

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN RIEGOS

EFFECTO DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS EN COMBINACIÓN CON FERTILIZANTE  
SOBRE EJOTE FRANCÉS; MONJA, JALAPA  
TESIS DE GRADO

**ERICK DANILO BARRERA CARIAS**  
CARNET 24356-13

JUTIAPA, NOVIEMBRE DE 2018  
SEDE REGIONAL DE JUTIAPA

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN RIEGOS

EFFECTO DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS EN COMBINACIÓN CON FERTILIZANTE  
SOBRE EJOTE FRANCES; MONJA, JALAPA  
TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE  
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR  
**ERICK DANILO BARRERA CARIAS**

PREVIO A CONFERÍRSELE  
EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN RIEGOS EN EL GRADO ACADÉMICO DE  
LICENCIADO

JUTIAPA, NOVIEMBRE DE 2018  
SEDE REGIONAL DE JUTIAPA

## **AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

RECTOR: P. MARCO TULIO MARTINEZ SALAZAR, S. J.

VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO

VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO

VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS

SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

## **AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS**

DECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ

SECRETARIO: MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA

DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. JOSÉ MANUEL BENAVENTE MEJÍA

**NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**  
LIC. EDWIN ROLANDO PAREDES MAZARIEGOS

**TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN**  
MGTR. HENRY DEMETRIO RIVERA CARRILLO



Universidad  
Rafael Landívar  
Tradicón Jesuita en Guatemala

Guatemala noviembre de 2018

Honorable Consejo de  
La Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas  
Presente.

Distinguidos Miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he asesorado el trabajo final de graduación del estudiante, Erick Danilo Barrera carias, que se identifica con carné. 2435613, titulado. EFECTO DE MICROORGANISMOS BENEFICOS EN COMBINACION CON FERTILIZANTE SOBRE EJOTE FRANCÉS; MONJAS, JALAPA. El cual considero que cumple con los requisitos establecidos por la facultad para ser aprobado, previo a su autorización de impresión.

Atentamente.

  
Ing. Edwin Rolando Paredes Mazariegos  
Asesor  
Colegiado 1385



**Universidad  
Rafael Landívar**  
Tradición Jesuita en Guatemala

**FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
No. 061050-2018**

### **Orden de Impresión**

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante ERICK DANILO BARRERA CARIAS, Carnet 24356-13 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN RIEGOS, de la Sede de Jutiapa, que consta en el Acta No. 06193-2018 de fecha 31 de octubre de 2018, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

**EFFECTO DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS EN COMBINACIÓN CON FERTILIZANTE  
SOBRE EJOTE FRANCES; MONJA, JALAPA**

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN RIEGOS en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 2 días del mes de noviembre del año 2018.



**MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA, SECRETARIO  
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
Universidad Rafael Landívar**

## **AGRADECIMIENTOS**

A:

Dios por otorgarme la vida, la salvación, protección y sus bendiciones recibidas durante los seis años de estudios.

La Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas por ser parte de la formación académica.

Ing. Edwin Rolando Paredes Mazariegos, por su apoyo, su asesoría y revisión de la presente investigación.

Ing. Rigoberto Morales, dueño de finca La Tuna de producción de ejote francés y Marvin Moxin, administrador por el apoyo durante la ejecución de la presente investigación.

## DEDICATORIA

**A:**

**Dios:** Quién es el padre de la sabiduría y la inteligencia, todo lo debo a Él. La gloria y honra sea para Dios

**Mi esposa:** Jeni Aracely Carias Orellana de Barrera, a quien amo mucho, por su apoyo incondicional y su motivación animándome a seguir adelante.

**Mis hijos:** Yenifer Gissel Barrera Carias, Dani Emanuel Barrera Carias y Erick Alexander Barrera Carias. Por ser la razón de mi esfuerzo, mi alegría y la motivación constante de superación.

**Mis padres:** Clementino Barrera (QED) a mi madre Transito Carias que a pesar de la ausencia de mi padre me da su inmenso amor, apoyo y sus consejos sabios.

**Mis hermanos:** En especial a mi hermano mayor Efrain Barrera Carias por su apoyo incondicional y motivacional Dios le bendiga.

**Mi familia:** Suegra, María Lindaura Orellana y cuñados porque de forma directa o indirectamente siempre estuvieron conmigo animándome a seguir adelante.

**Mis amigos:** Adolfo Rocael Aguilar Cadenas y Nery Corado por su compañerismo y apoyo durante los seis años de estudios.

## ÍNDICE

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| RESUMEN.....                                                             | i  |
| 1.INTRODUCCIÓN.....                                                      | 1  |
| 2. MARCO TEÓRICO .....                                                   | 2  |
| 2.1 IMPORTANCIA ECONÓMICA EN GUATEMALA .....                             | 2  |
| 2.1.1 Cultivo del ejote francés.....                                     | 3  |
| 2.2 GENERALIDADES DEL CULTIVO DE EJOTE FRANCÉS.....                      | 3  |
| 2.2.1. Morfología del cultivo .....                                      | 3  |
| 2.2.2. Etapas fenológicas.....                                           | 5  |
| 2.3. REQUERIMIENTOS DEL CULTIVO.....                                     | 5  |
| 2.3.1 Edafoclimáticos .....                                              | 5  |
| 2.3.2. Nutrición .....                                                   | 6  |
| 2.4. Utilización de fertilizantes.....                                   | 6  |
| 2.4.1. Nitrógeno (N) .....                                               | 7  |
| 2.4.1. Fósforo (P).....                                                  | 10 |
| 2.4.2. Potasio (K).....                                                  | 13 |
| 2.4.3. La rizosfera como nicho microbiano.....                           | 15 |
| 2.4.4. Microorganismos en el suelo .....                                 | 15 |
| 2.4.5. Distribución de los microorganismos en el suelo .....             | 16 |
| 2.4.6. Microorganismos benéficos en el suelo .....                       | 17 |
| 2.4.7. Bacterias benéficas.....                                          | 17 |
| 2.4.8. Hongos benéficos.....                                             | 19 |
| 2.5. UTILIDAD DE MICROORGANISMOS BÉNEFICOS COMO<br>BIOFERTILIZANTES..... | 19 |
| 2.5.1. Investigaciones sobre aplicación de biofertilizantes .....        | 19 |
| 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....                                      | 21 |
| 3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO.....             | 21 |
| 4. OBJETIVOS.....                                                        | 22 |
| 4.1. OBJETIVO GENERAL .....                                              | 22 |
| 4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....                                         | 22 |
| 5. HIPÓTESIS.....                                                        | 23 |



|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.1. Hipótesis alternativas .....                                                 | 23 |
| 6. METODOLOGÍA.....                                                               | 24 |
| 6.1. LOCALIZACIÓN DEL TERRENO.....                                                | 24 |
| 6.2. MATERIAL EXPERIMENTAL .....                                                  | 25 |
| 6.2.1 Variedad Sapporo .....                                                      | 25 |
| 6.2.2 Stand Up®.....                                                              | 25 |
| 6.2.3. Fuentes de fertilizante .....                                              | 26 |
| 6.3. FACTOR A ESTUDIAR.....                                                       | 26 |
| 6.4. DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS .....                                        | 27 |
| 6.5. DISEÑO EXPERIMENTAL .....                                                    | 27 |
| 6.6. MODELO ESTADÍSTICO .....                                                     | 28 |
| 6.7. UNIDAD EXPERIMENTAL.....                                                     | 28 |
| 6.8. CROQUIS DE CAMPO .....                                                       | 29 |
| 6.9. MANEJO DEL EXPERIMENTO .....                                                 | 30 |
| 6.10. VARIABLE RESPUESTA.....                                                     | 33 |
| 6.10.1. Rendimiento total de vainas en kilogramo por hectárea (kg/ha) .....       | 33 |
| 6.10.2. Rendimiento de vainas exportables en kilogramos por hectárea (kg/ha)..... | 33 |
| 6.10.3. Rendimiento de vainas de rechazo en kilogramos por hectárea (kg/ha).....  | 33 |
| 6.10.4. Intensidad de color de planta .....                                       | 34 |
| 6.10.5. Altura de planta en centímetros altura (cm) .....                         | 34 |
| 6.10.6. Costos de producción .....                                                | 34 |
| 6.11. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....                                             | 34 |
| 6.11.1. Análisis estadístico.....                                                 | 34 |
| 6.11.2. Análisis económico.....                                                   | 34 |
| 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....                                                    | 36 |
| 7.1. RENDIMIENTO TOTAL DE VAINAS EN KILOGRAMO POR HECTÁREA<br>(KG/HA).....        | 36 |
| 7.2. RENDIMIENTO DE VAINAS EXPORTABLES EN KILOGRAMOS POR HECTÁREA<br>(KG/HA)..... | 38 |
| 7.3. RENDIMIENTO DE VAINAS DE RECHAZO EN KILOGRAMOS POR HECTÁREA<br>(KG/HA).....  | 41 |

|                                              |    |
|----------------------------------------------|----|
| 7.4. INTENSIDAD DE COLOR A NIVEL FOLIAR..... | 43 |
| 7.5. ALTURA DE PLANTA.....                   | 44 |
| 7.6. ANÁLISIS ECONÓMICO.....                 | 45 |
| 7.6.1. Presupuestos parciales.....           | 45 |
| 7.6.2. Análisis de dominancia.....           | 46 |
| 7.6.3. Tasa de retorno marginal.....         | 46 |
| 8. CONCLUSIONES.....                         | 47 |
| 9. RECOMENDACIONES.....                      | 48 |
| 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....         | 49 |
| 11. ANEXOS.....                              | 53 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. Etapas fisiológicas del cultivo ejote francés.....                                       | 5  |
| Tabla 2. Distribución de los microorganismos en horizontes del suelo .....                        | 17 |
| Tabla 3. Composición de ingredientes en porcentajes de stand up® .....                            | 25 |
| Tabla 4. Microorganismos contenidos en la fórmula de stand up.....                                | 26 |
| Tabla 5. Conjunto de tratamientos a evaluar, proporciones de fertilizante, con/sin, stand up .... | 27 |
| Tabla 6. Fertilizante a utilizar para el cultivo ejote francés por hectárea.....                  | 31 |
| Tabla 7. Moléculas químicas utilizadas en el cultivo ejote francés .....                          | 32 |
| Tabla 8. Análisis de covarianza para variable rendimiento total en ejote francés .....            | 36 |
| Tabla 9. Análisis de varianza para variable rendimiento total en ejote francés .....              | 37 |
| Tabla 10. Análisis de la covarianza para variable rendimiento de exportable.....                  | 39 |
| Tabla 11. Análisis de la varianza para variable rendimiento de exportable .....                   | 39 |
| Tabla 12. Análisis de la covarianza para la variable rechazo de ejote francés .....               | 41 |
| Tabla 13. Análisis de la varianza para la variable rechazo de ejote francés.....                  | 41 |
| Tabla 14. Prueba de Scheffe 5% para aplicar o no microorganismos (Stand Up) .....                 | 42 |
| Tabla 15. Prueba de Scheffe 5% para proporciones de fertilizante.....                             | 43 |
| Tabla 16. Análisis de la varianza para la variable intensidad de color de planta.....             | 43 |
| Tabla 17. Análisis de la varianza para la variable altura de planta .....                         | 44 |
| Tabla 18. Presupuestos parciales para tratamientos de ejote francés .....                         | 45 |
| Tabla 19. Análisis de dominancia para tratamientos de ejote francés.....                          | 46 |
| Tabla 20. Tasa de retorno marginal para tratamientos de ejote francés .....                       | 46 |
| Tabla 21. Rendimiento total del cultivo ejote francés .....                                       | 62 |
| Tabla 22. Rendimiento exportable del cultivo ejote francés.....                                   | 62 |

|                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 23. Rendimiento rechazo del cultivo ejote francés .....                                             | 63 |
| Tabla 24. Medias para tratamientos del arreglo factorial para la variable altura de planta .....          | 63 |
| Tabla 25. Medias para tratamientos del arreglo factorial para la variable intensidad de color. ..         | 64 |
| Tabla 26. Costos de producción por hectárea de ejote francés .....                                        | 64 |
| Tabla 27. Costos de producción por hectárea de ejote francés para los tratamientos con/sin Stand Up ..... | 65 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Fotografía cosecha ejote francés.....                                                              | 5  |
| Figura 2. Formas del fósforo en el suelo.....                                                                | 11 |
| Figura 3. Formas del potasio en el suelo.....                                                                | 14 |
| Figura 4. Ubicación geográfica del municipio de Monjas.....                                                  | 25 |
| Figura 5. Croquis de campo de la unidad experimental utilizada en la investigación.....                      | 30 |
| Figura 6. Rendimiento total en kg/ha de ejote francés, para tratamientos del arreglo factorial de.           | 39 |
| Figura 7. Rendimiento exportable en kg/ha, para tratamientos del arreglo factorial de ejote frances.....     | 41 |
| Figura 8. Montaje del arreglo factorial parcelas divididas para la unidad experimental de ejote frances..... | 53 |
| Figura 9. Siembra del terreno de ejote francés.....                                                          | 53 |
| Figura 10. Montaje del sistema de riego y cobertura .....                                                    | 54 |
| Figura 11. Etapa de desarrollo del ejote francés .....                                                       | 54 |
| Figura 12. Control Fitosanitario en el cultivo ejote francés.....                                            | 55 |
| Figura 13. Aplicación de los microorganismos benéficos (Stand Up®).....                                      | 55 |
| Figura 14. Inicio de floración del ejote francés.....                                                        | 56 |
| Figura 15. Descripción del proyecto y su localización.....                                                   | 56 |
| Figura 16. Imagen del estado fisiológico de la plantación.....                                               | 57 |
| Figura 17. Muestra de la intensidad de color de las plantas de ejote francés.....                            | 57 |
| Figura 18. Toma de datos para la variable altura de planta .....                                             | 58 |
| Figura 19. Cosecha de ejote francés en parcelas demostrativas (bruta, neta).....                             | 58 |

|                                                                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 20. Llenado de canastas durante el corte de ejote francés .....                                                   | 59 |
| Figura 21. Calibrador de medida de la calidad de ejote (diámetro y largo).....                                           | 59 |
| Figura 22. Pesaje del rendimiento total, exportación y rechazo de ejote francés .....                                    | 60 |
| Figura 23. Informe de resultados de análisis de suelo de la unidad experimental en finca la tuna,<br>Monjas, Jalapa..... | 61 |

