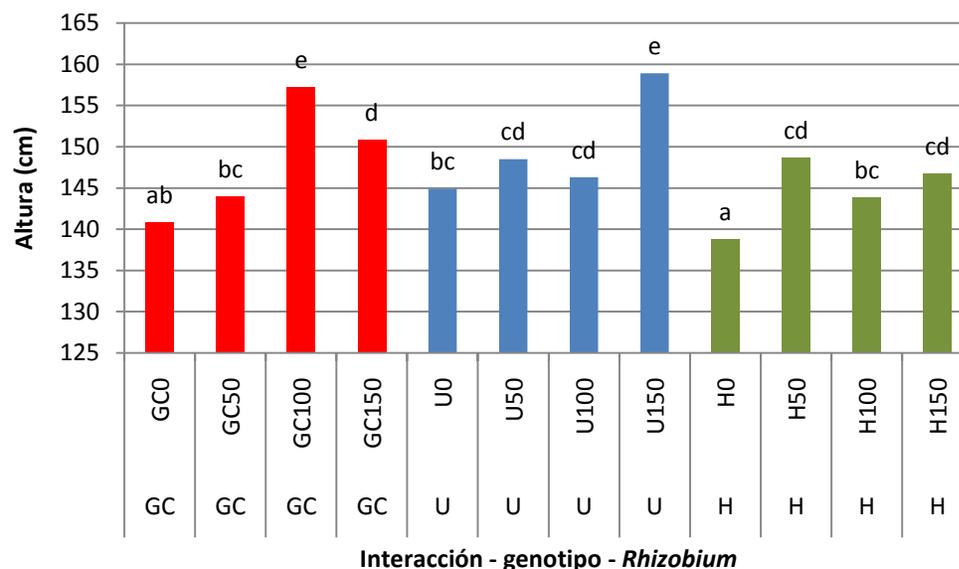


Figura 7. Altura de planta por efecto de la interacción ecotipo de haba y concentración de *Rhizobium* luego de la floración.

Según Duncan al 5%, se observa que el crecimiento con mayor altura es de los ecotipos Usnayo y Gigante Copacabana, con alturas de 158.90 y 157.20 cm a una concentración de 150 y 100% de *Rhizobium* respectivamente. La altura más baja la obtuvo el tratamiento testigo del ecotipo Habilla con 138.80 cm. Por otra parte se diferencian seis grupos estadísticamente diferentes como se puede ver en la figura 7.

Según (Valverde *et al.*, 2006), la diferencia en altura de planta, se puede deber a diferentes factores entre ellos la dosificación de nitrógeno en el sustrato ya sea natural o con fertilización artificial, lo cual influye en un incremento en la altura de planta.

La altura de planta en haba puede estar entre 130 y 160 cm dependiendo de la variedad.

En el ensayo se obtuvo alturas similares a 160 cm, estas alturas se pueden atribuir al efecto de la concentración de *Rhizobium*, que influyeron positivamente en el desarrollo de la planta. Respecto al crecimiento en altura (Drevon *et al.*, 2001), indica que la luz, nutrimento y espacio físico son responsables del incremento en la altura de planta.

4.1.6 Número de macollos

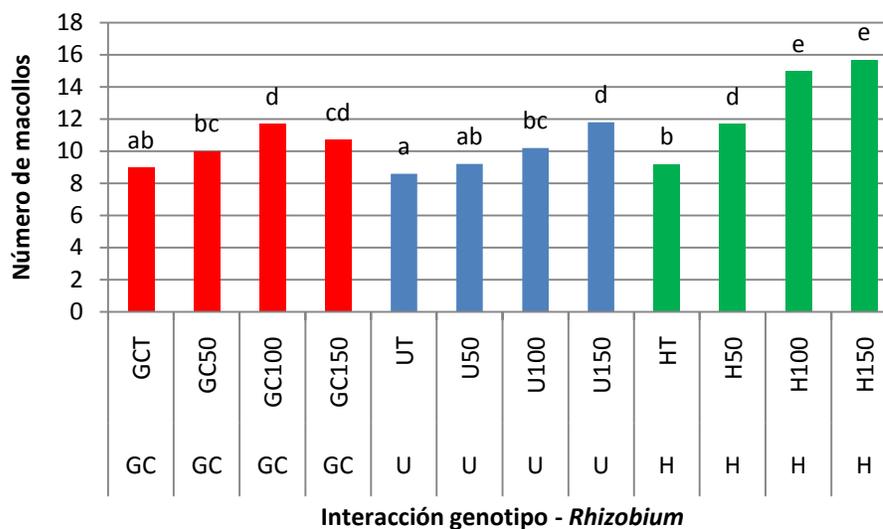


Figura 8. número de macollos por planta por efecto de concentración de *Rhizobium*.

Realizada la evaluación de la prueba de significancia de Duncan al 5%, de la variable número de macollos de planta por efecto de las concentraciones de *Rhizobium*, se distinguen resultados estadísticamente significativas. Donde el mayor número de macollos 15 lo obtiene el ecotipo Habilla con la concentración de 150% de *Rhizobium*, Gigante Copacabana por su lado alcanzó 11 macollos a una concentración de 100% y Usnayo con 11 macollos a la concentración 150%, Como se observa en la figura 8.

Según (Drevon *et al.*, 2001) en investigaciones que realizó en haba reportó entre 5 a 6 macollos en seis variedades de haba, el resultado obtenido en la práctica se obtuvo entre 11 y 15 macollos, lo cual puede posiblemente atribuirse al efecto del *Rhizobium* y la genética de los ecotipos.

4.1.7 Número de flores

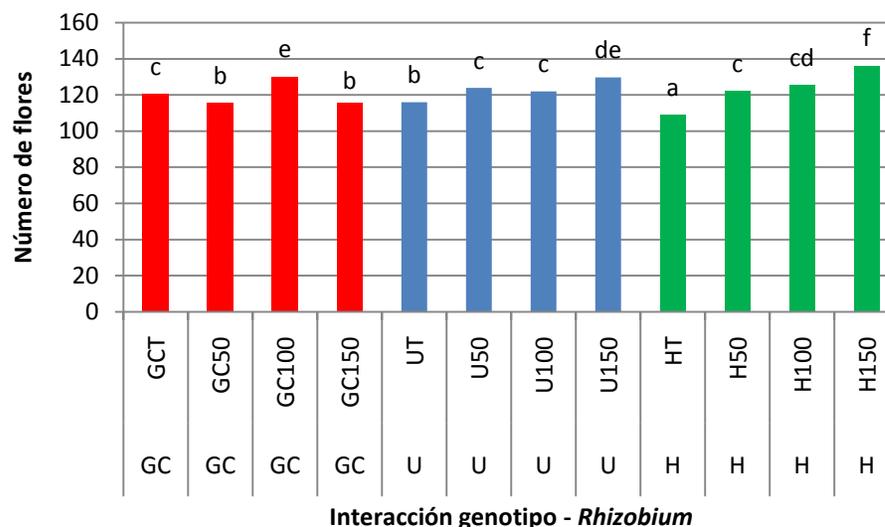


Figura 9. Número de flores de las plantas por efecto de concentración de *Rhizobium*.

Según la figura 9, los resultados obtenidos de la variable número de flores, la prueba de significancia de Duncan al 5%, de la variable número de flores por planta por efecto de la interacción de los tratamientos, se distinguen resultados estadísticamente diferentes. Donde el mayor número de flores 138 lo obtiene el ecotipo Habilla con la concentración de 150% de *Rhizobium*. El ecotipo Gigante Copacabana tiene 135 flores a una concentración de 100% y el ecotipo Usnayo a la concentración de 150% obtiene 130 flores.

El cultivo estuvo expuesto a menores temperaturas por un período de tiempo mayor, motivo por el cual las plantas se desarrollaron lentamente, existiendo una posibilidad de menor de floración y por consiguiente de cruzamiento. (Loss *et al.*, 1997 y López-Bellido *et al.*, 2005), en la investigación posiblemente ello haya influido en el número de flores obtenido en el ecotipo habilla a una concentración de 150% de *Rhizobium*.

En la investigación se evidenció que los sustratos en los que desarrollaron la haba se observó buena concentración de nitrógeno quizás debido a ello se obtuvo buena cantidad de flores lo cual está relacionado al número de vainas obtenido. Al respecto (Evans 1983),

menciona que la época de floración se considera a la reacción compleja entre el genotipo y una gama de factores fisiológicos y ambientales.

4.1.8 Número de vainas

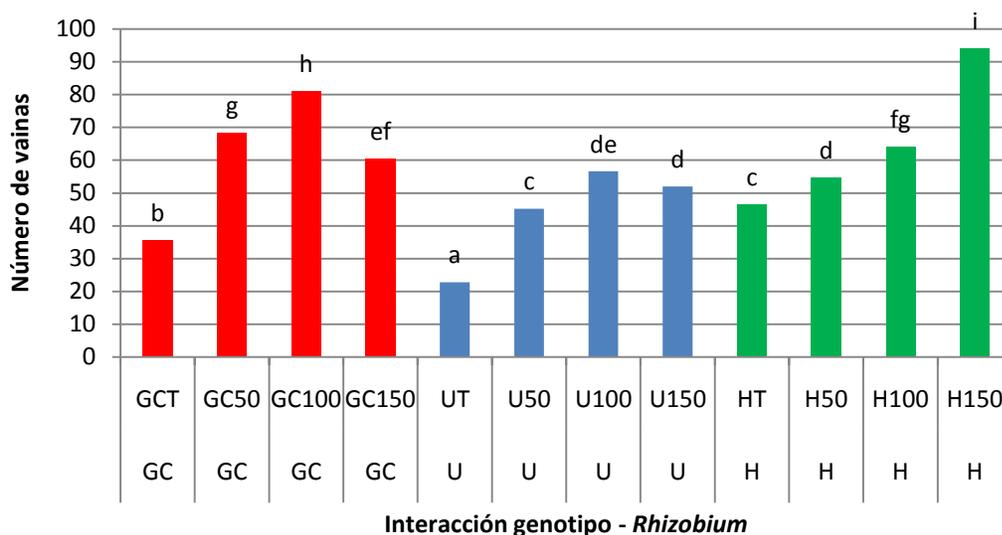


Figura 10. Número de vainas por planta por efecto de concentración de *Rhizobium*.

Según la figura 10, los resultados obtenidos respecto al número de vainas por efecto de la interacción ecotipo de haba y la concentración de *Rhizobium*, se hizo la prueba de significancia de Duncan al 5%, existen diferencias estadísticamente significativas, donde el mayor número de vainas lo obtiene el ecotipo Habilla con 95 vainas, a una concentración de 150%, de *Rhizobium*. El ecotipo Gigante Copacabana obtiene 82 vainas a una concentración de 100%, de *Rhizobium* y Usnayo con 56 vainas con la concentración 150%.

En comparación a los resultados obtenidos en el experimento el número de vainas obtenidas está relacionado al número de flores según (Nadal *et al.*, 2004), en este proceso es importante el riego ya que ello ayuda en la formación de las vainas. En el experimento se realizó el riego según la necesidad del cultivo en las macetas, esto ayudó a un manejo controlado en las macetas.

Las frecuencias de riego pueden afectar en el rendimiento de las vainas, por cada cuatro días de atraso en la aplicación de agua reducen en el número de vainas, se debe

mantener una humedad del suelo al 50%, a capacidad de campo esto en la fase reproductiva (IBTA, 1996).

Otro factor importante además del efecto del *Rhizobium* antes de la formación de vainas fue la presencia de insectos polinizadores y el factor clima (viento), que favoreció en el momento del cuajado de las flores, lo cual permitió obtener mayor cantidad de vainas. Según el (JICA, 2006), la cantidad de vaina está entre 10 a 60 vainas por planta. En el experimento en el ecotipo habilla se obtuvo 95 vainas por planta, ello también puede atribuirse al efecto de la concentración de *Rhizobium*.