# **EFFECTO DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS EN COMBINACIÓN CON FERTILIZANTE SOBRE EJOTE FRANCÉS; MONJAS, JALAPA.**

## **RESUMEN**

La investigación se llevó a cabo en finca la Tuna, del municipio de Monjas, departamento de Jalapa. El objetivo principal fue determinar el efecto de combinar un compuesto de microorganismos benéficos con tres proporciones de fertilizante sobre el rendimiento y calidad de vainas en ejote francés. Se utilizó un arreglo factorial en parcelas divididas, siendo la parcela grande la aplicación con/sin del compuesto de microorganismos benéficos y la parcela pequeña las proporciones del 100, 75 y 50 % de fertilizante. La distribución de tratamientos fue en bloques completos al azar con seis tratamientos y cuatro repeticiones. Se determinó que para rendimiento total y exportable de vainas, intensidad de color a nivel foliar y altura de planta no se obtuvo significancia estadística al combinar el compuesto de microorganismos benéficos con las diferentes proporciones de fertilizante en comparación con el testigo relativo. En tanto para rendimiento de vainas de rechazo el aplicar el compuesto de microorganismos al 100% fue significativamente superior. El análisis económico identificó que el tratamiento que registró la mayor tasa marginal de retorno fue el combinar microorganismos benéficos con el 75% de fertilizante cuyo valor de retorno fue del 260%.

## 1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con AGEXPORT (2013), la producción nacional de ejote francés para el 2009, fue de 20 millones de kilogramos de las cuales 6 millones fueron destinadas al mercado interno, mientras que los restantes 14 millones fueron dedicados a la exportación.

Según datos del MINECO (2010), se han aumentado las exportadoras desde el 2002 de USD 400 mil a cerca de USD 19 millones en 2009 y a partir de este año las exportaciones han crecido año con año. El departamento con mayor porcentaje de producción es Guatemala con el 17.24%, el segundo lugar Chimaltenango con el 15.09% y el departamento de Jalapa ocupaba el tercer lugar con un porcentaje de 11.78% a nivel nacional en producción.

Se tiene conocimiento, que el uso continuo de fertilizantes trae consigo la mineralización de los suelos, provocando con ello, la no disponibilidad de elementos importantes en la nutrición de las plantas, esto puede afectar la población microbiana y la calidad de agua subterránea. Además se incrementan los costos de producción por efecto de la dependencia del uso de fertilizantes que en su mayoría son importados.

Actualmente se cuenta con opciones tecnológicas disponibles a nivel comercial de compuestos de microorganismos con concentraciones y dosificaciones conocidas, tal es el caso de Stand Up®, cuya composición química contiene a *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Azorhizobium* y *Trichoderma*. Se indica que este producto tiene la capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico, mejorar la solubilidad del fósforo, potasio, y proteger el sistema radicular del daño de microorganismos fitopatógenos.

En tal sentido se realizó esta investigación para determinar si hay un efecto significativo al utilizar microorganismos en combinación con proporción decrecientes de fertilizante sobre el rendimiento total, exportable, y calidad de vainas en el cultivo de ejote francés.



## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 IMPORTANCIA ECONÓMICA EN GUATEMALA

En el año de 1977 el cultivo de ejote inicio en Guatemala justo después de que el país se recuperara del terremoto de 1976. La comunidad Suiza desarrolló programas de reconstrucción y fomento la economía de las áreas del altiplano central. Desarrollando los huertos familiares para el auto sostenimiento y lo que no es consumido es llevado a los mercados cercanos y la capital. Con el creciente económico de la comunidad gracias a ello, se desarrollan nuevas empresas que fomentan el cultivo de los mini vegetales allí mismo incluyendo el ejote francés (Revista Agro Negocios, 2010, p. 3).

Catalán (2010), indica que el ejote es un cultivo muy importante de la alimentación por su alto contenido de vitaminas y mineral. El ejote francés pertenece a la familia de las leguminosas, es el fruto inmaduro del frijol (*Phaseolus vulgaris*) y otras especies del género particularmente *Phaseolu*. Este fruto se puede encontrar con diferentes nombres, sin embargo en Centro América y México se conoce con el nombre de ejote. Se caracteriza por tener una forma de vaina aplanada y alargada donde dentro de ella se encuentran semillas variables según su especie.

La Asociación Guatemalteca de Exportadores –AGEXPORT (2013), indicó que se ha logrado exportar más de 80 millones de libras de arveja y ejote francés por año. Los principales mercados son: Estados Unidos (82%), Reino Unido (8%), Holanda (4%), Canadá (3%) y México (2%).

### **2.1.1 Cultivo del ejote francés**

Según el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación -MAGA-(2014), el ejote francés (*Phaseolus vulgaris*) pertenece a la familia de las Fabáceas y se identifica internacionalmente bajo la sub partida arancelaria 070890. Es una planta de origen americano y centroamericano, que fue distribuida por el mundo por los españoles y portugueses después de la conquista.

La versatilidad comercial del ejote, que permite su exportación como producto fresco, congelado o procesado, lo hace muy atractivo como producto de alto desarrollo comercial, tanto en el presente como en el futuro. Otra característica importante del ejote, es que a diferencia de otros productos agrícolas, genera trabajo y mano de obra permanente durante todo el año, por lo que asegura una mejor distribución de los ingresos, y la posibilidad de que las personas vinculadas al sector rural puedan mantenerse en el campo obteniendo un medio de vida adecuado de su trabajo, sin emigrar a las ciudades (MAGA, 2014, p. 1).

## **2.2 GENERALIDADES DEL CULTIVO DE EJOTE FRANCÉS**

Es una planta anual de tallos herbáceos, que de acuerdo con la variedad puede ser arbustivo o tipo enredadera. Las variedades modernas creadas para la exportación, suelen haber eliminado la fibra dorsal de la vaina, confiriéndole mayor suavidad al producto (MAGA, 2014, p. 1).

De acuerdo con el MAGA (2014), la producción de esta leguminosa se presenta de forma natural en Guatemala, donde las principales zonas de producción son los departamentos de Chimaltenango, Sacatepéquez, Huehuetenango, San Marcos, Las Verapaces, Sololá y Quiché; zonas en que se puede producir durante todo el año si los agricultores disponen de agua.

### **2.2.1. Morfología del cultivo**

#### **Raíz**

Según El Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y forestal-CENTA- (2003), el ejote posee un sistema radicular fasciculado, a veces fibroso con mucha variación incluso en plantas de la misma variedad; el tipo pivotante se presenta en bajo porcentaje, dispone de gran cantidad de raíces secundarias, terciarias y cuaternarias. El ejote contiene nódulos en la parte superior y

media de las raíces que mediante simbiosis con el hongo *Rhizobium phaseoli*, se encargan de fijar nitrógeno atmosférico.

### **Tallo**

Dependiendo la variedad y el hábito de crecimiento los tallos son herbáceos delgados, de diferente tamaño, longitud, número de nudos, diámetro y longitud de entre nudos. En cada nudo se encuentran insertadas hojas, ramas, vainas y racimos florales. De acuerdo con la parte terminal del tallo, las variedades son de crecimiento indeterminado o determinado. Cuando es determinado el tallo finaliza con una inflorescencia que le detiene el crecimiento, es indeterminado si en un extremo posee un meristemo vegetativo que posibilita el continuar creciendo (CENTA, 2003, p. 9).

### **Hojas**

Las hojas son compuestas, trifoliadas, dotadas de pequeñas estipulas en la base del peciolo. Los folíolos son ovalados o triangulares y de diferente color y pilosidad según la variedad, posición en el tallo y edad de la planta (CENTA, 2003, p. 9).

### **Flor**

La inflorescencia puede ser axilar o terminal, dependiendo de su inserción en el tallo; es un conjunto de racimos, es decir, un racimo principal con un grupo de racimos secundarios. La flor es típica papilionácea de fecundación autógama, en su desarrollo tiene dos etapas, botón floral y botón completamente abierta. Según la variedad, así es el color, blanco, rosado o purpura (CENTA, 2003, P. 9).

### **Vaina**

La vaina varia en forma, color, ancho y largo formadas por dos valvas unidas por fibra, la textura de la vaina puede ser pergaminosa de fibra fuerte, coriácea cuando existe una pequeña separación de las valvas y carnosa sin fibra en la unión de las valvas la unión de estas, se les llama suturas placental y ventral (CENTA, 2003, p. 9).



Figura 1. Cosecha ejote francés (MAGA, 2014, p. 3-9).

### 2.2.2. Etapas fenológicas

Cada fase está formada por un conjunto de etapas identificadas con una letra seguida de un número cuya duración depende del hábito de crecimiento y la precocidad de las variedades (CENTA, 2003, p. 10).

Tabla 1. Etapas fenológicas del Ejote francés.

|      |                                                                  |
|------|------------------------------------------------------------------|
| (V0) | emergencia                                                       |
| (V1) | cinco días; emergencia                                           |
| (V2) | dos días; hojas primarias                                        |
| (V3) | dos a cuatro días; primera hoja trifoliada                       |
| (V4) | cinco a nueve días; tercera hoja trifoliada                      |
| (V5) | siete a quince días etapas de la fase reproductiva, prefloración |
| (V6) | nueve a once días; floración                                     |
| (V7) | cuatro a seis días; formación de vainas.                         |

(CENTA, 2003, p. 10).

## 2.3. REQUERIMIENTOS DEL CULTIVO

### 2.3.1 Edafoclimáticos

Las características físicas y químicas para el adecuado desarrollo del cultivo son: Físicas Textura, franca arcillosa, profundidad efectiva de 60 cm. Densidad aparente de 1.2 gr/cm<sup>-3</sup> materia orgánica de 3.5% y un buen drenaje interno y externo. Las propiedades químicas son

un pH de un 5.5 a 7.0 una acidez total mayor de 10% y una conductividad eléctrica mayor de 2.00 mmhos.cm<sup>-1</sup>. El óptimo desarrollo del cultivo se da a temperaturas de 10 a 27° C y humedad relativa del aire de 70 a 80% altitud de 200 a 1,500 msnm, precipitación entre 300 a 400 mm de lluvia. La falta de agua en las etapas de floración, formación y llenado de vainas afecta seriamente el rendimiento. El exceso de humedad atrofia el desarrollo de la planta y favorece el ataque de enfermedades (CENTA, 2003, p. 11).

### **2.3.2. Nutrición**

La fertilización del cultivo debe hacerse con base a los resultados de un análisis de suelo para tener un conocimiento de las disponibilidades de nutrientes que nos puede brindar un terreno. Los requerimientos nutricionales del cultivo son 120 kg/ha de Nitrógeno, 90 kg/ha de fósforo, 60 kg/ha de potasio (CENTA, 2003, p. 13).

AKIANTO (2010), menciona que el ejote siendo de la familia de las leguminosas tiene la facultad de fijar el nitrógeno atmosférico y que adicional desde los 15 días después de la germinación con la frecuencia de 8 días hacer aplicaciones de Zinc, Boro, Calcio y elementos menores a las dosis recomendadas de los fabricantes.

### **2.4. Utilización de fertilizantes**

Potash & Phosphate Institute (1988), menciona que las plantas necesitan de 16 elementos esenciales para su crecimiento y desarrollo, de los cuales 13 provienen del suelo, y se dividen en elementos primarios, secundarios y micronutrientes. Los elementos primarios, son el Nitrógeno, Fósforo y Potasio, que al ser los que mayormente absorbe la planta, son los que más se corre el riesgo de carecer en los suelos.

Las últimas predicciones de Food and Agriculture Organization -FAO- (2012), indican que para el año 2050 la población mundial será de 9.100 millones de habitantes, frente a las 6.800 millones actuales. Esto representa un incremento del 34% para los próximos 40 años. Si se analiza el consumo global de cereales pre-visto para el año 2050, en base a los datos del consumo per cápita que se indica, se estima que para una población de 9.100 millones de personas y un consumo per cápita de unos 340 kg por persona y año, el consumo total será de unos 3.094 millones de toneladas.

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino -MARM- (2009), menciona que el crecimiento de la superficie agrícola está limitado, ya que las selvas y bosques que aún quedan en el mundo son absolutamente necesarios para mantener el clima del planeta.