4.1.9 Peso de la vaina verde

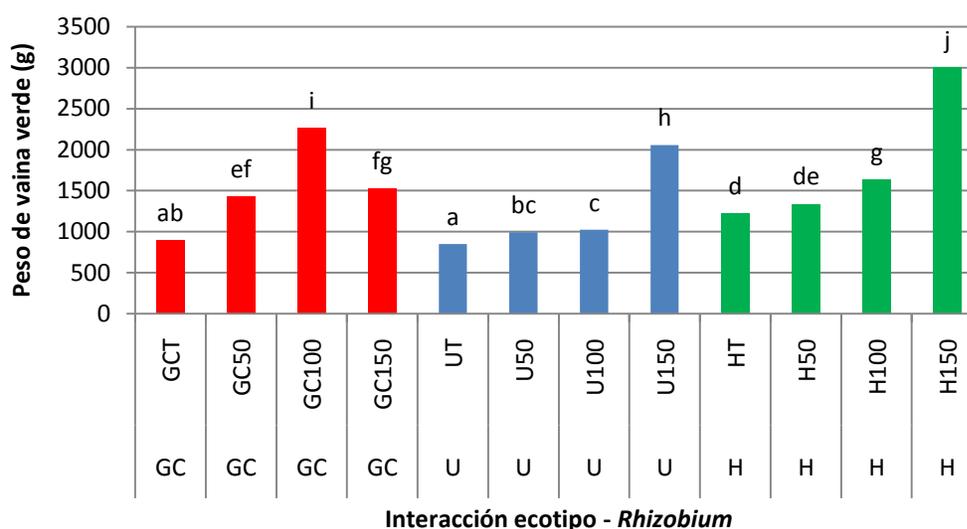


Figura 11. Peso de vaina verde por planta del efecto de concentración de *Rhizobium*.

En la figura 11, se observa que el ecotipo Habilla con la concentración de 150% de *Rhizobium* alcanzó el mayor peso con 3006.1 g., seguido del ecotipo Gigante Copacabana con la concentración de 100%, de *Rhizobium* que alcanzó 2264.9 g y el ecotipo Usnyu con la concentración de 150%, alcanzando un peso de 2056.6 g.

Debido a que se ha observado que al incrementar el número de plantas por superficie, disminuye la producción de elementos reproductivos por las plantas individualmente, estando este hecho asociado a la reducción del número de ramas por planta y a la disminución, por lo tanto, del número total de nudos reproductivos, por ejemplo en la

formación la cantidad de número de vainas y el peso influyen el medio ambiente y la herencia genética de los cultivares, (Gubbins *et al.*, 2005) como se observa en los resultados obtenidos.

4.1.10 Peso de la vaina seca

El coeficiente de variación es de 17.86% esta indica que los datos fueron satisfactoriamente manejados.

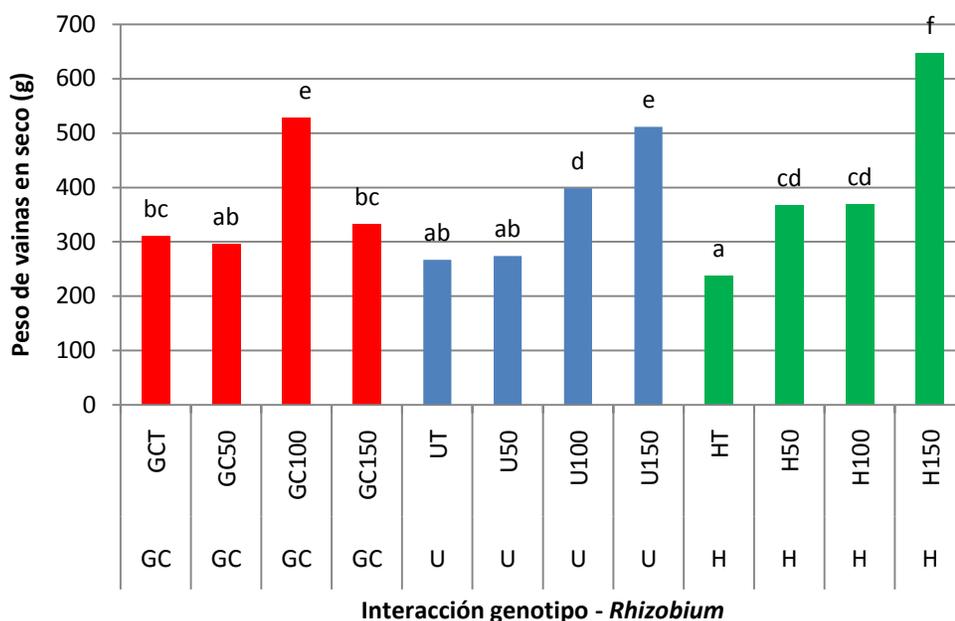


Figura 12. Peso de vainas secas por planta por efecto de concentración de *Rhizobium*.

Según la figura 12, los datos que se observa en la prueba de significancia de Duncan al 5%, al efecto de la interacción ecotipo concentración de *Rhizobium* y el peso de las vainas de haba secas, estadísticamente distinguen siete grupos distintos. Donde el mayor peso de vainas (650 g) lo obtiene el ecotipo Habilla con la concentración de 150% de *Rhizobium*, Gigante Copacabana obtiene 540 g con la concentración de 100% de *Rhizobium* y Usnayo 510 g con la concentración de 150%.

Mariscal, (2000) menciona que el contenido de humedad en la vaina es factor muy importante para el peso ya que de ello depende un mayor peso sin embargo es

importante el peso específico para determinar el rendimiento en cuanto a materia seca del producto. En la investigación los resultados obtenidos el ecotipo habilla registró un mayor peso de vaina en seco lo cual de alguna forma está relacionado según el peso obtenido en también en verde.

4.1.11 Longitud de vaina

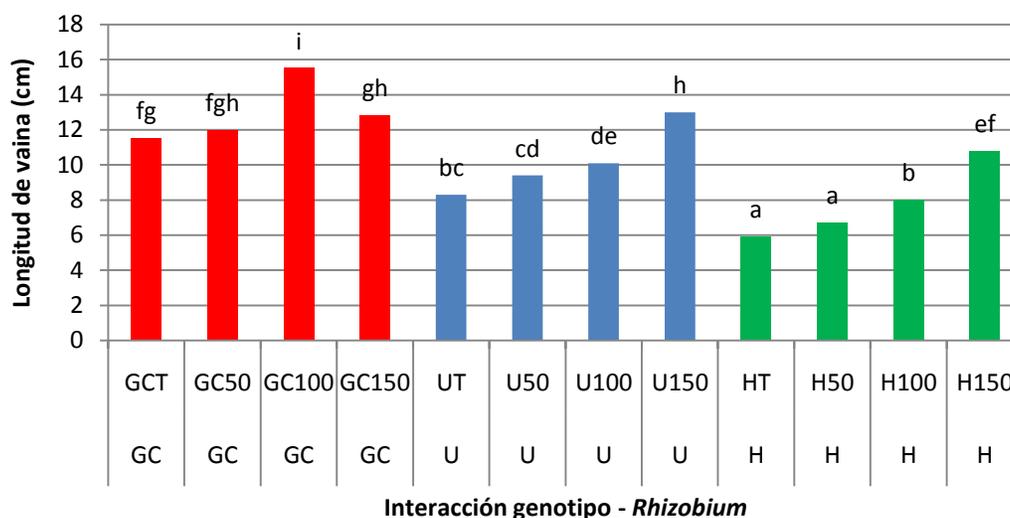


Figura 13. La longitud de vainas de planta por efecto de concentración de *Rhizobium* luego de la cosecha.

Según la figura 13, en la prueba de significancia de Duncan al 5% de la variable, la longitud de las vainas de planta, distinguen once grupos. Donde la mayor longitud de vainas es 15.8 cm que lo obtiene el ecotipo Gigante Copacabana a una concentración de 100% de *Rhizobium*. El ecotipo Usnayu tiene 13.1cm con una concentración 150% de *Rhizobium* y el ecotipo Habilla 11.1cm a una concentración de 150% de *Rhizobium*.

(Nadal *et al.* 2004), mencionan que la longitud de vaina está influenciada principalmente por la variabilidad de cada especie y la fertilización según la necesidad del cultivo. En el experimento además de los factores mencionados pudo deberse también a la concentración de *Rhizobium*.

Según López (2000) la longitud de vainas puede llegar entre 12.75 y 12.01 cm dependiendo de la variedad, pues en la investigación se encontraron valores muy cercanos entre 12.6, 13.2 y 15.70 cm, esto puede deberse a la influencia de la concentración de *Rhizobium*.

4.1.12 Longitud de la raíz

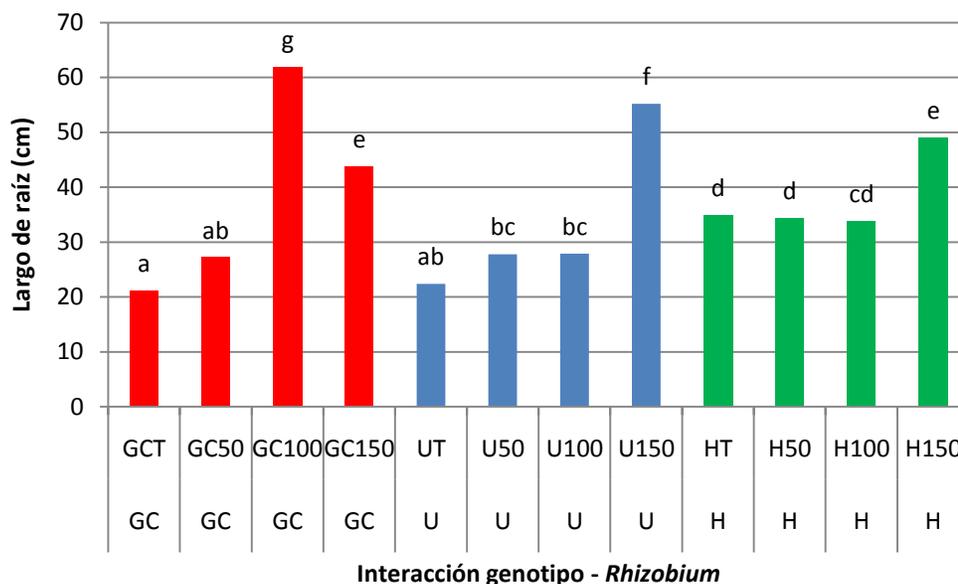


Figura 14. Longitud de la raíz de planta por efecto de concentración de *Rhizobium*.

En la figura 14, variable longitud de largo de raíz de la prueba de significancia de Duncan al 5%, distinguen ocho grupos estadísticamente diferentes. Donde la mayor longitud de largo de raíz lo obtiene el ecotipo Gigante Copacabana con 63 cm, a una concentración de 100% de *Rhizobium*; Usnayo alcanza a 55 cm con la concentración de 150% de *Rhizobium* y el ecotipo Habilla 48 cm a una concentración de 150% de *Rhizobium*.

Rodríguez (1991), indica que el tamaño de la raíz está influenciado por la carga genética de la especie y la fertilización. Donde también se puede atribuir al efecto del *Rhizobium* ya que observando las concentraciones aplicadas en cada uno de los ecotipos la respuesta es directamente proporcional a la concentración de *Rhizobium* aplicado.

Además con la inoculación y posterior nodulación se asume que existió un mayor desarrollo radicular debido a una mejor asimilación de fósforo, debido a que el *Rhizobium* hidroliza los compuestos fosfatados para dejar al fósforo en su forma inorgánica (ión), (Rodas, 2006).

4.1.13 Número de nódulos de *Rhizobium*

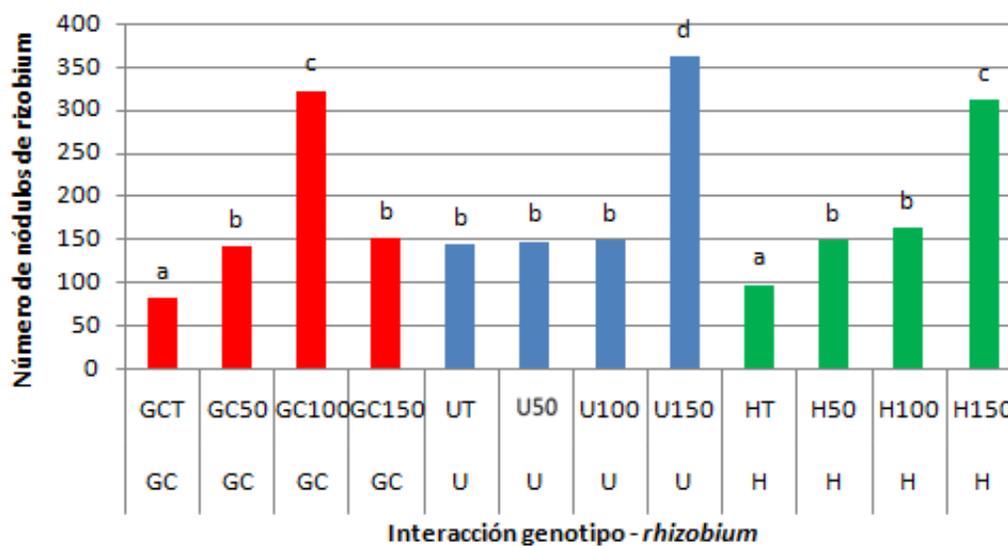


Figura 15. Número de nódulos de *Rhizobium* de la planta por efecto de concentración de *Rhizobium*.

Según la figura 15, en los resultados obtenidos respecto al conteo de número de nódulos de *Rhizobium* en la planta, la prueba de significancia de Duncan al 5%, distingue cuatro grupos distintos estadísticamente. Donde el mayor número de nódulos de *Rhizobium*, lo obtiene el ecotipo usnayo con 360 nódulos a una concentración de 150%. El ecotipo habilla registró 310 nódulos con la concentración de 150% y Gigante Copacabana 325 a una concentración de 100%.

Según Evans (1983) el número de nódulos de *Rhizobium* es netamente producto de un adecuado efecto simbiote entre el *Rhizobium* y la planta que puede ser producto de la concentración existente de bacterias en el medio. Lo cual según los resultados obtenidos puede validarse ya que en el tratamiento testigo el número de nódulos determinados fue menor respecto a los tratamientos donde se realizó mayor concentración de *Rhizobium*.

En el experimento realizado con *Rhizobium leguminosarum* en el cual la haba demuestra el incremento significativo de la nodulación por las diferentes concentraciones *Rhizobium* en la leguminosa lo que también menciona Carrera *et al.*, (2004).

4.1.14 Peso de nódulos de *Rhizobium*

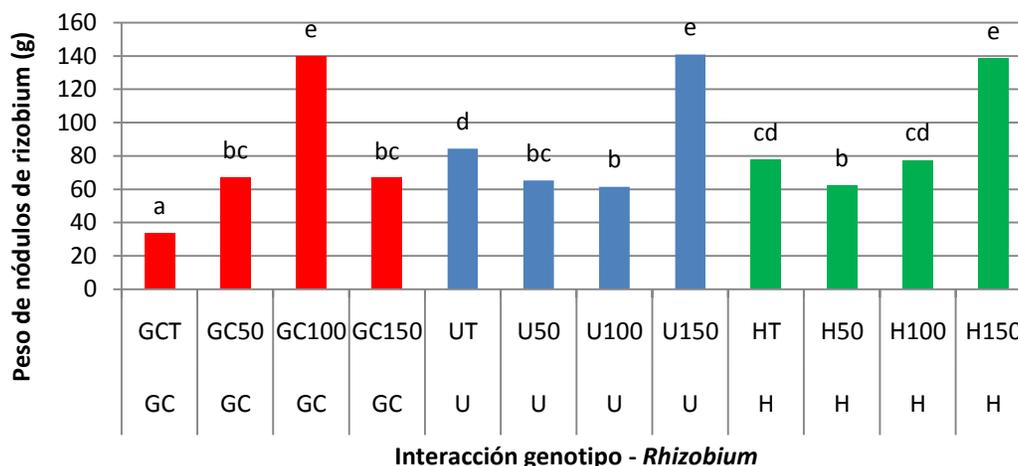


Figura 16. Peso de nódulos de *Rhizobium* de la planta por efecto de concentración de *Rhizobium*.

En la figura 16, se observa que para la variable peso de nódulos de *Rhizobium* en la planta, luego de la prueba de significancia de Duncan al 5%, se distinguen seis grupos estadísticamente diferentes. Donde el mayor peso de nódulos de *Rhizobium* presenta el ecotipo Gigante Copacabana con 140g, a una concentración de 100% de *Rhizobium*. El ecotipo Usnayo tiene 140 g, con la concentración de 150% de *Rhizobium* y el ecotipo Habilla 140 g, con la concentración de 150% de *Rhizobium*.

Esta variable también puede atribuirse a lo que menciona Rodelas *et al.* (1996), quienes encontraron que la inoculación de *Rhizobium leguminosarum* bv. *Viciae* promovieron el crecimiento de *Vicia faba* con aumentos significativos de masa seca total y número de nódulos, obteniendo una rápida tasa de crecimiento y acumulación de nitrógeno total. Ya que en el experimento, el peso de nódulos evaluado también pareciera proporcional al número de nódulos.

4.1.15 Peso seco de la semilla

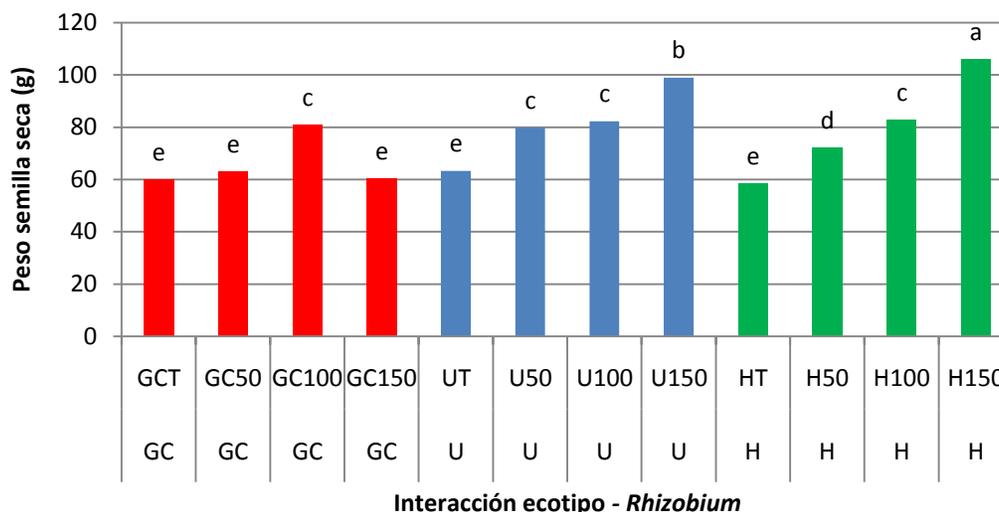


Figura 17. Peso seco de la semilla de la planta por efecto de concentración de *Rhizobium*.

En la figura 17, se observa la prueba de significancia de Duncan al 5%, en la misma se distinguen cinco grupos distintos estadísticamente. Donde el mayor peso de la semilla seca por planta, lo tiene el ecotipo Habilla con 106.10 g, con la concentración de 150%, de *Rhizobium*. El ecotipo Usnayo registra 99.00 g con la concentración de 150%, de *Rhizobium* y el ecotipo Gigante Copacabana tiene 80.80 g a una concentración de 100 %.

Los resultados obtenidos por el experimento realizado con *Rhizobium leguminosarum* por los ecotipos de haba, producen un incremento significativo al peso seco de la semilla. Lo que concuerda lo mencionado por Carrera et al., (2004) en el cultivo del haba y otras leguminosa, indica que el incremento de peso seco de la semilla se debe a una influencia del *Rhizobium*.

Según Rodríguez (1991), una semilla de calidad debe ser uniforme en su procedencia para tener la igualdad de peso deben existir condiciones nutritivas, una alta pureza genética, pureza física, buena apariencia para obtener mayor peso de semilla.

4.1.16 Peso de 100 semillas

Los resultados obtenidos del peso de 100 semillas de los ecotipos estudiados según el efecto de los tratamientos es el siguiente:

Como se observa en el cuadro 15, luego de las evaluaciones, el ecotipo Gigante Copacabana con la concentración de 100% de *Rhizobium* tiene el mayor peso de 233 g. El ecotipo Usnayo con la dosis de 150% de *Rhizobium* alcanzó un peso de 169 g. Mientras el ecotipo habilla con la concentración de 150% alcanzó 133 g.

Cuadro 15. Peso de 100 semillas de haba seca.

Tratamiento	Peso de 100 semillas (g)
GC	
TESTIGO	107
GC 50%	191
GC 100%	233
GC 150%	158
U	
TESTIGO	141
U50%	155
U100%	160
U150%	169
H	
TESTIGO	108
H 50%	103
H 100%	124
H 150%	133

Fuente: Elaboración propia 2013

Mariscal, (2000) menciona que el contenido de humedad en la semilla es factor muy importante para el peso de la semilla. Los factores mencionados por los autores y lo determinado por el estudio realizado, pueden influir en el peso de la semilla por lo tanto el efecto del *Rhizobium* al facilitar una proporción adecuada de nitrógeno a la planta lo cual influye en la formación del peso y tamaño de la semilla. Por lo tanto a mayor área foliar mayor conversión de fotosintatos y por ende mejor formación de frutos.

4.1.17 Rendimientos promedio de vaina verde de haba por hectárea.

Una vez concluido el experimento se realizaron los cálculos parciales del rendimiento de vaina verde de los tratamientos y se tiene los siguientes resultados:

Cuadro 16. Rendimiento por hectárea de peso de vaina verde de haba (kg/ha).

Tratamiento por ecotipos	Rendimiento (kg/ha)
GC TESTIGO	46514.3
GC 50%	74015.6
GC 100%	117687.1
GC 150%	79626
U TESTIGO	44077.9
U50%	51558.4
U100%	53123.2
U150%	106836.4
H TESTIGO	63719.5
H 50%	69615.6
H 100%	84831.2
H 150%	156161.7

Fuente: Elaboración propia 2013

Según los resultados del cuadro 16, indican rendimientos más elevados en kg/ha de vaina verde. Que concuerda con los diferentes autores antes mencionados reportando aspectos genéticos, el medio y la fertilización, ayuda a incrementar los rendimientos en los cultivos. En este caso también se puede aseverar que la concentración de *Rhizobium* puede influir en el mismo.

El tratamiento con la concentración *Rhizobium* de 150%, del ecotipo Habilla, es el que permitió un mayor rendimiento, 156161.7 kg/ha, seguido por la Gigante Copacabana con la concentración de *Rhizobium* 100% alcanzando el rendimiento 117687.1 kg/ha y Usnayo con la concentración de *Rhizobium* 150% alcanzo 106836.4 kg/ha, registrándose menores pérdidas en comparación a los otros tratamientos de estos ecotipos; en cambio el testigo mas alto registró un rendimiento de 136289 kg/ha del ecotipo Habilla, el ecotipo Gigante Copacabana alcanzo un rendimiento testigo de 63719.5 kg/ha.