#### **2.4.1. Nitrógeno (N)**

Según FAO (2002), el nitrógeno (N) es el motor del crecimiento de las plantas. Suple del uno al cuatro por ciento del extracto seco de la planta. Es absorbido del suelo bajo forma de nitrato  $\text{NO}_3^-$  o de amonio  $\text{NH}_4^+$ . En la planta se combina con componentes producidos por el metabolismo de carbohidratos para formar aminoácidos y proteínas. Siendo el componente esencial de las proteínas, está involucrado en todos los procesos de desarrollo de las plantas y en la elaboración del rendimiento.

#### **Formas del nitrógeno en el suelo**

Según MARM (2009), la fuente mayoritaria de nitrógeno es el aire ya que las rocas contienen cantidades insignificantes de este nutriente. La fertilización, orgánica o inorgánica, constituye, en la práctica, la fuente más importante de nitrógeno en la agricultura, aunque también se incorpora al suelo por la lluvia o por la fijación a través de numerosos microorganismos y de los vegetales superiores. Esta última vía es la que, de manera natural, proporciona más nitrógeno a los suelos cultivados. El 90-95% del nitrógeno total del suelo se encuentra en forma orgánica, de modo que no es directamente asimilable por las plantas, sino que debe sufrir un proceso de transformación denominado mineralización.

A su vez, el nitrógeno mineral del suelo, se encuentra en forma de amonio,  $\text{NH}_4^+$ , y de nitrato,  $\text{NO}_3^-$ . Ambas formas son asimilables por las plantas, pero la mayor parte del nitrógeno es absorbido en forma de nitrato. El amonio se encuentra en el suelo adsorbido en el complejo de cambio, fijado en las redes cristalinas de determinadas arcillas o en la solución del suelo. El amonio fijado en las arcillas no es fácilmente cambiabile, pero la acción de ciertos cationes provoca la expansión de las arcillas, pudiendo liberarse y pasar a la solución del suelo. Por el contrario, el amonio adsorbido en el complejo de cambio, es desplazado por otros cationes y pasa fácilmente a la solución del suelo. El nitrato, se encuentra libre en la solución del suelo y es asimilado por las plantas y los microorganismos (MARM, 2009, p.67).

## **Transformaciones del nitrógeno en el suelo**

MARM (2009), menciona que en los ecosistemas naturales y agrícolas, el nitrógeno es transformado de unas formas a otras dependiendo de las condiciones medioambientales, tales como pH, temperatura, humedad, y mediante la acción de distintos microorganismos. Las transformaciones y flujos del nitrógeno en la naturaleza conforman el ciclo del Nitrógeno. El balance de todos estos procesos, indica la cantidad de nitrógeno disponible y asimilable por las plantas, por lo tanto, el que hay que aportar a través de la fertilización.

## **Mineralización del nitrógeno en el suelo**

Los microorganismos del suelo utilizan la materia orgánica para tomar la energía que necesitan para vivir. Durante este proceso se liberan nutrientes para las plantas como nitrógeno, fósforo y potasio. El nitrógeno orgánico, es transformado en amonio y este proceso es conocido como mineralización de la materia orgánica. Se estima que entre el 1 y 3% del nitrógeno orgánico es mineralizado anualmente por acción de los microorganismos, en un suelo templado (MARM, 2009, p.69).

Según Coyne (1999), la mineralización nunca puede ser eliminada en tierra fértil, ya que aproximadamente de 105 a 107 microorganismos por gramo de suelo son organismos mineralizantes activos. El nivel de producción de  $\text{NH}_4^+$  se sitúa entre 1 y 20 partes por millón (ppm) al día, lo que representa de un 1 a un 4% del nitrógeno total liberado para el aprovechamiento de las plantas.

## **Fijación biológica del Nitrógeno**

El amonio puede ser utilizado por las plantas pero la mayor parte es transformada en nitrato en dos etapas, en condiciones aerobias, y por la acción de dos grupos de bacterias, las *nitrosomonas* y las *nitrobacter*. La humedad y aireación del suelo influyen muy positivamente en este proceso, siendo también determinantes la temperatura y el pH.  $\text{NH}_4^+ \text{NO}_2^- \text{NO}_3^-$  (MARM, 2009, p.69).

Según Potash & Phosphate Institute (1988), la fijación biológica del nitrógeno puede ser llevada a cabo en dos formas por los microorganismos de forma simbiótica y no simbiótica. La fijación de la forma simbiótica se refiere a microorganismos que fijan nitrógeno mientras crecen

en asociación con una planta huésped, beneficiando a ambos, uno de los ejemplos más claros de este tipo de fijación está relacionado con las bacterias del género *Rhizobium* y las raíces de las leguminosas y es considerada la fuente de nitrógeno natural más importante para el suelo.

Dibut (2006), escribió que las leguminosas sus nudos radicales son estructuras altamente especializadas a la fijación del nitrógeno para el beneficio de la planta en su conjunto, lo que permite su desarrollo cuando hay deficiencia de este elemento en el suelo. Las leguminosas ni los microbios pueden fijar nitrógeno por sí solos, la morfogénesis de los nódulos crea las condiciones que se requieren para la inducción y el funcionamiento del sistema nitrogenasa.

### **Nitrógeno y el medio ambiente**

Según el MARM (2009), el nitrógeno ha sido determinante en el incremento de las producciones agrarias en los últimos cincuenta años. La síntesis de amoníaco a partir del nitrógeno del aire y su posterior transformación en fertilizantes nitrogenados ha permitido, junto con la utilización de otros medios de producción, el incremento de los rendimientos de la mayoría de los cultivos hasta los niveles actuales. Sin embargo, cuando el nitrógeno no se utiliza de manera adecuada, puede tener efectos negativos sobre el medio ambiente. Los problemas más importantes que puede generar el nitrógeno son:

**Lixiviación:** debido a su movilidad, el nitrógeno nítrico puede ser arrastrado a capas profundas del suelo y pasar a las aguas subterráneas. Factores tales como la textura del suelo, el manejo del agua de riego, la fertilización orgánica, el momento y la cantidad de fertilizante mineral que se aplique, las prácticas culturales, los tipos de cultivo, etc., influyen en que el proceso de lixiviación sea mayor o menor (MARM, 2009, p.72).

### **Volatilización:**

La Agencia Europea de Medio Ambiente, estima que el 90% del amoníaco emitido a la atmósfera es de origen agrario, siendo la ganadería la responsable del 74% de estas emisiones. Las pérdidas por volatilización son muy variables según los tipos de fertilizantes que se empleen. Los abonos amoniacales y la urea, cuyas pérdidas por volatilización pueden ser más elevadas, deben aplicarse adecuadamente para minimizarlas. Para la urea pueden seguirse los consejos que se indican en el Código de Buenas Prácticas de la Urea (MARM, 2009, p.72).



Emisiones de óxidos de nitrógeno: Se estima que los fertilizantes son responsables del 17% de las emisiones de N<sub>2</sub>O antropogénico. Las emisiones de N<sub>2</sub>O son provocadas fundamentalmente por la desnitrificación y, en mucha menor medida, por la nitrificación. La cantidad de nitrógeno presente en el suelo, el carbono orgánico y las condiciones anaeróbicas favorecen la desnitrificación (MARM, 2009, p.72).

#### **2.4.1. Fósforo (P)**

De acuerdo a MARM (2009), estimula el desarrollo de las raíces y favorece la floración y cuajado de los frutos, interviniendo en el transporte, almacenamiento y transferencia de energía, además de formar parte de fosfolípidos, enzimas, etc. Es considerado factor de precocidad, ya que activa el desarrollo inicial de los cultivos y favorece la maduración.

#### **Formas del fósforo en el suelo**

MARM (2009), menciona que el fósforo se encuentra en el suelo formando parte de diferentes minerales tales como fosforita, apatito, etc. También en compuestos orgánicos, asociado a la materia orgánica y como parte de los microorganismos. Además, existen formas iónicas libres en la solución del suelo y fijadas al complejo arcillo húmico.

Desde el punto de vista agronómico el fósforo puede estar presente en el suelo en cuatro formas: En la solución del suelo, es decir, directamente asimilable; fijado en el complejo arcillo húmico, por tanto cambiabile o lábil; como componente de la materia orgánica, precipitado o adsorbido en los geles de hierro y aluminio, en suelos ácidos, y precipitado como fosfato cálcico en suelos básicos, muy lentamente asimilable y; formando parte de la roca madre, no asimilable (MARM, 2009, p.75).

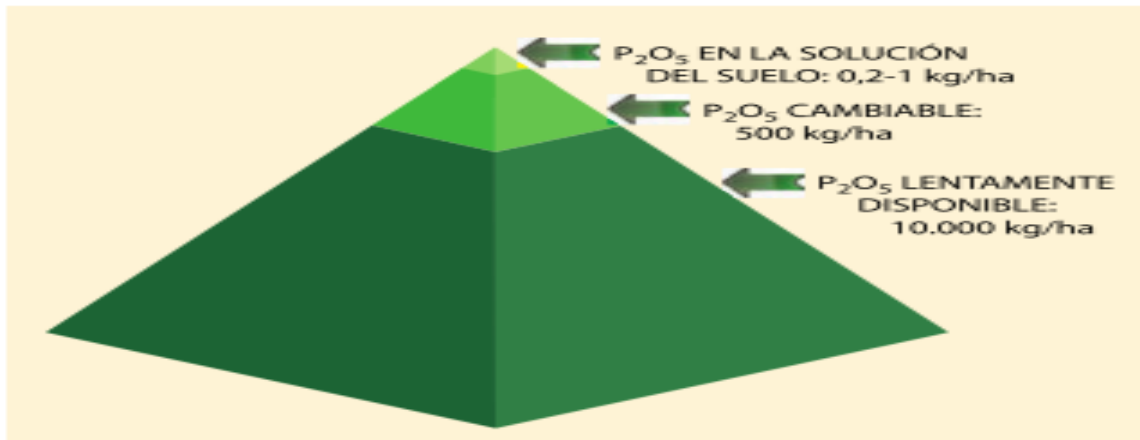


Figura 2. Formas del fósforo en el suelo (MARM 2009, p.75).

### Transformaciones del fósforo en el suelo

Según el MARM (2009), el fósforo de la solución del suelo está en equilibrio con las diversas fracciones y formas en las que está presente en el suelo. La reacción de equilibrio, en la que interviene la absorción de este elemento por las plantas, se rige por una serie de procesos complejos.

### Fijación

Es la reacción de formas solubles con compuestos orgánicos e inorgánicos para dar lugar a formas insolubles de fósforo, al menos en el corto plazo. En este proceso influye de manera determinante el pH. La fijación puede producirse de las siguientes formas:

Absorción en las arcillas: intercambio con grupos hidroxilo asociados o no a Fe y Al.

Precipitación en compuestos de Fe y Al.

Precipitación en suelos calizos: fosfatos bicálcicos y tricálcicos.

Ligado a la materia orgánica humo fosfatos (MARM, 2009, p.76).

## **Mineralización**

Por acción de microorganismos del suelo, las moléculas orgánicas que contienen fósforo son capaces de liberar ácido fosfórico. La cantidad del fósforo mineralizado depende de la humedad, pH, relación C/P, etc. (MARM, 2009, p.76).

## **Solubilización**

El proceso de absorción de las plantas del fósforo soluble en la solución del suelo pone en marcha la reacción de equilibrio que está relacionada con la capacidad de absorción del suelo. El proceso de solubilización, fósforo en solución fósforo absorbido, depende de la capacidad de cada suelo (MARM, 2009, p.76).

## **Inmovilización**

Según el MARM (2009), el fósforo, al igual que el nitrógeno, es utilizado por los microorganismos del suelo para formar su propio protoplasma y compite así con las plantas. La cantidad de fósforo mineral que pasa a orgánico es pequeño y además es temporal, ya que el fósforo contenido en los microorganismos se incorpora de manera rápida al suelo tras su muerte.

## **Solubilización del fósforo**

Coyne (1999), menciona que hay bacterias que solubilizan activamente el fósforo y representan un 10% de la población microbiana del suelo, se trata principalmente de organismos de la rizósfera, como los géneros *Bacillus*, *Micrococcus*, *Mycobacterium*, *Pseudomonas* y algunos hongos. Existen tres mecanismos básicos para solubilizar el fósforo mineral y hacer que resulte más disponible, los mecanismos son: la quelación, la reducción del hierro y la acidificación.

De acuerdo a Coyne (1999), también los compuestos orgánicos fabricados por los microorganismos, como el ácido oxálico, pueden quelar  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  y  $\text{Fe}^{3+}$ , desestabilizando así el mineral de fosfato y solubilizando el fósforo. La producción de ácido por parte de los microorganismos disuelve los minerales. De esta manera, los ácidos orgánicos, el ácido nítrico, el ácido sulfúrico y el ácido carbónico, liberan fósforo procedente de formas minerales.

## **Fósforo y medio ambiente**

Según el MARM (2009), un contenido equilibrado en nitrógeno, fósforo y otros elementos como el cobalto, níquel, hierro y molibdeno es esencial para el crecimiento de las algas y demás especies en las aguas continentales y marítimas. Por el contrario, contenidos excesivos en estos nutrientes, sobre todo nitrógeno y fósforo, producen el crecimiento excesivo de la biomasa de algas, fenómeno que se conoce como eutrofización. El aumento de la biomasa de algas debido a la eutrofización, exige cantidades adicionales de oxígeno para su descomposición, lo que afecta a la fauna acuática llegando a provocar incluso la muerte de las especies más exigentes.