La influencia del *Rhizobium leguminosarum* en los resultados del cuadro 15, por ello podemos determinar que el cultivos de las leguminosas no requieren fertilización química de nitrógeno en demasía para que se incremente su contenido en rendimiento, el

Rhizobium contribuye además al enriquecimiento del suelo en nitrógeno, que puede ser aprovechado por cultivos asociados o por las plantaciones posteriores en una rotación de cultivos (Urzúa, 2005).

4.1.18 Rendimientos promedio de semilla seca de haba por hectárea.

Una vez concluido el experimento se realizaron los cálculos parciales del rendimiento de los tratamientos y se tiene los siguientes resultados:

Cuadro 17. Rendimiento por hectárea de peso de semilla de haba seco (kg/ha).

Tratamiento por ecotipos	Rendimiento (kg/ha)
GC TESTIGO	3111.7
GC 50%	3288.3
GC 100%	4197.4
GC 150%	3142.9
U TESTIGO	3288.3
U50%	4145.4
U100%	4275.3
U150%	5142.9
H TESTIGO	3028.6
H 50%	3740.3
H 100%	4301.3
H 150%	5511.7

Fuente: Elaboración propia 2013

Se observa en el cuadro 17, que el ecotipo Habilla es el mejor tratamiento con la concentración de *Rhizobium* al 150%. Seguido del ecotipo Usnayo y Gigante Copacabana los mejores resultados se obtuvieron con las concentraciones de 150% y 100% de *Rhizobium*.

El tratamiento con la concentración de *Rhizobium* de 150%, del ecotipo Habilla, es el que obtuvo un mayor rendimiento, 5511.7 kg/ha, seguido Usnayo con la concentración *Rhizobium* 150% alcanzando el rendimiento 5142.9 kg/ha y Gigante Copacabana con la concentración *Rhizobium* de 100%, alcanzo 4197.4 kg/ha, registrándose menores pérdidas en comparación a los otros tratamientos de estos ecotipos; en cambio el testigo mas alto registró un rendimiento de 3288.3 kg/ha del ecotipo Usnayo, el ecotipo Gigante Copacabana alcanzo un rendimiento testigo de 3111.7 kg/ha y el ecotipo Habilla tubo un rendimiento testigo de 3028.6 kg/ha.

En los resultados obtenidos se puede aseverar, que en el peso obtenido en los diferentes tratamientos fue efecto de la concentración de *Rhizobium* inoculado en la semilla de haba durante la siembra. Al incremento en el peso de la semilla se puede relacionar con la influencia del *Rhizobium* dice Rodríguez, (1991).

4.1.19 La influencia de la inoculación de *Rhizobium* en el haba

- **Dosis adecuada de inoculación de *Rhizobium***

Los resultados obtenidos, la concentración adecuada de inoculación de semilla de haba en los ecotipos estudiados, puede ser el siguiente: para el eco tipo Gigante Copacabana se puede utilizar la concentración de 100% de *Rhizobium*. Para el ecotipo Usnayo y Habilla 150% de concentración de *Rhizobium*. A pesar del mismo la inoculación de *Rhizobium* en la semilla de haba, por los resultados obtenidos se puede ver que tiene un efecto positivo en los ecotipos estudiados.

Según (Carrera *et al.*, 2004) los experimentos realizados con *Rhizobium leguminosarum* en haba demostró el incrementó significativo en el contenido de nitrógeno y que beneficiaría a los cultivos siguientes en ese suelo.

- **Influencia del tamaño de nódulo de *Rhizobium***

Los resultados del experimento, demuestran que el tamaño del *Rhizobium* tiene influencia en el cultivo de haba y por ende en los ecotipos estudiados.

A mayor tamaño de nódulos de *Rhizobium*, mayor asimilación de N por lo tanto puede existir más macollos y si hay más macollos habrá mayor numero de vainas de haba.

La asociación mutualista de *Rhizobium* y leguminosas ha sido desde siempre la más estudiada por la importancia agronómica, económica y social que tiene el cultivo de estas plantas a escala mundial. Ambos son capaces de vivir independientemente, sin embargo, los dos se benefician mutuamente de la interacción que se caracteriza por la formación de nódulos fijadores de nitrógeno, que en la mayoría de las leguminosas, se forman en la raíz. Los nódulos son órganos especializados que se desarrollan como resultado de la interacción *Rhizobium* y de las plantas (Gibson, 2008).

- **La influencia del nódulo en la fijación de N**

En los resultados obtenidos y el comportamiento de los ecotipos estudiados en el campo, se observó que todos los nódulos de *Rhizobium* participan en la fijación de nitrógeno y que además estos se formaban por la relación de *Rhizobium* y planta.

Se observó, en los tratamientos testigos de los ecotipos estudiados: gigante Copacabana, usnayo y habilla, que la altura de planta, macollos, floración y vainas eran mínimas a comparación de los tratamientos con *Rhizobium*. Al momento de tomarlas nuestras de sustrato de las macetas se observó, que el contenido de número de *Rhizobium*, no pasa los 112 a comparación los que tienen más 300 *Rhizobium* por planta con tratamiento. Y el tamaño de *Rhizobium* son pequeñas a comparación de los tratamientos con dosis de *Rhizobium* que alcanzaron 3.1 cm y peso 8.7g.

La fijación biológica de nitrógeno supone más del 60% de la fijación del nitrógeno en la tierra y los microorganismos que llevan a cabo este proceso se denominan diazótrofos (Lloret *et al.*, 2004).

- **El efecto del cambio climático en el *Rhizobium***

En la zona de estudio (campo), se observó que el cambio climático tiene influencia en el desarrollo de *Rhizobium*. Esta se manifiesta en la planta huésped de la siguiente manera: la altura de planta, macollos, floración y vainas no alcanzan su máximo. Por que la relación existente entre *Rhizobium* y planta se rompe, no permitiendo el intercambio de N_2 , N_3 y nutrientes hacia el *Rhizobium* y por lo tanto es pobre su rendimiento como lo demuestran los resultados obtenidos en los testigos (cuadro 15 y 16).

En las leguminosas la infección se produce a través de pelos radicales se induce una deformación de los mismos que origina un cambio en la dirección del crecimiento, produciéndose en el extremo apical la morfología típica denominada “cayado de pastor”, de modo que algunas de las bacterias quedan recluidas en el interior de la curvatura de la misma. Estas bacterias inducen una degradación local de la pared celular de la planta (Mateos *et al.*, 2001), la membrana plasmática se invagina y los *Rhizobium* entran en su interior.

Para que tenga lugar la reducción de N_2 , el ambiente del simbiosoma debe ser microaerobio, puesto que la nitrogenasa es muy sensible a la oxidación por O_2 (Zehr *et*

al., 1993) pero este proceso no se realiza por lo cual el cambio climático es negativo la infección se rompe y esta se manifiesta en la disminución de rendimiento del cultivo de haba.

- **La transformación del nódulo de *Rhizobium***

Según lo observado en la parcela el *Rhizobium* cuando alcanza un tamaño de 6 a 8 mm tienden a fusionarse con otro *Rhizobium* formando así, *Rhizobium* de 1.5 a 3.7 cm. Cuando se realiza la cosecha de *Rhizobium* estas tienden a volver a su estado natural como al momento de la inoculación.

La eficiencia de la fijación de nitrógeno es relativamente baja en el caso de los fijadores libres ya que el nitrógeno fijado es posteriormente metabolizado y eliminado por desnitrificación y lavado (Olivares, 2004).

- **La influencia agrícola del *Rhizobium***

Las observaciones realizadas en la parcela y el comportamiento de los ecotipos estudiados: gigante Copacabana, usnayo y habilla. El *Rhizobium* tuvo una influencia directa en el rendimiento los ecotipos.

Por ello determinados cultivos de leguminosas no requieren fertilización nitrogenada para que se incremente su contenido en proteínas, contribuyendo además al enriquecimiento del suelo en nitrógeno, que puede ser aprovechado por cultivos asociados o por las plantaciones posteriores en una rotación de cultivos (Urzúa, 2005).

La planta aporta esqueletos carbonados para el metabolismo del bacteroide a través de floema y, por su parte, el bacteroide aporta amonio en forma de diferentes aminoácidos a la planta (Lodwig y Poole, 2003).

4.1.20 Evaluación de los costos parciales.

Los resultados obtenidos por el estudio corresponden a un trabajo preliminar por ello se realizó el cálculo de los costos parciales utilizando la formula de beneficio costo.

Los costos parciales de realizaron por eco tipo, se puede observar que la aplicación de *Rhizobium* en la semilla de haba tiene un efecto muy alentador para la producción de semilla, duplicando prácticamente los rendimientos obtenidos por el testigo.

Análisis económico

Los resultados del análisis económico en el cálculo del beneficio neto y la relación Beneficio Costo (B/C), en base a los rendimientos y costos obtenidos, por tratamiento se observan en el Cuadro 18 y 19.

Cuadro 18. Costos parciales en fresco por ecotipos

Tratamiento por ecotipos	Beneficio neto Bs/ha	Relación B/C
GC TESTIGO	-71272.04	0.16
GC 50%	-13520.16	0.84
GC 100%	78124.50	1.92
GC 150%	-1744.97	0.98
U TESTIGO	-78880.35	0.07
U50%	-63608.21	0.25
U100%	-60415.25	0.28
U150%	49240.85	1.58
H TESTIGO	-57284.26	0.32
H 50%	-46966.47	0.44
H 100%	-20340.63	0.76
H 150%	104484.16	2.24

Fuente: Elaboración propia 2013

Los resultados obtenidos de la presente investigación son los siguientes: el análisis económico en términos de beneficio costo. Indica que el mayor rendimiento fue del tratamiento con la inoculación de *Rhizobium* 150% del ecotipo Habilla con 2.24 bs. Seguido del ecotipo Gigante Copacabana alcanzó un 1.92 bs. Con la inoculación de *Rhizobium* 100% y el ecotipo Usnayo con la inoculación de *Rhizobium* 150% alcanzo 1.58 bs.

Estos resultados indican que son económicamente rentables porque al invertir 1 boliviano se recuperan 2.24 bs con la inoculación de *Rhizobium* 150%, del ecotipo Habilla, seguido del ecotipo de Gigante Copacabana con la inoculación de *Rhizobium* 100%, que al invertir 1 boliviano se recuperan 1.92 bs. Y el ecotipo Usnayo con la inoculación de *Rhizobium* 150%, por cada boliviano se recuperan 1.58 bs.

El testigo mas alto fue el ecotipo Habilla con 0.32 ctv. El testigo del ecotipo Gigante Copacabana alcanzó un 0.16 ctv. Y el testigo ecotipo Usnayo tubo un 0.07 ctv. No son rentables en comparación a los tratamientos de *Rhizobium*, El beneficio costo de los testigos no es una actividad rentable.

Desde el punto de vista económico se puede observar que los ecotipos más rentables y donde se descubrió la dosis adecuada para los ecotipos estudiados son: habilla con la concentración 150%, Gigante Copacabana con la concentración 100%, y Usnayo con la concentración 150%.

También reportaron mayor beneficio neto en comparación a los testigo, aclarando que cuando se trabaja con una tecnología apropiada al alcance y necesidad del agricultor, se obtendrá mayor beneficio económico, cuadro 18.

Cuadro 19. Costos parciales en seco por ecotipos

Tratamiento por ecotipos	Beneficio neto Bs/ha	Relación B/C
GC TESTIGO	-73963.15	0.28
GC 50%	-20510.60	0.80
GC 100%	30396.51	1.30
GC 150%	-28659.65	0.72
U TESTIGO	-77975.66	0.24
U50%	1450.62	1.01
U100%	7904.81	1.08
U150%	51015.44	1.50
H TESTIGO	-98494.87	0.04
H 50%	-52640.06	0.49
H 100%	-29864.93	0.71
H 150%	19265.02	1.19

Fuente: Elaboración propia 2013

Los resultados obtenidos indican que el mayor rendimiento de relación beneficio costo fue la inoculación de *Rhizobium* 150%, del ecotipo Usnayo con 1.50 bs. Seguido del ecotipo Gigante Copacabana que alcanzó 1.30 bs. Con la inoculación de *Rhizobium* 100% y el ecotipo Habilla con la inoculación de *Rhizobium* 150% alcanzando 1.19 bs. Estos resultados indican que la inoculación de *Rhizobium* 150%, del ecotipo Usnayo, al invertir 1 boliviano se recuperan 1.50 bs. Seguido del ecotipo de Gigante Copacabana con la

inoculación de *rhizobium* 100%, invirtiendo 1 boliviano se recuperan 1.30 bs. Y el ecotipo Habilla con la inoculación 150%, por cada boliviano se recuperan 1.19 bs.

El testigo más alto fue el ecotipo Gigante Copacabana con 0.28, Usnayo alcanzó un 0.24 ctv. Y el ecotipo Habilla tubo un 0.04 ctvs. Los testigos no son una actividad rentable ya que por cada boliviano se gana 0.28 a 0.04 ctvs.

Desde el punto de vista económico se puede observar que los ecotipos más rentables fueron Usnayo con la concentración de *Rhizobium* 150%, Gigante Copacabana con la concentración de *Rhizobium* 100%, y Habilla con la concentración de *rhizobium* 150%, donde se descubrió la dosis adecuada para los ecotipos estudiados.

También reportaron mayor beneficio neto en comparación a los testigos, aclarando que cuando se trabaja con una tecnología apropiada al alcance y necesidad del agricultor, se obtendrá mayor beneficio económico, cuadro 19.

5. CONCLUSIONES

Una vez analizados los resultados de la investigación se llegaron a las siguientes conclusiones:

- Según el análisis del porcentaje de germinación de los ecotipos de haba se observó que la mayor parte del material genético tenía un porcentaje de germinación superior al 90%. El ecotipo Habilla presentó un 100% de germinación en la interacción eco tipo – concentraciones de *Rhizobium*.
- Respecto a la fenología de los ecotipos estudiados no se observó mayores diferencias, los promedios fueron en la emergencia a los 47 días, la floración a los 148 días, formación de vainas a 167 días y la madurez fisiológica a los 184 días.
- Respecto a las variables agronómicas evaluadas se observó que el efecto de los ecotipos, la concentración de *Rhizobium* y la interacción fueron altamente significativos.
- Respecto a la altura de planta se observó en el experimento que existe un efecto directo de los ecotipos y las concentraciones de *Rhizobium* sobre el crecimiento a la concentración de 100 y 150% de *Rhizobium*, se obtuvieron mayores alturas de planta en los ecotipos estudiados. En el caso del eco tipo Gigante Copacabana y Usnayo fueron los ecotipos que más desarrollaron respecto a los testigos de los ecotipos estudiados, los cuales no tenían el inóculo.
- En relación al número de macollos también existen diferencias significativas entre los tratamientos existiendo un efecto positivo en las concentraciones de *Rhizobium*. El mayor número de macollos se encontró en el eco tipo Habilla a 100 y 150% de concentración de *Rhizobium*.
- Evaluado el número de flores también se observaron diferencias significativas en los tratamientos estudiados en la investigación, el mayor número de flores se encontró en el eco tipo Habilla a 150% de concentración de *Rhizobium*.
- Respecto al número de vainas por efecto de los tratamientos también se observó un efecto positivo de las interacciones entre el eco tipo y las concentraciones de *Rhizobium* a 50, 100 y 150% de concentración de *Rhizobium*, encontrando mayor número de vainas respecto a los testigos.
- Evaluado el peso de vaina en fresco y seco de los ecotipos de haba, se vio que los mayores pesos se dan a concentraciones de *Rhizobium* de 100 y 150%.

- Respecto a la longitud de vaina se observó también que existen diferencias significativas por efecto de la interacción de los tratamientos. Las mayores longitudes de vaina se presentaron a 100 y 150% de concentración de *Rhizobium*.
- En relación al largo de la raíz también existen diferencias altamente significativas por efecto de la interacción eco tipo, concentración de *Rhizobium*. La mayor longitud de raíz se observó en el eco tipo Gigante Copacabana, (50% 27.2, 100% 61.3 y 150% 43.7 cm) seguido de Usnayo, (50% 27.8, 100% 27.9 y 150% 55.2cm), y Habilla, (50% 34.3, 100% 33.8 y 150% 49 cm).
- Respecto al número de nódulos de *Rhizobium* también se observó que existen diferencias altamente significativas en la interacción del eco tipo y las concentraciones de *Rhizobium*. El eco tipo Usnayo mayor número de nódulos de *Rhizobium*.
- En relación al peso de nódulos de *Rhizobium* también se observó diferencias altamente significativas en las concentraciones de 100 y 150% donde se obtuvo los mayores pesos de los nódulos de *Rhizobium* en los tres ecotipos.
- Respecto al peso seco de las semillas se obtuvieron también diferencias altamente significativas entre los tratamientos estudiados. En el caso del eco tipo Habilla y Usnayo obtuvieron los mayores pesos de semilla seca a 150% de concentración de *Rhizobium*. Mientras que en el eco tipo Gigante Copacabana a 100% de concentración se obtuvieron el mayor peso de semilla seca.
- Respecto al peso de 100 semillas de haba el promedio favorece a las concentraciones de *Rhizobium* a 50, 100 y 150% obteniendo los mayores pesos.
- Las concentraciones óptimas de inoculación de *Rhizobium* en semillas de haba es 100% para el eco tipo Gigante Copacabana y 150% para los ecotipos Usnayo y Habilla.
- Los ecotipos más rentables en términos de beneficio costo en fresco son: el ecotipo Habilla con la inoculación de *Rhizobium* 150% con 2.24 Bs. Seguido del ecotipo Gigante Copacabana alcanzando 1.92 Bs. Con la inoculación de *Rhizobium* 100% y el ecotipo Usnayo con la inoculación de *Rhizobium* 150% alcanzo 1.58 Bs.
- El mayor rendimiento de relación beneficio costo en grano seco fue: la inoculación de *Rhizobium* 150%, del ecotipo Usnayo con 1.50 Bs. Seguido del ecotipo Gigante Copacabana alcanzando 1.30 Bs. Con la inoculación de *Rhizobium* 100% y el ecotipo Habilla con la inoculación de *Rhizobium* 150% alcanzo 1.19 Bs.

6. RECOMENDACIONES

Una vez presentado las conclusiones de la investigación y por los resultados encontrados se recomienda lo siguiente:

- Realizar la investigación en mayores superficies de terreno al que se realizó en la investigación ya que según los resultados obtenidos existe un incremento interesante en los rendimientos de peso de semilla por efecto de los tratamientos investigados.
- Estudiar el efecto de las concentraciones de *Rhizobium* en otras leguminosas como ser Tarwi, arveja y otros.
- Realizar estudios a nivel de fisiología de la planta de haba sobre el efecto del *Rhizobium* en sus respuestas morfológicas del cultivo.
- Determinar el efecto de las concentraciones de *Rhizobium* en diferentes densidades de siembra del cultivo.
- Realizar estudios respecto a la inoculación del *Rhizobium* en la inoculación del mismo en las semillas de leguminosas.
- Aplicar los resultados obtenidos en cuanto al efecto de las concentraciones de *Rhizobium* en condiciones de campo abierto en parcelas que permitan valorar el real efecto del *Rhizobium* en los ecotipos de haba estudiados y otros.
- Realizar más estudios de la temperatura adecuada del *Rhizobium* en el altiplano con el cultivo de haba, para mejorar la producción y rendimientos en campo.

7. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

- AGUNG, S., MCDONALD, G. K. 1998. Effect of seed size and maturity on the growth and yield of faba bean (*Vicia faba* L.). Australian Journal of Agricultural Research, 49: pp. 79 - 88.
- ALEXANDER, M., 1980. Introducción a la Microbiología del suelo. John Wiley Sons. New York. pp: 136-150.
- BREWIN, N., 1991. Development of the Legume Root Nodule Journal: Annual Review of Cell and Developmental Biology - ANNU REV CELL DEV BIOL, vol. 7, no. 1, pp. 191-226.
- CARRERA, M., SÁNCHEZ-YÁÑEZ, J. M. y J. J. PEÑA-CABRIALES. 2004. Nodulación natural en leguminosas silvestres del Estado de Nuevo León (en preparación).
- CALVERT, 1984; DUDLEY 1987. Fijación biológica del Rhizobium. Consultado el 18 de Abril del 2011. Disponible en: http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/bolarios/Investigacion/fijacionN.htm
- CIMMYT, 1988. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos, Manual Metodológico de Evaluación Económica D.F. CIMMYT México. pp– 38.
- CONFALONE, A., 2008. Crecimiento y desarrollo del cultivo del haba (*Vicia faba* L.). Parametrización del submodelo de fenología de cropgro-fababean. Tese deDoutoramento. Escola politecnica superior. Universidad Santiago deCompostela. 175 p.
- COCA - MORANTE, M., 2007. MANCHAS FOLIARES del haba (*Vicia faba* L.). Facultad de Ciencias Agrícolas, Pecuarias, Forestales y Veterinarias Dr. "Martín Cárdenas". Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia. 4pp.
- CUBERO, J., 1992. Las habas. I Jornadas Técnicas sobre Leguminosas de Grano. Palencia, p. 241-249.
- DUC, G., 1997. Faba bean (*Vicia faba* L.). Field Crops Research 56: 99-109.

- DREVON, J., ABDELLY, C., AMARGER, N., AOUANI, E. A., AURAG, J., GHERBI, H., JEBARA, M., LLUCH, C., PAYRE, H., SCHUMP, O., SOUSSI, M., SIFI, B. y TRABELSI, M. (2001). An interdisciplinary research strategy to improve symbiotic nitrogen fixation and yield of common bean (*Phaseolus vulgaris*) in salinised areas of the Mediterranean basin. *J Biotechnol* 91, 257- 268.
- ESSALMANI, H., y LAHLOU H. 2003. Mécanismes de bioprotection des plantes de lentille par *Rhizobium leguminosarum* contre *Fusarium oxysporum* sp. *Lentis*. *C.R. Biologies*. 326: pp. 1163-1173.
- EVANS, L., 1983 *Fisiología de los cultivos*. Ed. Hemisferio sur S.A. Buenos Aires, Argentina. 401 p.
- FAO, 1995. Manual técnico de la fijación del nitrógeno. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. pp: 10-35.
- FAO, 2006. Statistical Yearbook 2005-2006. [On line] Available at: http://www.fao.org/statistics/yearbook/vol_1_1/index.asp (verified 11 Jul. 2008).
- FRANK, B., 1889. Ueber die pilzsymbiose der Leguminosen. *Ber.Dtsch. Bot. Ges.* 7:332-346.
- GARDNER, F., PEARCE, R., MITCHELL, R. 1985. *Physiology of Crop Plants*. Ames IA: Iowa State University Press. 312p.
- GIBSON, K., KOBAYASHI, H., WALKER, G.C. 2008. Molecular Determinants of a Symbiotic Chronic Infection. *Ann Rev Gen* 42, 413-441.
- GRAY, J., ROLFE B. G. 1990. Molecular Microbiology. Exopolysaccharide production in *Rhizobium* and its role in invasión. Volume 4, Issue 9. Pages 1419–1613.
- GUBBINS, X., 2005. Efecto de distintas distancias sobre hilera en tres cultivares de haba (*Vicia faba* L.). Memoria de título Ingeniero Agrónomo, Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 32 p.