### **2.4.2. Potasio (K)**

De acuerdo a MARM (2009), en la planta el potasio es muy móvil y juega un papel múltiple, mejora la actividad fotosintética, aumenta la resistencia de la planta a la sequía, heladas y enfermedades, promueve la síntesis de lignina, favoreciendo la rigidez y estructura de las plantas, favorece la formación de glúcidos en las hojas a la vez que participa en la formación de proteínas, aumenta el tamaño y peso en los granos de cereales y en los tubérculos.

MARM (2009), menciona que la carencia de potasio provoca un retraso general en el crecimiento y un aumento de la vulnerabilidad de la planta a los posibles ataques de parásitos. Se hace notar en los órganos de reserva, semillas, frutos, tubérculos. Si la deficiencia es acusada aparecen manchas cloróticas en las hojas que, además, se curvan hacia arriba. Un correcto abonado potásico mejora la eficiencia y el aprovechamiento del abonado nitrogenado.

### **Formas del potasio en el suelo**

El potasio se encuentra en el suelo en distintos silicatos que forman parte de las rocas de origen magmático tales como micas, feldespatos, etc. También se combina con la materia orgánica, aunque por su escasa transformación en formas minerales es poco importante. Además existen formas iónicas libres en la solución del suelo, adsorbidas en el complejo de cambio y fijadas en determinadas arcillas (MARM, 2009, p.81).

Agronómicamente, podemos clasificar las formas de potasio en los siguientes tipos: En la solución del suelo, lo que significa que es directamente asimilable; cambiante, es decir, fijado en la superficie de las arcillas y en el complejo arcillo húmico, interviniendo en el intercambio

catiónico con la solución del suelo; interlaminar, situado entre las láminas de arcilla muy difícilmente disponible para las plantas y; la fracción mineral, no utilizable por las plantas y liberado muy lentamente por meteorización y por la acción de determinadas bacterias (MARM, 2009, p.81).

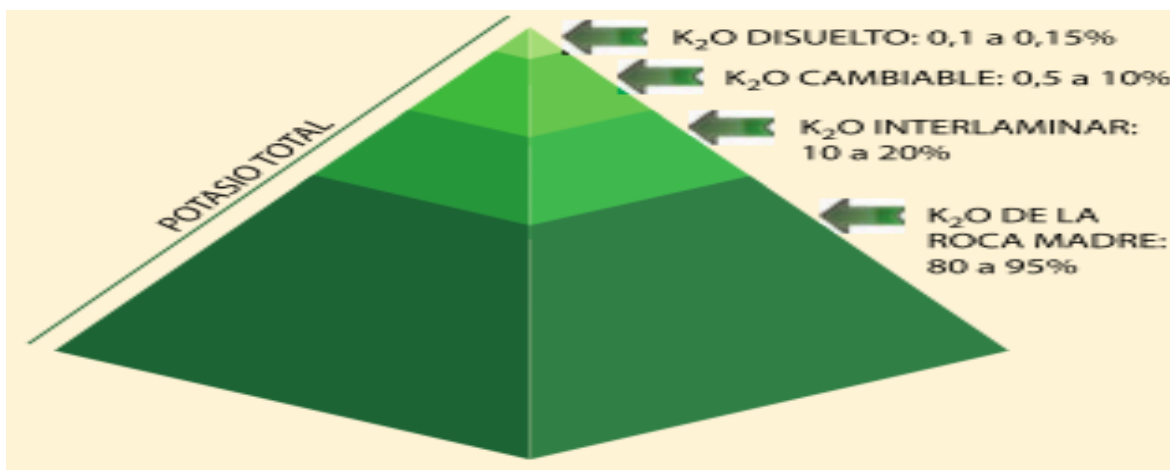


Figura 3. Formas del potasio en el suelo. (MARM, 2009, p.81).

## **Evolución del potasio en el suelo**

### **Retrogradación**

Es la fijación del potasio en los espacios interlaminares de las arcillas, que depende de la naturaleza de las mismas y del intercambio con otros cationes. La retrogradación es mayor en presencia de arcillas tipo 2:1 como las vermiculitas (MARM, 2009, p.82).

### **Mineralización**

Es muy poco significativa a pesar de la gran cantidad de potasio que contiene la materia orgánica y representa sólo un 1% del peso de la materia orgánica (MARM, 2009, p.82).

### **Solubilización del potasio**

Guevara (2010), menciona que en el suelo hay microorganismos que habitan y forman parte vital para la movilización de potasio, magnesio y otros minerales, siendo aprovechados por las plantas. El potasio se encuentra retenido en la solución del suelo, puede formar iones, estar en

forma cambiante, inmovilizado entre las láminas de filosilicatos o formando parte de las estructuras minerales.

Según Delgado (2002), citado por Guevara (2010), hay microorganismos capaces de destruir las estructuras minerales que contienen potasio como *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Clostridium*, *Aspergillus*, *Penicillium* y *Mucor* solubilizando el potasio de distintos minerales.

### **2.4.3. La rizosfera como nicho microbiano**

La rizosfera, definida como la porción del suelo influenciada por las raíces vegetales, es el sitio de máxima interacción entre microorganismos edáficos y entre éstos y los cultivos. Por ello, el conocimiento detallado de este ambiente y la caracterización de su biodiversidad constituyen pilares fundamentales para lograr agroecosistemas sustentables (Revista Argentina de Microbiología, 2011, p.2).

Dibut (2006), menciona que todas las interacciones entre las plantas y los microorganismos están gobernadas por las condiciones del ambiente, por la naturaleza, estado fenológico y vigor de las plantas en desarrollo, por las características del suelo, el régimen hídrico y el manejo agronómico; de igual manera los microorganismos interactúan entre ellos, dando lugar a procesos de naturaleza antagónica o sinérgica.

### **2.4.4. Microorganismos en el suelo**

El suelo es un recurso viviente y dinámico que condiciona la producción de alimentos. Su calidad tiene un papel fundamental en el mantenimiento del balance entre producción y consumo de dióxido de carbono en la biosfera. El suelo no sólo es la base para la agricultura, sino que de él depende toda la vida del planeta. La mayor parte de las etapas de los ciclos biogeoquímicos tienen lugar en él. La actividad microbiana del suelo (o edáfica) da cuenta de las reacciones bioquímicas que se suceden dentro de este complejo y heterogéneo sistema. Los cambios en la tasa de circulación del carbono y de los nutrientes minerales en el suelo como consecuencia de las interacciones entre las plantas y otros organismos involucran modificaciones en la estructura y el funcionamiento de sus comunidades bióticas (Revista Argentina de Microbiología, 2011, p.1).

En un ecosistema, la pronta respuesta de los procesos microbianos y de la estructura de las comunidades a las alteraciones físicas, químicas y biológicas constituye un aspecto central de la calidad del suelo. Los cambios en la estructura de las comunidades microbianas en sistemas perturbados generalmente están asociados a emisiones de gases con efecto invernadero CO<sub>2</sub>, NO o N<sub>2</sub>O y a la pérdida del N por lixiviación (Revista Argentina de Microbiología, 2011, p.1).

#### 2.4.5. Distribución de los microorganismos en el suelo

Hiperdensidad e hiperdiversidad son los dos aspectos fundamentales que caracterizan a las comunidades microbianas del suelo. La cantidad de microorganismos en un gramo de suelo puede variar entre 10<sup>7</sup> y 10<sup>9</sup> células, mientras que algunas estimaciones indican la posibilidad de que haya al menos 10<sup>4</sup> especies microbianas distintas por gramo de suelo. La biodiversidad es una propiedad que condiciona la capacidad de recuperación del sistema edáfico ante una alteración y que le asegura su estabilidad funcional. Además, brinda la posibilidad de obtener microorganismos con capacidad de promover el crecimiento de los cultivos de tal manera que la sustentabilidad de los agroecosistemas se vea favorecida por diversos mecanismos (Revista Argentina de Microbiología, 2011, p.1).

Tabla 2. Distribución de los microorganismos en diversos horizontes del suelo

| Profundidad<br>(cm) | Miles de organismos por gramo de suelo |                         |               |        |       |
|---------------------|----------------------------------------|-------------------------|---------------|--------|-------|
|                     | Bacterias<br>aerobias                  | Bacterias<br>anaerobias | Actinomicetos | Hongos | Algas |
| 3-8                 | 7,800                                  | 1,950                   | 2,080         | 119    | 25    |
| 20-25               | 1,800                                  | 379                     | 245           | 50     | 5     |
| 35-40               | 472                                    | 98                      | 49            | 14     | <1    |
| 65-75               | 10                                     | 1                       | 5             | 6      | <1    |
| 135-145             | 1                                      | <1                      | ND            | 3      | ND    |

ND= no detectable.

(Ecología Microbiana, 2014, p.67).

#### **2.4.6. Microorganismos benéficos en el suelo**

Según Dibut (2006), en el suelo se encuentran una notable población microbiana, dentro de la que se encuentran los microorganismos beneficiosos, caracterizados por realizar funciones, como la fijación del nitrógeno atmosférico, la solubilización del fósforo insoluble presente en el suelo, la antibiosis y la estimulación del crecimiento y desarrollo vegetal, todas ellas de suma importancia para el normal establecimiento y aumento de la productividad de especies cultivables de importancia económica en la agricultura.

La biodiversidad es una propiedad que condiciona la capacidad de recuperación del sistema edáfico ante una alteración y que le asegura su estabilidad funcional. Además, brinda la posibilidad de obtener microorganismos con capacidad de promover el crecimiento de los cultivos de tal manera que la sustentabilidad de los agroecosistemas se vea favorecida (Revista Argentina de Microbiología, 2011, p.1).

Dibut (2006), dice que los microorganismos del suelo tienen varias funciones dentro de las cuales están, el desarrollo de la estabilidad de agregados de los suelos cultivables, reciclaje de residuos orgánicos, producción de sustancias beneficiosas en la rizósfera de las plantas, fijación de nitrógeno atmosférico, transformación del fósforo del suelo, control de microorganismos dañinos, etc.

#### **2.4.7. Bacterias benéficas**

Según Richards (1987), los microorganismos que intervienen en la fijación biológica de nitrógeno atmosférico (FBNA) que es la reducción enzimática de nitrógeno ( $N_2$ ) a amonio ( $NH_4^+$ ), podemos clasificarlos en dos grupos a) microorganismos (bacterias hongos y algas) que fijan nitrógeno en forma no simbiótica o de vida libre y b) microorganismos que fijan el nitrógeno en forma simbiótica con plantas leguminosas y no leguminosas (azolla, gramíneas y otras), las mayores cantidades de nitrógeno atmosférico fijado, es llevado a cabo por leguminosas en asociación simbiótica con bacterias del género *Rhizobium*.



## **Bacterias fijadoras de nitrógeno**

En las bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre se encuentran los géneros más estudiados que son: *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Beijerinckia* y *Klebsiella*, los cultivos en donde ha sido más estudiado este proceso de fijación de nitrógeno son: caña de azúcar, arroz, sorgo, trigo y pastos tropicales forrajeros, donde la fijación de (N<sub>2</sub>) por bacterias asociativas y de vida libre es importante (Döbereiner, Urquiaga, Boddey y Ahmad, 1995, p.52).

Coyne (1999), menciona que algunas especies de *Bacillus* pueden fijar el nitrógeno por su distinto metabolismo, particularmente por su habilidad de degradar compuestos químicos orgánicos, estas bacterias se clasifican entre las Gram-negativas, este género presenta una gran vertibilidad metabólica y se ha demostrado su capacidad de llevar a cabo el proceso de fijación biológica de nitrógeno.

De acuerdo con el Centro Nacional de Investigaciones Científicas -CENIC- (2011), se han formulado biopreparados a partir de *Rhizobium* y *B. cereus*, en los que este último potencia la formación del nódulo por parte *Rhizobium*.

## **Bacterias solubilizadoras de fósforo**

Según Walters y Heil (2007), se evaluó que 25% de las bacterias de la rizósfera tiene un efecto benéfico sobre el crecimiento y las defensas de las plantas contra enfermedades. El papel de las bacterias promotoras del crecimiento como *Bacillus* spp, *Pseudomona* spp. *Azospirillum*, *Agrobacterium*, *Azotobacter*, *Arthrobacter*, *Alcaligenes*, *Rhizobium*, *Enterobacter*, *Burkholderia*, *Beijerinckia*, *Klebsiella*, *Clostridium*, *Xanthomonas*, *Phyllobacterium* y *Paenibacillus* spp, para el control biológico es reconocido y demostrado por numerosos estudios.

Osorio (2011), menciona que el fósforo se encuentra en diferentes compuestos orgánicos como fosfolípidos, fosfoazúcares, fosfatos de inositol, ácidos nucleicos, ATP, entre otros, que llegan al suelo mediante aporte de excretas de animales y de hojarasca en el suelo existen microorganismos capaces de solubilizar fosfato orgánico e inorgánico a partir de diversos mecanismos.

Según Coyne (1999), las bacterias que solubilizan activamente el fósforo representan un 10% de la población microbiana del suelo. Se trata fundamentalmente de organismos de la rizósfera, como *Bacillus*, *Micrococcus*, *Mycobacterium*, *Pseudomonas*.

#### **2.4.8. Hongos benéficos**

De acuerdo con Dibut (2006), hay hongos que son beneficiosos para la agricultura, que tienen funciones de promoción del crecimiento radicular, aportación de nutrientes para las plantas, entre estos organismos existe un grupo de hongos que forman una simbiosis con las plantas, de tal forma que una parte de sus hifas penetran en las raíces de las plantas y otra se encuentra en el suelo, este grupo es conocido como hongos micorrizogenos o micorrizas.

### **2.5. UTILIDAD DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS COMO BIOFERTILIZANTES**

Los biofertilizantes son preparados de microorganismos aplicados al suelo y/o planta con el fin de sustituir parcial o totalmente la fertilización sintética así como disminuir la contaminación generada por los agroquímicos. (Universidad Autónoma Indígena de México, 2010, p.51).

Dibut (2006), menciona que diferentes publicaciones científicas divulgadas en los últimos años, se ha tratado extensamente sobre la obtención y manejo de los biofertilizantes en el marco de la agricultura convencional, quedando explícitamente demostrado el notable efecto beneficioso de estos productos sobre una amplia gama de cultivos agrícolas, que acumulan a su vez una amplia diversidad genética, son preparados biodinámicos a base de suspensiones celulares con una alta población (entre 10<sup>9</sup>-10<sup>11</sup> UFC/ml), que se pueden presentar en forma líquida o soportada sobre sustratos sólidos.

#### **2.5.1. Investigaciones sobre aplicación de biofertilizantes**

De acuerdo con la FAO (2002), del área total del planeta (510 072 000 km<sup>2</sup>), la parte acuática representa 71% y la terrestre 29%; de la parte terrestre, sólo 13% se puede utilizar para la producción agrícola. Aun así, el 98% de los alimentos proviene del área agrícola y un 2% de la acuática. En los últimos años, la tasa de crecimiento de la producción agrícola ha disminuido; existen tres fuentes principales de crecimiento en la producción de cultivos: aumento de la tierra cultivada, incremento de la frecuencia de las cosechas y aumento de los rendimientos.

Según la Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas (2012), menciona que en las últimas décadas se ha tomado conciencia del agotamiento de los recursos naturales debido a la explotación desmesurada de los mismos. En el ámbito agrícola, el objetivo es lograr altos rendimientos por unidad de superficie para satisfacer la creciente demanda de alimentos, sin considerar la sostenibilidad de la producción (viabilidad técnica, rentabilidad económica y sin contaminación). Los éxitos de esta estrategia han sido importantes, pero es una agricultura muy ineficiente y altamente contaminante, la cual ha ocasionado la pérdida de la diversidad biológica, disminución de los recursos forestales, erosión del suelo, cambios climáticos, etc.

Según la FAO (2008), menciona que la fijación biológica de nitrógeno (FBN) contribuye con más N al crecimiento de las plantas que la cantidad total de fertilizantes nitrogenados aplicados a los cultivos. Alrededor de  $1.75 \times 10^8$  Mg N a<sup>-1</sup> se fijan biológicamente, lo que equivale a un poco más de la producción mundial de fertilizantes nitrogenados ( $8.9 \times 10^7$  Mg N a<sup>-1</sup>). En contraste, la fertilización nitrogenada en cultivos no leguminosos es una de los insumos más costosos en la agricultura.

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

Actualmente en el municipio de Monjas, Jalapa, la siembra de ejote francés ha mostrado un incremento significativo por parte de las compañías exportadoras, lo que ha generado el incremento en el uso de la tierra para dicho cultivo, como también la dependencia al uso excesivo de fertilizantes inorgánicos.

Según el MARM (2009), el uso irracional de fertilizantes como pesticidas puede ocasionar efectos negativos en el medio ambiente, afectar también a la población microbiana y la calidad de agua subterránea.

Los biofertilizantes son preparados de microorganismos aplicados al suelo y/o planta con el fin de sustituir la fertilización sintética así como disminuir la contaminación por los agroquímicos (Universidad Autónoma Indígena de México, 2010, p.51).

Según Hinsinger y Marshner (2006), el estudio de las interacciones raíz-suelo-microorganismo se considera actualmente central en numerosas ciencias relacionadas con la nutrición y salud vegetal.

Actualmente se cuenta con opciones tecnológicas a nivel comercial de compuestos de microorganismos con concentraciones y dosificaciones conocidas tal es el caso de Stand up® cuya composición química contiene a *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Azorhizobium* y *Trichoderma*, que se caracterizan por tener la capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico, mejorar la solubilidad del fósforo y potasio, y proteger el sistema radicular del daño de microorganismos fitopatógenos.

Es por ello que se propuso el realizar la investigación cuyo propósito fue el combinar el compuesto de microorganismos benéficos con tres proporciones de fertilizante distribuidas a partir de 50, 75 y 100 % en comparación con las tres proporciones sin microorganismos. Para lo cual se procedió a cuantificar el rendimiento total, exportable y calidad de vainas para establecer si existió un efecto respuesta debido al combinar el compuesto de microorganismos con el fertilizante.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto del compuesto de microorganismos benéficos, en combinación con tres proporciones de fertilizante, sobre el rendimiento y calidad de vainas en el cultivo de ejote francés, en Monjas, Jalapa.

### **4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Cuantificar el rendimiento total, exportable y rechazo de vainas por efecto de cada uno de los tratamientos.

Determinar si existe diferencia en el color de planta, por efecto de cada uno de los tratamientos.

Determinar si hay diferencia de altura de la planta, por efecto de cada uno de los tratamientos.

Realizar el análisis económico con el propósito de establecer la rentabilidad para cada tratamiento.

## **5. HIPÓTESIS**

### **5.1. HIPÓTESIS ALTERNATIVAS**

El efecto respuesta de la aplicación de microorganismos será diferente sobre el rendimiento total, exportable y calidad de vainas en comparación con no aplicar.

Por lo menos una de las proporciones de fertilizante tendrá una respuesta diferente en el rendimiento total, exportable y calidad de vainas, por efecto de la aplicación del compuesto de microorganismos en comparación con no aplicar.

Por lo menos uno de los tratamientos de la interacción, entre microorganismos y proporciones de fertilizantes tendrá un efecto diferente en comparación con no aplicar microorganismos.

## 6. METODOLOGÍA

### 6.1. LOCALIZACIÓN DEL TERRENO

El terreno se encuentra en el municipio de Monjas, Jalapa, a 148 kilómetros de distancia de la capital, con una altura de 950 metros sobre el nivel del mar aproximadamente.

Según El Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología de Guatemala -INSIVUMEH- (2015), Monjas tiene una temperatura de 25 a 35° C. Presenta una micro topografía plana, con una pendiente de 0 a 2%, sin presencia de piedras; En la mayor parte del área, los suelos van de moderadamente drenados a bien drenados, la erosión hídrica se caracteriza como laminar leve, y su densidad aparente oscila entre 1.00-1.50 g/cc.

Según la Clasificación de zonas de vida de Holdridge (2011), en cuanto a texturas, estas varían entre arcilla, franco arcilloso y arcillo arenosa, son suelos con más de 35% de arcillas.



Figura 4. Posición geográfica del municipio de Monjas (EXAGRIS 2014).

## 6.2. MATERIAL EXPERIMENTAL

### 6.2.1 Variedad Sapporo

Es un ejote francés de color verde oscuro que es ideal para mercado fresco. Esta variedad permite incrementar los ingresos de comercialización de la cosecha debido a su alto rendimiento y calidad superior. Además, tiene una maduración concentrada con un alto porcentaje de vainas de primera calidad, las cuales están distribuidas en toda la planta. La estructura de su planta brinda ahorros en la aplicación de agroquímicos durante el ciclo de cultivo y se adapta a zonas de producción con clima húmedo. Escala de color 1=más oscuro; 5=más claro, 1. Longitud aproximada, 5.5-6 pulgadas. Madurez relativa, 56-57 días. Resistencia alta, BCMV. Tipo Estándar. Tamiz 2-3, 70. Tamiz 3-4, 30 (Seminis, 2015).

### 6.2.2 Stand Up®

Según Farmorganix (2014), es una combinación de microorganismos benéficos, principalmente de los géneros *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Trichoderma* y *Azorhizobium*, que no contiene organismos patógenos o genéticamente modificados. Los microorganismos en la fórmula de Stand Up®, funcionan simbióticamente y sin antagonismo para mejorar la fertilidad del suelo y nutrición de los cultivos.

### Composición de Stand Up®

Tabla 3. Componentes de ingredientes en porcentajes

| Ingrediente               | Contenido (%) |
|---------------------------|---------------|
| Ácidos húmicos            | 3             |
| Microorganismos benéficos | 1             |
| Agua                      | 96            |
| Total                     | 100           |

(Farmorganix, 2014).

Observación: El contenido de ácidos húmicos, es absolutamente necesaria y utilizada para la supervivencia de los microorganismos.



Tabla 4. Microorganismos contenidos en la fórmula de Stand up®

| Microorganismo         | Cantidad en Unidades Formadoras de Colonias (UFC) |
|------------------------|---------------------------------------------------|
| <i>Azorhizobium</i> sp | 1x10 <sup>9</sup>                                 |
| <i>Bacillus</i> spp    | 1x10 <sup>9</sup>                                 |
| <i>Pseudomonas</i> sp  | 1x10 <sup>9</sup>                                 |
| <i>Rhizobium</i> spp   | 2x10 <sup>9</sup>                                 |
| <i>Rhizobium</i> sp    | 1x10 <sup>9</sup>                                 |
| <i>Trichoderma</i> spp | 1x10 <sup>9</sup>                                 |

(Farmorganix, 2014)

**Dosis de Stan Up®:** Para leguminosas se recomienda aplicar 5 L/ha al momento de la emergencia y 5 L/ha, 15 días después de la emergencia.

### 6.2.3. Fuentes de fertilizante

Se utilizaron tres fuentes de fertilizante.

Urea (46-0-0), fuente de nitrógeno

Fosfato Diamónico –DAP- (18-46-0), fuente de nitrógeno y fósforo

Cloruro de Potasio (0-0-60), fuente de potasio

### 6.3. FACTOR A ESTUDIAR

**Factor A:** Con Stand Up® y Sin Stand Up® (parcela grande)

**Factor B:** Proporciones (%) de fertilizante 50, 75 y100 (parcela pequeña)

#### 6.4. DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Tabla 5. Conjunto de tratamientos a evaluar, proporciones de fertilizante, con/sin, stand up

| Orden | Factor A      | Factor B       | Tratamientos                    |
|-------|---------------|----------------|---------------------------------|
|       | Stand Up®     | Proporciones % |                                 |
| 1     | Con Stand Up® | 50             | Stand Up®+50% fertilizante      |
| 2     |               | 75             | Stand Up®+75% fertilizante      |
| 3     |               | 100            | Stand Up®+100% fertilizante     |
| 4     | Sin Stand Up® | 50             | Sin Stand Up®+50% fertilizante  |
| 5     |               | 75             | Sin Stand Up®+75% fertilizante  |
| 6     |               | 100            | Sin Stand Up®+100% fertilizante |

Las aplicaciones del compuesto de microorganismos (Stan Up®) en parcela grande se dividieron en dos, la primera aplicación se realizó al momento de la emergencia en el sistema de riego por goteo, con la ayuda de un ventury y una segunda 15 días después de siembra (dds).

La aplicación de fertilizante se realizó en banda, en una sola aplicación.

#### 6.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

La presente investigación se realizó bajo la estructura de un arreglo factorial en parcelas divididas, donde la parcela grande estuvo constituida por la aplicación y no aplicación de Stand Up®, y la parcela pequeña por las proporciones de fertilizante, la distribución de los tratamientos se realizó en bloques completos al azar, con seis tratamientos y cuatro repeticiones haciendo un total de 24 unidades experimentales.

## 6.6. MODELO ESTADÍSTICO

El modelo estadístico utilizado para el arreglo factorial de parcelas divididas es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + a_i + B_j + (aB)_{ij} + p_k + (ap)_{ik} + E_{ijk}$$

Dónde:

$Y_{ij}$  = Valor de la variable respuesta, asociado a la  $ijk$ -ésima unidad experimental

$\mu$  = media general

$a_i$  = efecto del  $i$ -ésimo nivel del factor A (Con y sin Stand Up®)

$B_j$  = efecto del  $j$ -ésimo bloque

$(aB)_{ij}$  = efecto de la interacción del  $i$ -ésimo nivel del factor A con el  $j$ -ésimo bloque.

$p_k$  = efecto del  $k$ -ésimo nivel del factor B (proporciones de fertilizante)

$(ap)_{ik}$  = efecto debido a la interacción del  $i$ -ésimo nivel del factor A con el  $k$ -ésimo nivel del factor B

$E_{ijk}$  = error experimental asociado a  $Y_{ijk}$ . (Kuehl, 2001).

## 6.7. UNIDAD EXPERIMENTAL

La unidad experimental utilizada en la investigación se conformó por una área total de 691.2 metros cuadrados ( $m^2$ ).

### Parcela Grande

La parcela grande se constituyó de 24 surcos con seis metros de largo distanciados a 1.2 m entre surco y un distanciamiento entre plantas de 0.20 m constituida por un área grande de 172.8  $m^2$ .