- GOYOAGA, C., 2005. Estudio de factores no nutritivos en "*Vicia faba* L.": Influencia de la germinación sobre su valor nutritivo. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. Facultad de farmacia. 270 p.
- HIGUITA, F., 1969. Aspectos del cultivo de las habas en Colombia. Revista agricultura tropical (Colombia) v. 25 nº 9. 527- 577 p.
- HIRSCH, A. M. 1992. Developmental biology of legume nodulation. *New Phytologist*, 122: 211–237p.
- HORRQUE, F., 1990. Cultivo de haba. Difusión técnica. Lima, Perú. 66p.
- HUNGRÍA, M., VARGAS, M.A.T. 2000 Environmental factors affecting N₂ fixation in grain legumes in the tropics with an emphasis on Brazil. *Field Crops Res* 65, 151-164.
- IBTA, (1996) Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria, Programa de Leguminosa de grano, Cochabamba, Bolivia.
- INSTITUTO BOLIVIANO DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA. 1996 Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria, Programa de Leguminosa de grano, Cochabamba, Bolivia.
- INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGROPECUARIA Y FORESTAL. 2009. Mejoramiento de variedades agrícolas. Dirección Nacional de Investigación.
- INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGROPECUARIA Y FORESTAL. 2010. Manual de Cultivo de la haba. Dirección Nacional de Investigación.
- INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGROPECUARIA Y FORESTAL. 2011. Informe Anual de Resultados 2010. Semilla de calidad, cultivos, variedades, superficies y volúmenes. Dirección Nacional de Semillas.
- JICA, 2006 El haba Manual de producción. Publicación (Agencia de Cooperación Internacional de Japón) Bolivia.
- KEATINGE, J., WHEELER, T.R., ELLIS, R.H, SUMMERFIELD R.J. 1998. Effects of temperature and photoperiod on phenology as a guide to the selection of annual legume cover and green manure crops for hillside farming systems. *Field Crops Research*, 57: 139-152.

- LEPORT, L., TURNER, N.C., FRENCH, R. J., THOMSON, B. D. 1998. Water relations, gas exchange and growth of cool-season grain legumes in a Mediterranean-type environment. *European Journal of Agronomy*, 9: pp. 295-203.
- LEWIS, G., SCHRIRE, B, MACKINDER, B. y LOCK, M. 2005. *Legumes of the World*. Royal Botanic Gardens. Kew, UK.
- LODWIG, E., y POOLE, P. 2003. Metabolism of Rhizobium bacteroids. *Crit Rev Plant Sci* 22, 37- 38.
- LOOMIS, R., 1983. Crop manipulations for efficient use of water: an overview, En: Taylor, H.M., Jordan, W.R., Sinclair, T.R. (eds.). *Limitations to efficient water use in crop production*. American Society of Agronomy, Inc. p. 345-347.
- LOSS, S., SIDDIQUE, K.H.M. 1997. Adaptation of faba bean (*Vicia faba* L.) to dryland Mediterranean-type environments. I. Seed yield and yield components. *Field Crops research*, 52: 17-28.
- LÓPEZ-BELLIDO, F., LÓPEZ-BELLIDO AND R.J. LÓPEZ-BELLIDO. 2005. Competition, growth and yield of faba bean (*Vicia faba* L). *Europ. J. Agronomy* 23: 359–378.
- LÓPEZ, R. C. y GONZÁLEZ, L. M. 2000. Tolerancia al estrés salino de cepas de Rhizobium aisladas en suelos afectados por la salinidad en el Valle del Cauto. XII Seminario Científico, Programa y Resúmenes. 14–17 noviembre. La Habana. INCA: 116.
- LLORET, L., y MARTÍNEZ-ROMERO, E. 2005. Evolución y filogenia de Rhizobium. *Revista Latinoamericana de Microbiología* 47, 43 - 60.
- MACA, 1985-2005. El cultivo de haba Boletín técnico Dirección Agrícola Forestal diciembre La Paz, Bolivia 28 p.
- MADIGAN, M., 2000. *Biología de los Microorganismos* décima edición Ed. Pearson.
- MARISCAL, E., 2000 Producción de semilla certificada de haba en la región de Potosí (Comunicación personal escrita).

- MATEOS, P., BAKER DL, PETERSEN M. 2001. Erosion of rootepidermal cell walls by Rhizobium polysaccharide-degradingenzymes as related to primary host infection in the Rhizobium–legume symbiosis. *Can J Microbiol*47: 475–487.
- MERA, M., 1999 a. Leguminosas de grano de las tribus Vicieae y Cicereae. Facultad de ciencias agropecuarias y forestales. Universidad de la Frontera, 15 (1) pp: 1-35.
- MERA, M., 1999 B. Leguminosas de grano de las tribus Vicieae y Cicereae. Facultad de ciencias agropecuarias y forestales. Universidad de la Frontera, 16 (1) pp: 31-40.
- MINISTERIO DE DESARROLLO RURAL y TIERRAS. 2010. Información consultada el 10-08-11 en la página de internet
- MILAN, M., MOREIRA A., PAZ A. y SARAVIA E. 2011. El Cultivo de haba en Bolivia. Página Webb de la Fundación PREDUZA. Información consultada en la página de internet http://www.preduza.org/le1_4.htm.
- MOKATE, K., 2007. Evaluación financiera de proyectos de inversión, 1ra. Reimpresión. Ediciones Uniandes, facultad de economía, Alfa omega, p.295.
- MWANAMWENGE, J., LOSS, S.P., SIDDIQUE, K.H.M., COCKS, P.S. 1999. Effect of water stress during floral initiation, flowering and podding on the growth and yield of faba bean (*Vicia faba* L.)*European Journal of Agronomy*, 11: pp. 1-11.
- NACHI, N., LE GUEN, J. 1996. Dry matter accumulation and seed yield in faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes. *Agronomie*, 16: 47-59.
- NADAL, S., MORENO, y J.I. CUBERO. 2004 B. Registration of “Retaca” Faba Bean. *CropScience* 44: 1865.
- NEWTON, W., FISHER, K. 2002 nitrogen fixation - a general overview in nitrogen fixation at the millenium.G. Jeffery leigh. Editor. Elsevier publications. p. 1 – 34.
- OCHOA, R., 2007. Diseños Experimentales. 1ra edición. La Paz Bolivia, 299 p.
- OLIVARES, J., 2004. Fijación Biológica de Nitrógeno. Granada (España): Estación Esperimental del Zaidín.

- ORELLANA, A., DE LA CADENA, J. 1985. El cultivo del haba. Manual para el Capacitador. Unidad de Capacitación Leguminosas. Documento No 1. Ministerio de Agricultura y Ganadería. INCCA. Quito, Ec. 174 p.
- PAERL, H., 1998. Microbially mediated nitrogen cycling. En *Techniques in Microbial Ecology*, pp. 3-30. Edited by R. S. Burlage, Atlas, R., Stahl, D., Geesey, G. New York (USA): Oxford University Press.
- PERRINE, F., ROLFE B., HYNES M. y HOCART C. 2004. Gas chromatography-mass spectrometry analysis of indolacetic acid and tryptophan following aqueous chloroformate derivatisation of *Rhizobium* exudates. *Plant Physiology and Biochemistry*. 42: pp. 723-729.
- PILBEAM, C., HEBBELETHWAITE, P.D., NYONGESA, T.E., RICKETTS, H.E. 1991. Effects of plant population density on determinate and indeterminate field beans (*Vicia faba*). *Journal of Agricultural Science*, 114: 339-352.
- RAYMOND, J., SIEFERT, C.R. STAPLES y R.E. BLANKENSHIP. 2004. The natural history of nitrogen fixation. *Mol. Biol. Evol.* 21: 541–55-554
- REES, R., RICHARDS, R., FARIS, F. 2000. World and regional trade: quantity versus quality. En: Knight, R. (ed). *Linking research and marketing opportunities for pulses in the 21st century*. Kluwer Academic Publishers: Dordrecht, The Netherlands. p. 143-154.
- RODAS, A., 2006. Artículo: Porqué el Fósforo es importante para el desarrollo de las raíces (en línea). Chile. Consultado el 21 de marzo del 2012. Disponible en: <http://www.engormix.com/MA-agricultura/maiz/articulos/porque-fosforo-importante-desarrollo-t1021/417-p0.htm>.
- RODELAS, B., González-López, J., Salmerón, V., Pozo, C., Martínez-Toledo, M.V. 1996. Enhancement of nodulation, N²-fixation and growth of faba bean (*Vicia faba* L.) 74 by combined inoculation with *Rhizobium leguminosarum* bv. *Viciae* and *Azospirillum brasilense*. *Symbiosis* 21: 175–186.
- RODRIGUEZ, M., 1991 *Fisiología vegetal*. Ed. Los amigos de libro Cochabamba, Bolivia. 412 p.

- SAENZ, P., 1998-2007 Chaco República Argentina Fac. de Agroindustrias, Universidad Nacional del Nordeste. Hipertextos del Área de la Biología Consultas y sugerencias a los autores lito3400@yahoo.com y ana@unne.edu.ar
- SÁNCHEZ-YÁÑEZ, J., 1997. Producción de inoculantes para leguminosas y gramíneas. Coordinación de la Investigación Científica. Instituto de Investigaciones Químico - Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Proyecto 2.7. Reporte técnico.
- SAXENA, M., HAWTIN, G.C., EL-IBRAHIM, H. 1981. Aspects of faba bean ideotypes for drier conditions. In. 'Vicia faba: Physiology and Breeding'. (Ed. R.Thompson). Martinus Nijhof Publishers, The Hague, The Netherlands, p.210-231.
- SESSITCH, A., HOWIESON, J. G., PERRET, X., ANTOUN, H. y MARTÍNEZ-ROMERO, E. 2002. Advances in Rhizobium research. Crit Rev Plant Sci 21, 323-378.
- SUMMERFIELD, R., ELLIS, R. H., ROBERTS, E. H., QI, A. 1991. Measurement, prediction and genetic characterisation of flowering in *Vicia faba* and *Pisum sativum*. Aspects of Applied Biology, 27: pp. 253-261.
- SUQUILANDA, M., 1984. Cultivos asociados en el Ecuador: una experiencia. IV Congreso Internacional de Cultivos Andinos. Centro Regional de Investigaciones, Obonuco, Pasto, ICA, Co. 79-80 p.
- TAMEZ, G., y PEÑA-CABRIALES. 1989. Estudio sobre la simbiosis Rhizobium-jicama (*Pachyrhizus erosus*, Urbam) II Reunión Nacional de la Fijación Biológica de N². Guadalajara, Jalisco (Memorias).
- SPRENT, J., 2002. Nodulation in legumes. Royal Botanic Gardens, Kew, RU.
- STRASBURGER et al. 1974 Tratado de botánica 6ta Ed. Barcelona, España. 673 p.
- TURPIN, J., ROBERTSON, M. J., HILLCOAT, N. S., HERRIDGE, D. F. 2002. Fababean (*Vicia faba*) in Australia's northern grains belt: canopy development, biomass, and nitrogen accumulation and partitioning. Australian Journal of Agricultural Research, 53: pp. 227-237.

URZÚA, H., 2005. Beneficios de la Fijación Simbiótica de Nitrógeno en Chile. *Cien Inv Agr* 32, 133-150.