### Parcela bruta (parcela pequeña)

La parcela bruta se constituyó 8 surcos con seis metros de largo distanciados a 1.2 m entre cada surco y un distanciamiento entre plantas de 0.20 m por lo que cada parcela bruta tiene una área de 57.60  $m^2$ .

### Parcela neta

La parcela neta se constituyó por los 4 surcos centrales dejando un borde de dos metro en cada extremo quedando 6 metros de largo por cada surco y un distanciamiento entre surco de 1.2 m y 0.20 m por cada planta teniendo una área total de 28.8  $m^2$ .

## 6.8. CROQUIS DE CAMPO

Área total del experimento 691.20 m<sup>2</sup>

Parcela grande 172.8 m<sup>2</sup>

Parcela pequeña 57.60 m<sup>2</sup>

Parcela neta: 28.8 m<sup>2</sup>

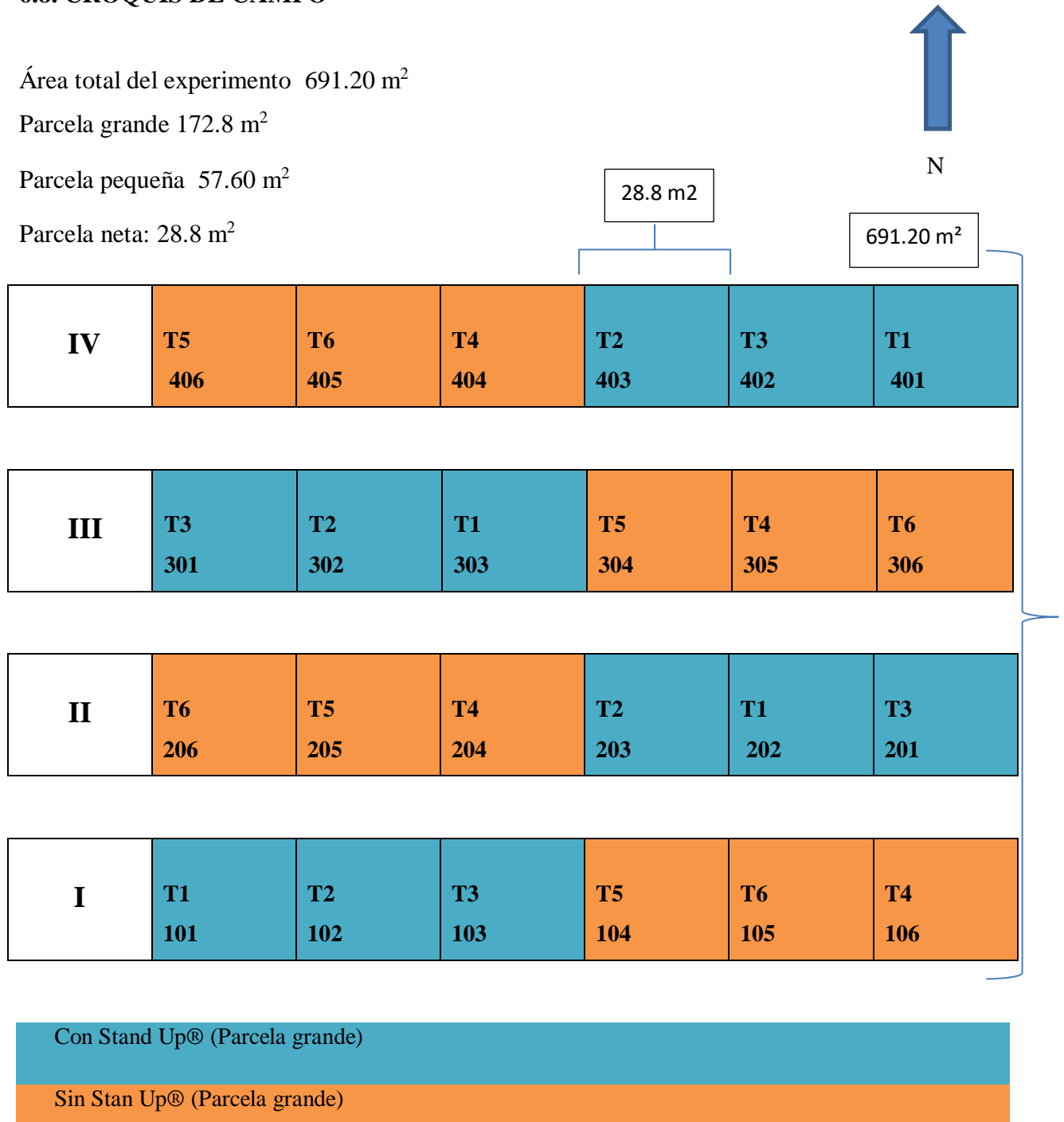


Figura 5. Distribución de tratamientos

## **6.9. MANEJO DEL EXPERIMENTO**

### **Mecanización**

La preparación del suelo se realizó 15 días antes de la fecha de siembra, realizando dos pasadas de rototiller, una de arado y dos de rastra, esto es con el fin de romper la capa dura del suelo fértil y permitir una mejor aireación del suelo para proporcionarle al sistema radicular de las plantas, las condiciones adecuadas para su desarrollo. Luego de mullir el suelo, se realizó el surqueado, el cual se orientara en dirección paralela a la pendiente del terreno, obteniendo surcos distanciados entre sí a 1.2 m, con una altura aproximada de 30 cm.

### **Preparación del terreno**

Ya con el surqueado se formaron camas dándole la altura adecuada para evitar encharcamiento. Se terminaron de formar con la ayuda de azadones para darle una mejor altura y darle la forma adecuada tomando en cuenta las exigencias del cultivo.

### **Colocación del acolchado y cinta de riego**

El acolchado que se colocó en dicho experimento fue plata-negro siendo uno de los más utilizados en el cultivo de hortalizas, con perforaciones a 20 centímetros (cm), distancia a la cual se establecerán las semillas de ejote francés. Cada una de las camas tenía una cinta de riego con goteros a 10 cm y una descarga de gotero de 0.5 L/h, la cual se tensa al centro de las camas de forma manual, atándola a estacas al final de los surcos. Luego se colocó el acolchado, el cual se sostuvo con suelo que se encuentra suelto entre las calles para evitar que el viento lo pueda arrastrar y descubrir el suelo preparado.

### **Siembra**

Se sembró dos semillas por cada 0.20 m de distancia entre planta quedando cerca de la cinta de goteo justo en medio, ya que se hizo la siembra a doble hilera para el mejor aprovechamiento del terreno y la cinta de riego.

### **Colocación de polipropileno**

Después de la siembra al día siguiente se procedió a la colocación de polipropileno, colocándose arcos de metal 1 arco cada 2 m, de distancia, sujetos por pita y estacas, en la parte de arriba y en la parte de abajo con suelo, para evitar los daños del viento. El mismo será

retirado a los 30 días después de siembra, cuando la planta comience los procesos de floración y fructificación.

### Riego

Al suelo se le aplico agua, luego de haber terminado de colocado el acolchado y cinta de riego, así como haberle dado también la fertilización base, para propiciar a que el abono colocado en el suelo se solubilice, y este disponible al momento que la semilla comience a germinar en el suelo. Los riegos durante todo el ciclo se realizaron conforme fue necesario a la planta y las condiciones climáticas que se presenten.

### Fertilización

Con los resultados del análisis de suelo, se realizó la formulación de requerimientos que fue la base para definir las tres proporciones del cultivo. Lo que se necesita de fertilizante aplicar son N 117.60 kg, P 94.43 kg, K 18.23 kg. Puro. Con base a estos resultados se realizó el cálculo del tipo de fertilizante a utilizar. La fertilización se realizó de forma granulada con una sola aplicación incorporada a la base del suelo, adicionalmente desde los 15 días después de la germinación con la frecuencia de 8 días se hicieron aplicaciones foliares de Zinc, Boro, Calcio y elementos menores a las dosis recomendadas de los fabricantes. La fórmula de fertilizante granulada que se utilizó es la siguiente:

Tabla 6. Requerimiento de fertilizante en el cultivo ejote francés por hectárea.

| Formula NPK                        | Aplicación   | Dosis/ha  | Stand Up®       |
|------------------------------------|--------------|-----------|-----------------|
| 18-46-0                            | Granulada    | 204.54 kg |                 |
| 0-0-60                             | Granulada    | 45.45 kg  | 10 L/ha         |
| 46-0-0                             | Granulada    | 175.45 kg |                 |
| Total                              | Fertilizante | 425.44 kg | 10 L. Stand Up® |
| Proporciones % fertilizante: 100%= |              | 425.44 kg |                 |
| 75%=                               |              | 319.08 kg |                 |
| 50%=                               |              | 212.72 kg |                 |

## Stand Up®

Al momento de la emergencia se aplicó la dosis recomendada de Stand Up®, vía sistema de riego por goteo y a los 15 dds, se aplicó la segunda dosis de Stand Up®, según lo manda el manual de formulación, con los debidos cuidados de manejo.

## Control fitosanitario

En este experimento se llevaron a cabo aplicaciones con productos preventivos, curativos, de contacto y sistémicos, la mayoría para el control de plagas, no se aplicaron fungicidas ni bactericidas en el cultivo para proteger los microorganismos benéficos.

Tabla 7. Moléculas químicas usadas en ejote francés.

| Nombre Comercial      | Ingrediente Activo             | Días a Cosecha |
|-----------------------|--------------------------------|----------------|
|                       | Planeado El Uso                |                |
| Cabrio Team           | Dimetomorf + Piraclostrobin    | 42             |
| Muralla® Delta 190 OD | Imidacloprid + Deltametrina    | 42             |
| Prevalor 84 SL        | Fosetil Aluminio + Propomocarb | 35             |
| Karate Zoen           | Lambdacihalotrina              | 35             |
| Movento 15 OD         | Spirotetramate                 | 28             |
| Dibron                | Naled                          | 25             |
| Lash                  | Metomil                        | 21             |
| Zapador 20 SC         | Fipronil                       | 21             |
| Rescate 20 SP         | Acetamiprid                    | 16             |
| Coragen® 20 SC        | Chlorantraniliprole            | 11             |
| Karate Zoen           | Lambdacihalotrina              | 11             |
| Movento 15 OD         | Spirotetramate                 | 6              |

(Finca la Tuna, 2017).

## **Tutorado**

Se llevó a cabo el destape del micro túneles, la pita se colocó a los 30 cm de altura, para poder sostener las plantas y posteriormente se colocó una pita más para poder sostener la planta con las vainas.

## **Cosecha**

La cosecha se inició a los 56 días después de siembra cuando las vainas se aproximan a su máximo tamaño pero los óvulos no han completado un cuarto de su tamaño normal. La vaina debe ser tierna, color verde claro opaco y de forma alargada, recta o ligeramente cóncava; formas enrolladas disminuyen su calidad. El diámetro es preferible de 0.02 a 0.03 m y el largo de 0.12 a 0.17 m su textura deberá ser suave, sin fibras, con ausencia de daños mecánicos, pudriciones y daños por trips. La cosecha se realizó a mano con mucho cuidado para no dañar las vainas y se colocaron en canastas plásticas sin llenarlas para evitar daños mecánicos.

## **6.10. VARIABLES RESPUESTA**

### **6.10.1. Rendimiento total de vainas en kilogramo por hectárea (kg/ha)**

Se tomaron datos del peso fresco de vainas total por cada tratamiento en cada parcela neta por repetición y para lo cual se utilizó una balanza analítica para obtener los datos.

### **6.10.2. Rendimiento de vainas exportables en kilogramos por hectárea (kg/ha)**

Se clasificaron las vainas cosechadas por tratamiento que llenaban los requisitos para exportación cuyas medidas debían estar entre 12 a 17 cm de largo y un diámetro de entre 6 a 8 milímetros (mm), para lo cual se utilizó un calibrador de ejote y luego se procedió a tomar el peso con una balanza analítica (Observar figura 22, en anexos).

### **6.10.3. Rendimiento de vainas de rechazo en kilogramos por hectárea (kg/ha)**

Se tomaron datos del peso de las vainas cosechadas por tratamiento que presentan mal formaciones o daños y que no llene los estándares de calidad para la exportación, se utilizó una balanza analítica para determinar el peso exacto.



#### **6.10.4. Intensidad de color de planta**

La intensidad de color verde a nivel de planta fue medida utilizando una tabla cuya escala va de 1 a 20 y dependiendo de la intensidad del verde va aumentando en la escala. Para lo cual se tomó el follaje de las hojas apicales tomando plantas al azar por tratamiento (Consultar Figura 17, en anexos).

#### **6.10.5. Altura de planta en centímetros altura (cm)**

Se midió la altura de cuatro plantas desde la base del acolchado hasta el crecimiento apical, así con cada tratamiento, para después sacar un promedio por tratamiento. Se utilizó cinta métrica (Consultar Figura 18, en anexos).

#### **6.10.6. Costos de producción**

Se calculó los costos de producción para cada uno de los tratamientos, dicha información fue necesaria para realizar el análisis económico.

### **6.11. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

#### **6.11.1. Análisis estadístico**

Para el análisis de las variables bajo estudio se hizo uso del paquete estadístico InfoStat (versión 2012). Además se realizó un análisis de COVARIANZA del número de plantas cosechadas por tratamiento con el propósito de establecer si ejercieron algún efecto sobre el rendimiento.

Para la variable intensidad de color se realizó una prueba de normalidad Shapiro Wilks la cual determino que la distribución de datos no es paramétrica y por lo tanto se procedió a realizar la transformación de datos ( $\sqrt{X + 1}$ ).

#### **6.11.2. Análisis económico**

##### **a. Presupuestos parciales**

Este es un método que se utiliza para organizar los datos experimentales con el fin de obtener los costos y beneficios de los tratamientos alternativos (Centro Internacional de Mejoramiento de Maiz y Trigo –CIMMYT-1988).

## **b. Análisis de dominancia**

Determinados los beneficios netos para cada tratamiento, se realiza el análisis de dominancia, el principio económico que soporta el análisis es que es beneficioso para el productor continuar invirtiendo hasta el punto donde el retorno de cada unidad extra invertida sea igual a su costo. Clasificando los tratamientos incluyendo el testigo absoluto que el productor usa normalmente, ordenándolos de menor a mayor dosis, en base a sus costos, conjuntamente con sus respectivos beneficios netos. Moviéndose del tratamiento de menor al de mayor costo, el tratamiento que cueste más, que el anterior pero rinda un menor beneficio neto, se dice que es “dominado” y se excluye del análisis (Evans, 2013).

## **C. Tasa marginal de retorno (TMR%)**

Según Tzarax (2015), la tasa marginal de retorno o MRR (por sus siglas en inglés) puede ser definida como la tasa de rendimiento por unidad. La MRR se suele utilizar en combinación con el análisis marginal. El análisis marginal compara las tasas marginales de rendimiento con las tasas mínimas del rendimiento esperado.

## 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1. RENDIMIENTO TOTAL DE VAINAS EN KILOGRAMO POR HECTÁREA (kg/ha)

En la tabla 8, se presentan los resultados del análisis de covarianza donde se determinó que el número de plantas cosechadas para tratamientos tuvo un efecto altamente significativo es decir que dicha variable estuvo influenciado por la variación del número de plantas cosechadas por lo que se procedió a realizar el ajuste para cada tratamiento a partir del coeficiente de regresión 47.56.

Tabla 8. Análisis de covarianza para plantas cosechadas de ejote francés

| F.V.        | Gl | CM          | F     | p-valor   | Coef  |
|-------------|----|-------------|-------|-----------|-------|
| Modelo.     | 9  | 9789367.11  | 2.68  | 0.0480    |       |
| TRATAMIENTO | 5  | 1621655.73  | 0.44  | 0.8109    |       |
| BLOQUE      | 3  | 20874960.22 | 5.71  | 0.0091    |       |
| # PLANTAS   | 1  | 41513938.95 | 11.36 | 0.0046 ** | 47.56 |
| Error       | 14 | 3655535.54  |       |           |       |

0.05 < p-valor = no hay diferencia estadística N.S

0.05 > p-valor = existe significancia estadística

En la tabla 9, se presentan los resultados del análisis de varianza para datos ajustados para rendimiento total de vainas y donde no se obtuvo significancia estadística para factores independientes como tampoco para la interacción entre ellos. Es decir que estadísticamente el efecto de aplicar o no el compuesto de microorganismos benéficos (Stand Up®) no mostro diferencias, como también para las tres proporciones de fertilizante el efecto fue similar y la respuesta de combinar el compuesto de microorganismos benéficos con cada una de las proporciones de fertilizante no se obtuvo un comportamiento diferente.

Tabla 9. Análisis de varianza para rendimiento total ajustado de vainas en kg/ha.

| F.V.                   | Gl | CM          | F    | p-valor     |
|------------------------|----|-------------|------|-------------|
| Modelo.                | 11 | 4104053.24  | 1.17 | 0.3922      |
| BLOQUE                 | 3  | 13417506.13 | 3.84 | 0.0389 *    |
| CON/SIN                | 1  | 1653015.08  | 0.47 | 0.5049 N.S. |
| CON/SIN*BLOQUE(a)      | 3  | 202916.71   | 0.06 | 0.9808      |
| PROPORCIONES %         | 2  | 1014643.49  | 0.29 | 0.7533 N.S. |
| CON/SIN*PROPORCIONES % | 2  | 300507.53   | 0.09 | 0.9182 N.S. |
| Error (b)              | 12 | 3497928.26  |      |             |

C.V. % =13.77

(0.05<p-valor)= no hay diferencia estadística N.S.

(0.05>p-valor)= existe significancia estadística.

Se obtuvo un valor de coeficiente de variación de 13.77%, lo que nos indica que la desviación de los puntos con relación a la media general se considera aceptable, lo que se interpreta que la investigación estuvo bajo un manejo adecuado y que por lo tanto la información es confiable.

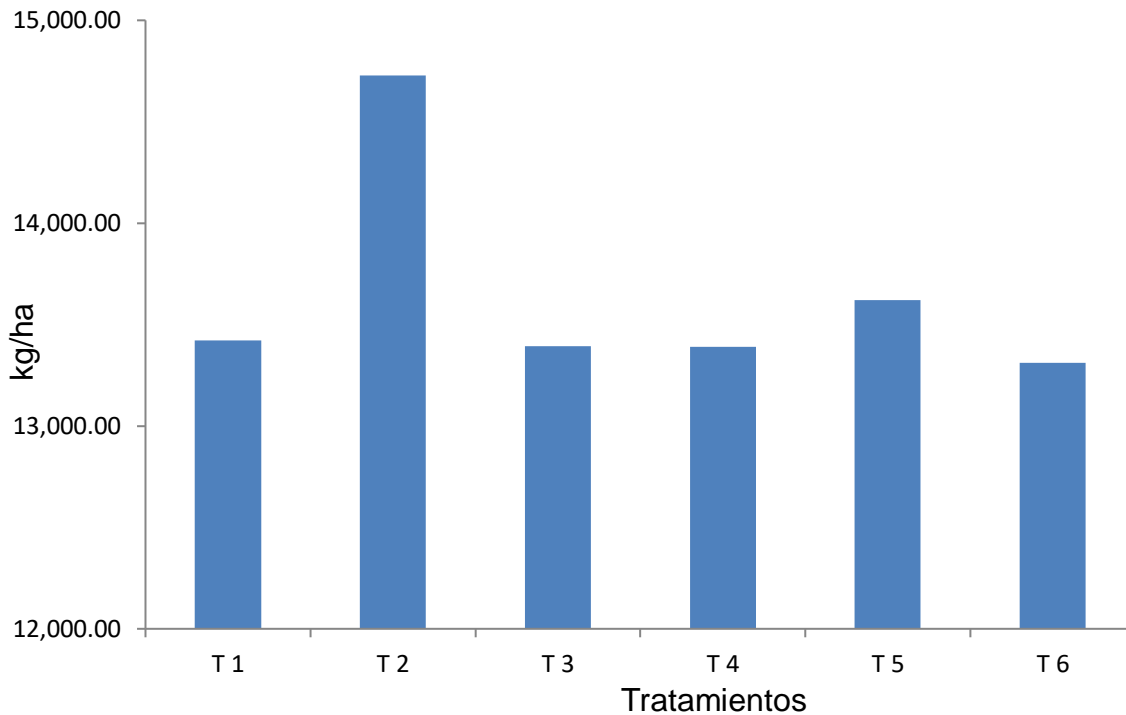


Figura 6. Rendimiento total ajustado de vainas de ejote francés en kg/ha para tratamientos

En la figura 6, se observa el efecto de cada tratamiento y donde el T<sub>2</sub> (Stand Up+75% fertilizante) fue el que obtuvo el mayor rendimiento promedio de 14,727.75 kg/ha, seguido del tratamiento T<sub>5</sub> (Sin Stand Up+75% fertilizante) con promedio de 13,620.58, siendo la proporción del 75% el factor común en los dos tratamientos.

Es importante hacer mención que aunque estadísticamente no se obtuvo diferencias significativas para factores independientes como para la interacción sí hubo una respuesta fisiológica en función de las diferencias de rendimiento entre tratamientos y que el mejor rendimiento se alcanzó con la fuente microorganismos benéficos (Stand Up®).

## 7.2 RENDIMIENTO DE VAINAS EXPORTABLES EN KILOGRAMOS POR HECTÁREA (kg/ha)

En la tabla 10, se presentan los resultados del análisis de covarianza donde se determinó que el número de plantas cosechadas para tratamientos tuvo un efecto altamente significativo es decir que dicha variable estuvo influenciada por la variación del número de plantas cosechadas por lo que se procedió a realizar el ajuste para cada tratamiento a partir del coeficiente de regresión 42.61.

Tabla 10. Análisis de covarianza para plantas cosechadas de ejote francés

| F.V.        | Gl | CM          | F     | p-valor | Coef  |
|-------------|----|-------------|-------|---------|-------|
| Modelo.     | 9  | 8415129.26  | 3.47  | 0.0184  |       |
| TRATAMIENTO | 5  | 3064537.87  | 1.27  | 0.3323  |       |
| BLOQUE      | 3  | 18441799.16 | 7.61  | 0.0029  |       |
| # PLANTAS   | 1  | 33320819.99 | 13.76 | 0.0023  | 42.61 |
| Error       | 14 | 2422371.78  |       |         |       |

(0.05<p-valor)= no hay diferencia estadística N.S.

En la tabla 11, se presentan los resultados del análisis de varianza y donde se obtuvo una respuesta similar con el rendimiento total ajustado, donde no hubo significancia estadística para factores independientes como tampoco para la interacción entre ellos.

Tabla 11. Análisis de varianza para rendimiento ajustado de vainas exportables de ejote francés en kg/ha

| F.V.                   | Gl | CM          | F    | p-valor     |
|------------------------|----|-------------|------|-------------|
| Modelo.                | 11 | 3842429.10  | 1.41 | 0.2811      |
| BLOQUE                 | 3  | 11224924.70 | 4.12 | 0.0318 *    |
| CON/SIN                | 1  | 3581178.70  | 1.32 | 0.2738 N.S. |
| CON/SIN*Bloque(a)      | 3  | 157946.16   | 0.06 | 0.9808      |
| PROPORCIONES %         | 2  | 2034555.60  | 0.75 | 0.4945 N.S. |
| CON/SIN*PROPORCIONES % | 2  | 233908.82   | 0.09 | 0.9182 N.S. |
| Error (b)              | 12 | 2722714.76  |      |             |

C.V.=15.81%

(0.05<p-valor)= no hay diferencia estadística N.S.

(0.05>p-valor)= existe significancia estadística

El coeficiente de variación fue de 15.81%, lo que indica que la desviación de los puntos con relación a la media general se considera aceptable y por lo tanto se puede afirmar que la investigación se realizó bajo un manejo adecuado y por lo mismo la información se considera confiable.

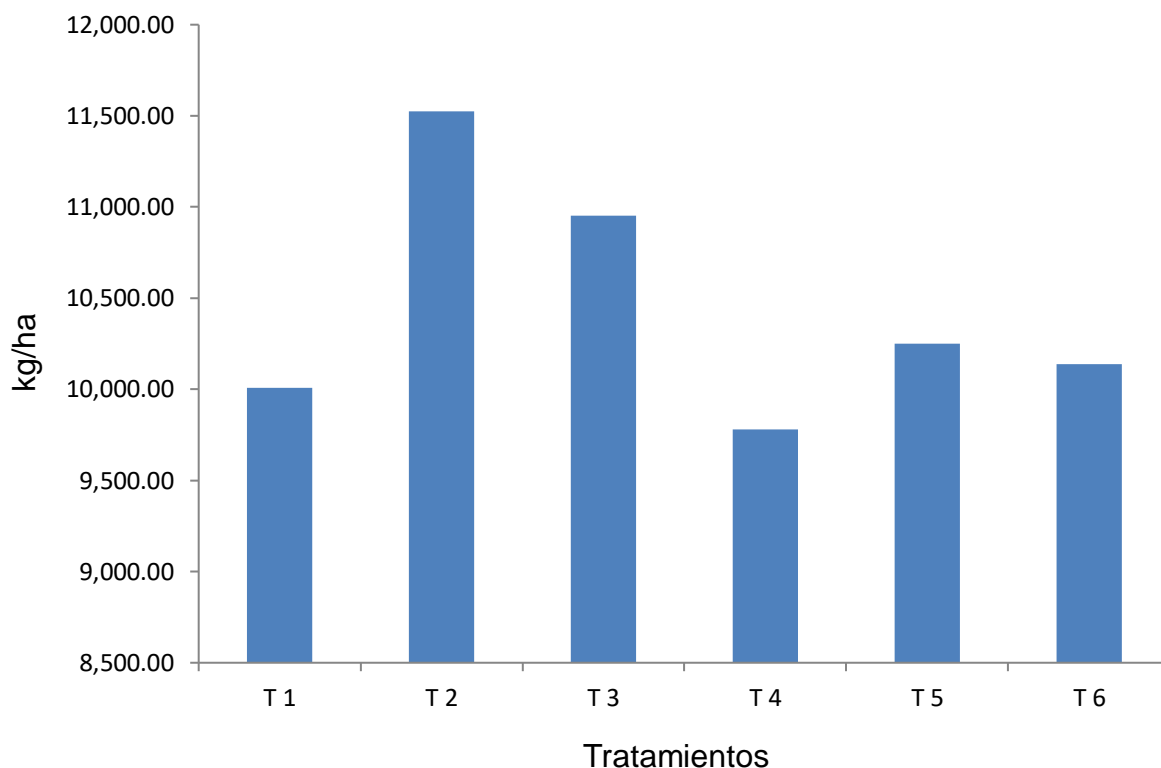


Figura 7. Rendimiento exportable ajustado de vainas de ejote francés en kg/ha para tratamientos.