VALVERDE, A., IGUAL, J. M., PEIX, A., CERVANTES, E. y VELÁZQUEZ, E. 2006. *Rhizobium lusitanum* sp. nov. a bacterium that nodulates *Phaseolus vulgaris*. *Int J Syst Evol Microbiol* 56, 2631-2637.

VANDERLEYDEN, J., y R. PIETERNEL. 1995. The Rhizobium-Plant symbiosis. *Microbiol Rev.* 59: pp. 124-142.

VILLAVICENCIO, A., VÁSQUEZ, W. 2008. Guía técnica de cultivos. Manual No 73. INIAP-MAGAP, Ec.

ZEHR, J., WYMAN, M., MILLER, V., DUGUAY, L. y CAPONE, D. G. 1993 .Modification of the Fe Protein of Nitrogenase in Natural Populations of *Trichodesmium thiebautii*. *Appl Environ Microbiol* 59, 669-676.

<http://www.agroboivia.gob.bo/sispam/php/agricola.php>.

8. ANEXOS

Anexo 1. Características del *Rhizobium* (*Rhizobium leguminosarum* bv. *vicia*)

	ETAPAS DEL RHIZOBIUM	AL INICIO DEL RHIZOBIUM	COSECHA DEL RHIZOBIUM
	Inicio	Tiene una forma esférica de color blanco	Los <i>Rhizobium</i> tienden a nodular y ser como un anillo en la raíz de la planta, son muy frágiles y tienden a caerse le las raíces.
	Intermedio	Tiene la forma del talón de gato, plana de color palo rosa con pecas de color marón.	
	Final	Tienden a formar un conjunto de <i>Rhizobium</i> en forma esférica color palo rosa con grandes manchas de color café.	

Anexo 2. Características del *Rhizobium* nativo

	ETAPAS DEL RHIZOBIUM	AL INICIO DEL RHIZOBIUM	COSECHA DEL RHIZOBIUM
	Inicio	Tiene una forma esférica de color blanco	Los <i>Rhizobium</i> tienden a nodular y ser como un anillo en la raíz de la planta, son muy frágiles y tienden a caerse le las raíces.
	Intermedio	Es forma ovoide, color palo rosa con pecas de color marón.	
	Final	Tienden a formarse como una Y, color palo rosa con grandes manchas de color café en la parte posterior de la Y.	

Anexo 3. Costos de la producción de haba en vaina verde

Tratamiento por ecotipos	Rend. (kg/ha)	Rend dañado	Rend. ajustado	Precio por @ (Bs)	Ingresos bs/ha	Costos de cult. (Bs)	Costo total ha en (Bs)	Beneficio neto Bs/ha	Relación B/C
GC									
TESTIGO	46514	13954	32560	36	13204,00	1022,16	84476,03	-71272,04	0,16
GC 50%	74016	22205	51811	36	70956,30	1022,17	84476,46	-13520,16	0,84
GC 100%	117657	35297	82360	36	162602,21	1022,18	84477,70	78124,50	1,92
GC 150%	79626	23888	55738	36	82734,82	1022,21	84479,78	-1744,97	0,98
U									
TESTIGO	44078	13223	30855	35	5556,02	1021,68	84436,36	-78880,35	0,07
U 50%	51558	15468	36091	35	20828,43	1021,68	84436,64	-63608,21	0,25
U 100%	53123	15937	37186	35	24022,31	1021,69	84437,56	-60415,25	0,28
U 150%	106836	32051	74785	35	133682,58	1021,75	84441,74	49240,85	1,58
H									
TESTIGO	63720	19116	44604	30	27112,43	1021,20	84396,69	-57284,26	0,32
H 50%	69616	20885	48731	30	37430,42	1021,20	84396,88	-46966,47	0,44
H 100%	84831	25449	59382	30	64056,98	1021,21	84397,62	-20340,63	0,76
H 150%	156161	46848	109313	30	188882,96	1021,23	84398,79	104484,16	2,24

Anexo 4. Costos de la producción de haba en semilla seco

Tratamiento por ecotipos	Rend. (kg/ha)	Rend dañado	Rend. ajustado	Precio por kg (Bs)	Ingresos Bs/ha	Costos del cult. (Bs)	costo total ha en (Bs)	Beneficio neto Bs/ha	Relación B/C
GC									
TESTIGO	3112	934	2178	60	28364,13	1238,16	102327,27	-73963,15	0,28
GC 50%	3288	986	2302	80	81817,10	1238,17	102327,70	-20510,60	0,80
GC 100%	4197	1259	2938	80	132725,46	1238,18	102328,94	30396,51	1,30
GC 150%	3143	943	2200	80	73671,38	1238,21	102331,02	-28659,65	0,72
U									
TESTIGO	3288	986	2302	55	24311,95	1237,68	102287,60	-77975,66	0,24
U50%	4145	1244	2902	71	103738,50	1237,68	102287,88	1450,62	1,01
U100%	4275	1283	2993	71	110193,61	1237,69	102288,80	7904,81	1,08
U150%	5143	1543	3600	71	153308,78	1237,75	102293,35	51015,44	1,50
H									
TESTIGO	3029	909	2120	50	3753,07	1237,20	102247,93	-98494,87	0,04
H 50%	3740	1122	2618	58	49608,06	1237,20	102248,12	-52640,06	0,49
H 100%	4301	1290	3011	58	72383,92	1237,21	102248,86	-29864,93	0,71
H 150%	5512	1654	3858	58	121520,02	1237,29	102255,00	19265,02	1,19

Anexo 5. Análisis de la producción orgánica de haba (verde) Gigante Copacabana

RUBROS	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (Bs)	VALOR TOTAL (Bs)
A. COSTOS DIRECTOS				
1. PREPARACIÓN DEL SUELO				
Herramientas				
• Arada y mullido	jornal	2	20	40
• Sernido	jornal	2	20	40
• Llenado de macetas	jornal	2	20	40
Subtotal				120
2. MANO DE OBRA				
• Aplicación de <i>Rhizobium</i>	jornal	2	20	40
• Aplicación de fitosanitarios	jornal	2	20	40
• Siembra	jornal	2	20	40
• Riego	jornal	50	5	250
• Deshierbas	jornal	12	10	120
• Cosecha	jornal	9	20	180
Subtotal				670
3. INSUMOS				
Semillas	gr	20	0.14	2.8
Inoculante				
<i>Rhizobium</i> = 0%	gr	0	0	0
Insecticidas y plaguicidas				
insecticida orgánico	lt	9	6	54
control biológico	unidad	50	0.1	5
Subtotal				61.8
Total Costos Directos				851.8
B. COSTOS INDIRECTOS				
Gastos generales	10 % A	0.1		85.18
Utilidades	10 % A	0.1		85.18
Total Costos Indirectos				170.36
COSTOS TOTALES GC=T				1022.16
DIFERENCIA POR INOCULACION DE RHIZOBIUM DEL MISMO ECOTIPO DE HABA				
COSTOS TOTALES GC = 50%				1022.16515
Inoculante <i>Rhizobium</i>	gr	0.165	0.026	0.00429
COSTOS TOTALES GC =100 %				1022.18022
Inoculante <i>Rhizobium</i>	gr	0.324	0.052	0,016848
COSTOS TOTALES GC =150%				1022.20538
Inoculante <i>Rhizobium</i>	gr	0.511	0.074	0.037814

Anexo 6. Análisis de la producción orgánica de haba (verde) Usnayo

RUBROS	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (Bs)	VALOR TOTAL (Bs)
A. COSTOS DIRECTOS				
1. PREPARACIÓN DEL SUELO				
Herramientas				
• Arada y mullido	jornal	2	20	40
• Cernido	jornal	2	20	40
• Llenado de macetas	jornal	2	20	40
Subtotal				120
2. MANO DE OBRA				
• Aplicación de <i>Rhizobium</i>	jornal	2	20	40
• Aplicación de fitosanitarios	jornal	2	20	40
• Siembra	jornal	2	20	40
• Riego	jornal	50	5	250
• Deshierbas	jornal	12	10	120
• Cosecha	jornal	9	20	180
Subtotal				670
3. INSUMOS				
Semillas	gr	20	0.12	2.4
Inoculante				
<i>Rhizobium</i>	gr	0	0	0
Insecticidas y plaguicidas				
insecticida orgánico	lt	9	6	54
control biológico	unidad	50	0.1	5
Subtotal				61.4
Total Costos Directos				851.4
B. COSTOS INDIRECTOS				
Gastos generales	10 % A	0.1		85.14
Utilidades	10 % A	0.1		85.14
Total Costos Indirectos				170.28
COSTOS TOTALES U =T				1021.68
DIFERENCIA POR INOCULACION DE RHIZOBIUM DEL MISMO ECOTIPO DE HABA				
COSTOS TOTALES U = 50%				1021.68334
Inoculante <i>Rhizobium</i>	gr	0.139	0.02	0.00278
COSTOS TOTALES U =100 %				1021.69447
Inoculante <i>Rhizobium</i>	gr	0.274	0.044	0.012056
COSTOS TOTALES U=150%				1021.71195
Inoculante <i>Rhizobium</i>	gr	0.416	0.064	0.026624

Anexo 7. Análisis de la producción orgánica de haba (verde) Habilla

RUBROS	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (Bs)	VALOR TOTAL (Bs)
A. COSTOS DIRECTOS				
1. PREPARACIÓN DEL SUELO				
Herramientas				
• Arada y mullido	jornal	2	20	40
• Cernido	jornal	2	20	40
• Llenado de macetas	jornal	2	20	40
Subtotal				120
2. MANO DE OBRA				
• Aplicación de <i>Rhizobium</i>	jornal	2	20	40
• Aplicación de fitosanitarios	jornal	2	20	40
• Siembra	jornal	2	20	40
• Riego	jornal	50	5	250
• Deshierbas	jornal	12	10	120
• Cosecha	jornal	9	20	180
Subtotal				670
3. INSUMOS				
Semillas	gr	20	0.1	2
Inoculante				
<i>Rhizobium</i>	gr	0	0	0
Insecticidas y plaguicidas				
insecticida orgánico	lt	9	6	54
control biológico	unidad	50	0.1	5
Subtotal				61
Total Costos Directos				851
B. COSTOS INDIRECTOS				
Gastos generales	10 % A	0.1		85.1
Utilidades	10 % A	0.1		85.1
Total Costos Indirectos				170.2
COSTOS TOTALES H=T				1021.2
DIFERENCIA POR INOCULACION DE RHIZOBIUM DEL MISMO ECOTIPO DE HABA				
COSTOS TOTALES H = 50%				1021.20228
Inoculante <i>Rhizobium</i>	gr	0.119	0.016	0.001904
COSTOS TOTALES H=100 %				1021.21117
Inoculante <i>Rhizobium</i>	gr	0.245	0.038	0.00931
COSTOS TOTALES H=150%				1021.2254
Inoculante <i>Rhizobium</i>	gr	0.365	0.058	0.02117

Anexo 8. Análisis de la producción orgánica de haba (seco) Gigante Copacabana

RUBROS	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (Bs)	VALOR TOTAL (Bs)
A. COSTOS DIRECTOS				
1. PREPARACIÓN DEL SUELO				
Herramientas				
• Arada y mullido	jornal	2	20	40
• Sernido	jornal	2	20	40
• Llenado de macetas	jornal	2	20	40
Subtotal				120
2. MANO DE OBRA				
• Aplicación de <i>Rhizobium</i>	jornal	2	20	40
• Aplicación de fitosanitarios	jornal	2	20	40
• Siembra	jornal	2	20	40
• Riego	jornal	50	5	250
• Deshierbas	jornal	12	10	120
• Cosecha	jornal	9	20	180
• Secado y trillado	jornal	9	20	180
Subtotal				850
3. INSUMOS				
Semillas	gr	20	0.14	2.8
Inoculante				
<i>Rhizobium</i>	gr	0	0	0
Insecticidas y plaguicidas				
insecticida orgánico	lt	9	6	54
control biológico	unidad	50	0.1	5
Subtotal				61.8
Total Costos Directos				1031.8
B. COSTOS INDIRECTOS				
Gastos generales	10 % A	0.1		103.18
Utilidades	10 % A	0.1		103.18
Total Costos Indirectos				206.36
COSTOS TOTALES GC=T				1238.16
DIFERENCIA POR INOCULACION DE RHIZOBIUM DEL MISMO ECOTIPO DE HABA				
COSTOS TOTALES GC = 50%				1238.16515
Inoculante <i>Rhizobium</i>	gr	0.165	0.026	0.00429
COSTOS TOTALES GC =100 %				1238.18022
Inoculante <i>Rhizobium</i>	gr	0.324	0.052	0.016848
COSTOS TOTALES GC =150%				1238.20538
Inoculante <i>Rhizobium</i>	gr	0.511	0.074	0.037814

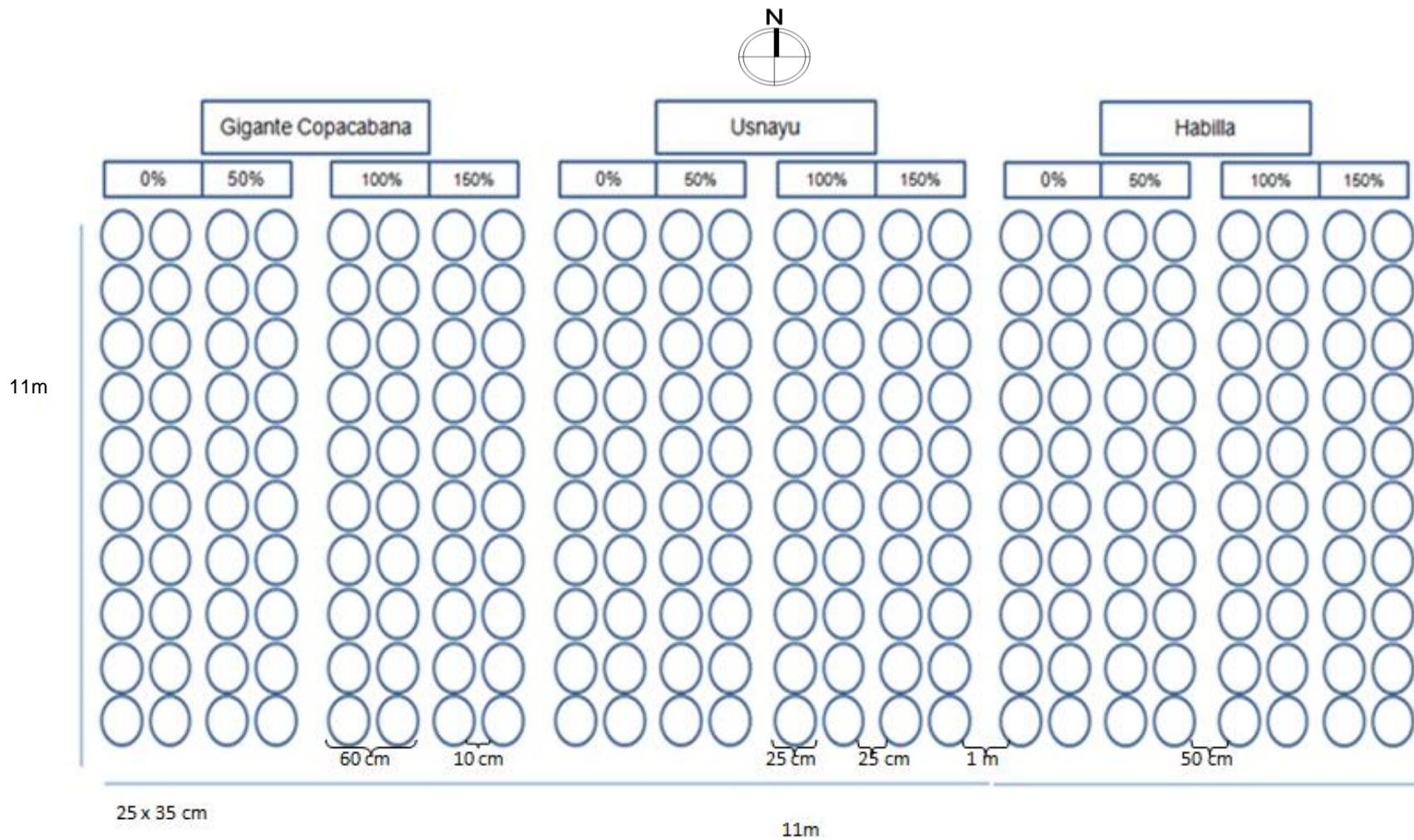
Anexo 9. Análisis de la producción orgánica de haba (seco) Usnayo

RUBROS	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (Bs)	VALOR TOTAL (Bs)
A. COSTOS DIRECTOS				
1. PREPARACIÓN DEL SUELO				
Herramientas				
• Arada y mullido	jornal	2	20	40
• Sernido	jornal	2	20	40
• Llenado de macetas	jornal	2	20	40
Subtotal				120
2. MANO DE OBRA				
• Aplicación de <i>Rhizobium</i>	jornal	2	20	40
• Aplicación de fitosanitarios	jornal	2	20	40
• Siembra	jornal	2	20	40
• Riego	jornal	50	5	250
• Deshierbas	jornal	12	10	120
• Cosecha	jornal	9	20	180
• Secado y trillado	jornal	9	20	180
Subtotal				850
3. INSUMOS				
Semillas	gr	20	0.12	2.4
Inoculante				
<i>Rhizobium</i>	gr	0	0	0
Insecticidas y plaguicidas				
insecticida orgánico	lt	9	6	54
control biológico	unidad	50	0.1	5
Subtotal				61.4
Total Costos Directos				1031.4
B. COSTOS INDIRECTOS				
Gastos generales	10 % A	0.1		103.14
Utilidades	10 % A	0.1		103.14
Total Costos Indirectos				206.28
COSTOS TOTALES				1237.68
DIFERENCIA POR INOCULACION DE RHIZOBIUM DEL MISMO ECOTIPO DE HABA				
COSTOS TOTALES U = 50%				1237.68334
Inoculante <i>Rhizobium</i>	gr	0.139	0.02	0.00278
COSTOS TOTALES U =100 %				1237.69447
Inoculante <i>Rhizobium</i>	gr	0.274	0.044	0.012056
COSTOS TOTALES U=150%				1237.71195
Inoculante <i>Rhizobium</i>	gr	0.416	0.064	0.026624

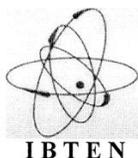
Anexo 10. Análisis de la producción orgánica de haba (seco) Habilla

RUBROS	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (Bs)	VALOR TOTAL (Bs)
A. COSTOS DIRECTOS				
1. PREPARACIÓN DEL SUELO				
Herramientas				
• Arada y mullido	jornal	2	20	40
• Cernido	jornal	2	20	40
• Llenado de macetas	jornal	2	20	40
Subtotal				120
2. MANO DE OBRA				
• Aplicación de <i>Rhizobium</i>	jornal	2	20	40
• Aplicación de fitosanitarios	jornal	2	20	40
• Siembra	jornal	2	20	40
• Riego	jornal	50	5	250
• Deshierbas	jornal	12	10	120
• Cosecha	jornal	9	20	180
• Secado y trillado	jornal	9	20	180
Subtotal				850
3. INSUMOS				
Semillas	gr	20	0.1	2
Inoculante				
<i>Rhizobium</i>	gr	0	0	0
Insecticidas y plaguicidas				
insecticida orgánico	lt	9	6	54
control biológico	unidad	50	0.1	5
Subtotal				61
Total Costos Directos				1031
B. COSTOS INDIRECTOS				
Gastos generales	10 % A	0.1		103.1
Utilidades	10 % A	0.1		103.1
Total Costos Indirectos				206.2
COSTOS TOTALES H=T				1237.2
DIFERENCIA POR INOCULACION DE RHIZOBIUM DEL MISMO ECOTIPO DE HABA				
COSTOS TOTALES H = 50%				1237.20228
Inoculante <i>Rhizobium</i>	gr	0.119	0.016	0.001904
COSTOS TOTALES H=100 %				1237.21117
Inoculante <i>Rhizobium</i>	gr	0.245	0.038	0.00931
COSTOS TOTALES H=150%				1237.22547
Inoculante <i>Rhizobium</i>	gr	0.365	0.058	0.02117

Anexo 11. Croquis de campo del experimento.



Anexo 12. Análisis de suelo

**MINISTERIO DE EDUCACION**

INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA NUCLEAR
CENTRO DE INVESTIGACIONES Y APLICACIONES NUCLEARES
UNIDAD DE ANÁLISIS Y CALIDAD AMBIENTAL

ANALISIS FISICO - QUIMICO DE SUELOS

INTERESADO : *MARIANA MAMANI APAZA*
PROCEDENCIA : *Departamento LA PAZ*
Provincia LOS ANDES, KALLUTACA.

Nº SOLICITUD: *137 / 2013*
FECHA DE RECEPCION : *29 / Mayo / 2013*
FECHA DE ENTREGA : *18 / Junio / 2013*
Nº Factura : *6565 / 13*

U P E A EL ALTO

Nº Lab.	Código	Nitrógeno %
289/2013	H TESTIGO	0.152
290/2613	H 50%	0.157
291/2013	H 100%	0.162
292/2013	H 150%	0.169
293/2013	U TESTIGO	0.176
294/2011	U50%	0.209
295/2013	U100%	0.213
296/2013	U150%	0.230
297/2013	GC TESTIGO	0.165
298/2013	GC 50%	0.231
299/2013	GC 100%	0.270
300/2013	GC 150%	0.234
301/2013	T(0)	0.126

OBSERVACIONES



RESPONSABLE DE LABORATORIO
JORGE CHUNGARA

Anexo 13. Fotografías del trabajo de campo de la investigación.

- a) En la fotografía se observa el pesaje de los ecotipos utilizados para la investigación.



- c) En la fotografía se observa el inicio de desarrollo de los ecotipos de haba que se utilizó.



- b) En la fotografía se observa la siembra realizada en las macetas



- d) En la fotografía se observa el inicio de la fase de floración de las plantas.



El *Rhizobium* y su aplicación en las semillas.

- a) En la fotografía se observa como fue enviado el *Rhizobium* de la institución del CIAT.
- b) En la fotografía se observa la coloración y como es el *Rhizobium*.
- c) En la fotografía se observa la aplicación de *Rhizobium* a las semillas de haba.



El resultado de la aplicación de *Rhizobium* en el trabajo experimental en los ecotipos de haba.

- a) Fotografía 1. Se observa el producto *Rhizobium* para inoculación de semillas de haba.
- b) Fotografía 2. Se observa las vainas del eco tipo Usnayo.



En estas fotografías, se observa la forma y color del *Rhizobium* después de la inoculación en las semillas de haba este desarrollo se observa después de que la plantas alcanzaron su máximo crecimiento es decir después de la cosecha.



La fotografía nos muestra como se realizo la cosecha, el pesaje y secado de cada uno de los ecotipos de haba utilizados para este trabajo.



En esta fotografía se observa la comparación de la semilla certificada a lado izquierdo y la semilla obtenida de todos los tamaños en el trabajo realizado que se observa a lado derecho.

SEMILLAS CERTIFICADAS Y SEMILLAS OBTENIDAS