En la figura 7, se puede observar que aunque de no existir una diferencia estadística significativa entre los tratamientos del arreglo factorial, si hay una respuesta en el cultivo a la aplicación de Stand Up® en el rendimiento exportable, siendo los tratamientos T2= Con Stand Up® más 75% fertilizante con promedio de 11,500 kg/ha y T3= Con Stand Up® más 100% fertilizante cuyo promedio es de 10,900 kg/ha los que sobresalieron sobre los demás.

### 7.3 RENDIMIENTO DE VAINAS DE RECHAZO EN KILOGRAMOS POR HECTÁREA (kg/ha).

El análisis de covarianza estadísticamente fue no significativo es decir que plantas cosechadas no ejercieron ningún efecto sobre el rendimiento de vainas de rechazo y por lo tanto no se justificó realizar el ajuste (ver tabla 12).

Tabla 12. Análisis de covarianza para plantas cosechadas de ejote francés

| F.V.        | Gl | CM         | F    | p-valor | Coef      |
|-------------|----|------------|------|---------|-----------|
| Modelo.     | 9  | 862599.72  | 2.10 | 0.1026  |           |
| TRATAMIENTO | 5  | 227744.20  | 0.56 | 0.7324  |           |
| BLOQUE      | 3  | 2069627.94 | 5.05 | 0.0141  |           |
| # PLANTAS   | 1  | 20536.08   | 0.05 | 0.8262  | N.S. 1.06 |
| Error       | 14 | 410189.36  |      |         |           |

(0.05<p-valor)= no hay diferencia estadística N.S.

En la tabla 13, se observa que se obtuvo alta significancia estadística para el factor aplicar y no microorganismos benéficos, como también para el factor proporciones de fertilizantes y no así para la interacción entre factores.

Tabla 13. Análisis de varianza para rendimiento de vainas de rechazo de ejote francés en kg/ha.

| F.V.                   | Gl | CM         | F       | p-valor     |
|------------------------|----|------------|---------|-------------|
| Modelo.                | 11 | 701549.05  | 338.14  | <0.0001     |
| BLOQUE                 | 3  | 2134392.98 | 1028.77 | <0.0001**   |
| CON/SIN                | 1  | 316701.19  | 152.65  | <0.0001 **  |
| CON/SIN*BLOQUE(a)      | 3  | 120.36     | 0.06    | 0.9808      |
| PROPORCIONES %         | 2  | 498220.95  | 240.14  | <0.0001 **  |
| CON/SIN*PROPORCIONES % | 2  | 178.24     | 0.09    | 0.9182 N.S. |
| Error (b)              | 12 | 2074.71    |         |             |



C.V. =1.39%

(0.05<p-valor)= no hay diferencia estadística N.S.

(0.05>p-valor)= existe significancia estadística \*

(0.01>p-valor)= existe alta significancia estadística \*\*

Se obtuvo un valor de coeficiente de variación de 1.39%, lo que nos indica que la desviación de los puntos con relación a la media general si son aceptables, lo que significa que la investigación estuvo con un manejo adecuado y que la información es confiable.

La diferencia real entre el aplicar microorganismos (Stand Up®) estadísticamente fue diferente y superior a no aplicar es decir que se registró menos rechazo de vainas al aplicar microorganismos benéficos (ver tabla 14).

Tabla 14. Prueba de Scheffe 5% para aplicar o no microorganismos (Stand Up®) rechazo

| CON/SIN  | Medias    |
|----------|-----------|
| Stand Up | 3152.19 A |
| Sin      | 3381.94 B |

Comparador Scheffe: 30.74

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.01$ )

En la tabla 15, las diferencias reales entre proporciones, determinó que el aplicar el 100 por ciento de fertilizante estadísticamente fue diferente a 75 y 50 por ciento; y la proporción de 75 por ciento fue diferente a 50 por ciento; Es decir que fertilizar con el cien por ciento se obtuvo menos rechazo de vainas.

Tabla 15. Prueba de Scheffe 5% para proporciones de fertilizante

| PROPORCIONES % Medias |         |   |
|-----------------------|---------|---|
| 100                   | 3009.55 | A |
| 75                    | 3283.85 | B |
| 50                    | 3507.81 | C |

Comparador Scheffe: 61.75

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.01$ )

#### 7.4 INTENSIDAD DE COLOR A NIVEL FOLIAR

En la tabla 16, se presentan los resultados de datos transformados para la intensidad de color y donde no se obtuvo significancia estadística para factores independientes y la interacción, por lo que la intensidad de color a nivel foliar no mostro cambios significativos.

Tabla 16. Análisis de la varianza para datos transformados de intensidad de color de las plantas ejote francés

| F.V.                   | Gl | CM      | F       | p-valor     |
|------------------------|----|---------|---------|-------------|
| Modelo.                | 11 | 0.01    | 0.44    | 0.9081      |
| BLOQUE                 | 3  | 0.01    | 0.55    | 0.6581      |
| CON/SIN                | 1  | 0.01    | 0.81    | 0.3871 N.S. |
| CON/SIN*BLOQUE (a)     | 3  | 0.01    | 0.55    | 0.6581      |
| PROPORCIONES %         | 2  | 4.6E-03 | 0.36    | 0.7018 N.S. |
| CON/SIN*PROPORCIONES % | 2  | 3.6E-06 | 2.8E-04 | 0.9997 N.S. |
| Error (b)              | 12 | 0.01    |         |             |

C.V. =3.65%

( $0.05 < p\text{-valor}$ )= no hay diferencia estadística N.S.

( $0.05 > p\text{-valor}$ )= existe significancia estadística \*

(0.01>p-valor)= existe alta significancia estadística \*\*

Prueba de Normalidad Shapiro-Wilks p-valor <0.0001 \*\*

$\sqrt{X+1}$

Se obtuvo un valor de coeficiente de variación de 3.65%, lo que nos indica que la desviación de los puntos con relación a la media general se consideran aceptables, lo que significa que la investigación estuvo con un manejo adecuado y que la información es confiable.

### 7.5 ALTURA DE PLANTA EN CENTIMETROS (cm)

A continuación se presenta en la tabla 17, los resultados del análisis de varianza para la variable altura de planta (cm), donde se observa que no hubo significancia estadística para los factores A, Con/Sin Stand Up, y factor B, proporciones % de fertilizante, por lo que en esta evaluación todos los tratamientos presentaron una misma altura .

Tabla 17. Análisis de la varianza para la variable altura de planta (cm)

| F.V.                   | Gl | CM    | F    | p-valor |
|------------------------|----|-------|------|---------|
| Modelo.                | 11 | 8.60  | 1.61 | 0.2132  |
| BLOQUE                 | 3  | 15.13 | 2.83 | 0.0832  |
| CON/SIN                | 1  | 8.46  | 1.58 | 0.2323  |
| CON/SIN*BLOQUE (a)     | 3  | 9.14  | 1.71 | 0.2179  |
| PROPORCIONES %         | 2  | 6.21  | 1.16 | 0.3461  |
| CON/SIN*PROPORCIONES % | 2  | 0.45  | 0.08 | 0.9206  |
| Error (b)              | 12 | 5.35  |      |         |

C.V. =4.26%

(0.05<p-valor)= no hay diferencia estadística N.S.

El valor del coeficiente de variación fue de 4.26%, el cual nos indica que la desviación de los puntos con relación a la media general son aceptables, por lo que se considera que la investigación estuvo bajo un manejo adecuado y que la información es confiable.

## 7.6 ANÁLISIS ECONÓMICO

### 7.6.1 Presupuestos parciales

Se realizó el cálculo de presupuestos parciales para cada tratamiento evaluado, esto con el fin de determinar de una forma más específica la rentabilidad neta de cada una de las tecnologías agronómicas y poderlas comparar cada una de ellas Con/Sin Stand Up, proporciones % de fertilizante. Tomando como base el precio promedio de Q7.00 el kilogramo de ejote francés exportable.

En la tabla 18, se observa que el T2 (Stand Up +75% de fertilizante), T3 (Stand Up+100% fertilizante), se consideran tratamientos factibles para su implementación en la producción de ejote francés para exportación, porque generaron beneficios positivos dentro del análisis de presupuestos parciales. El T2 (Stand Up +75% de fertilizante), fue el que genero mayor beneficio económico, Q 6,415.91 en los ingresos de la producción.

Tabla 18. Presupuestos parciales para tratamientos de libras exportables en quetzales.

| Tratamiento | IA      | RC     | CA   | DI      | B        |
|-------------|---------|--------|------|---------|----------|
| T1 50% Con  | 0       | 952.75 | 2000 | 2660.98 | -3708.23 |
| T2 75% Con  | 7939.54 | 476.37 | 2000 | 0       | 6415.91  |
| T3 100% Con | 3929.10 | 0      | 2000 | 0       | 929.10   |
| T4 50% Sin  | 0       | 952.75 | 0    | 4268.46 | -3315.71 |
| T5 75% Sin  | 0       | 476.37 | 0    | 970.62  | -494.24  |
| T6 100% Sin | 0       | 0      | 0    | 1766.10 | -1766.10 |

IA= Ingresos Adicionales, RC= Reducción de Costos, CA= Costos Adicionales,

DI= Disminución de Ingresos, B= Beneficio.

### 7.6.2 Análisis de dominancia

En la tabla 19, se presenta el análisis de dominancia para los tratamientos, el cual nos indica los que dominan son el Tratamiento 5 y 2 los cuales el tratamiento 5, no genera aumento en la inversión pero la utilidad neta no es significativa como la del tratamiento 2, que generan un aumento dentro de la inversión, pero los ingresos netos también se incrementan de una forma proporcional significativa.

Tabla 19. Análisis de dominancia para tratamientos de ejote francés en quetzales por hectárea

| Tratamiento | Costos Variables | Utilidad Neta | Dominancia |
|-------------|------------------|---------------|------------|
| T4 50% Sin  | 952.75           | 68,458.81     | -----      |
| T5 75% Sin  | 1,429.12         | 71,756.65     | Domina     |
| T6 100% Sin | 1,905.50         | 70,961.17     | No Domina  |
| T1 50% Con  | 2,952.75         | 70,066.29     | No Domina  |
| T2 75% Con  | 3,429.12         | 80,666.81     | Domina     |
| T3 100% Con | 3,905.50         | 76,656.37     | No Domina  |

### 7.6.3 Tasa de Retorno Marginal (TMR)

Como se muestra en la tabla 20, se realizó el cálculo de las tasas marginales de retorno para las tecnologías entre los tratamientos que si dominan y siendo el tratamiento 2, (Stand Up +75% de fertilizante) el que presenta la mayor tasa de retorno con un 260%.

Tabla 20. Tasa de retorno marginal para tratamientos de ejote francés

| Tratamiento | Costos Variables | Utilidad Neta | Tasa Marginal de Retorno |
|-------------|------------------|---------------|--------------------------|
| T5 75% Sin  | 1,429.12         | 71,756.65     | 3297.84 230%             |
| T2 75% Con  | 3,429.12         | 80,666.81     | 8910.16 260%             |

## 8. CONCLUSIONES

Para rendimiento total y exportable de vainas se determinó que estadísticamente no se obtuvo respuesta el aplicar o no el compuesto de microorganismos (Stand Up®), como tampoco entre proporciones de fertilizante y la combinación entre los dos factores.

Para la variable vainas de rechazo se obtuvo significancia estadística para factores independientes no así para la combinación entre ellos.

La prueba múltiple de medias determinó que el compuesto de microorganismos con promedio de 3152.19 kg/ha fue diferente y superior a no aplicar con rendimiento de 3381.94 kg/ha, mientras que la proporción del cien por ciento de fertilizante fue diferente y superior al resto cuyo promedio fue de 3009.55 kg/ha.

Para intensidad de color a nivel foliar y altura de planta no se obtuvo significancia estadística para factores independientes como también para la combinación.

El análisis económico determinó que el tratamiento Stand Up®+75% de fertilizante se considera económicamente factible para su implementación dentro de un proceso de producción de ejote francés ya que registro la mayor tasa marginal de retorno del 260%.

## **9. RECOMENDACIONES**

Partiendo de los resultados obtenidos en la presente investigación, se considera pertinente proponer para futuras investigaciones la evaluación de dosis del compuesto de microorganismos benéficos (Stand Up®) por arriba de la comercial en combinación con el 75 y 100 por ciento de fertilizante, ya que en la investigación se partió de la dosis comercial generada en otros países.

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGEXPORT (Asociación Gremial de Exportadores de Productos no Tradicionales, GT). (s.f.). *Ejote francés: un producto de Guatemala. Guatemala*. 6 p, recuperado el día 22 de agosto del 2016, en dirección electrónica. <http://agexporthoy.export.com.gt/agexport/>.
- AGEXPORT (Asociación Gremial de Exportadores de Productos no Tradicionales, GT) (2013). *Alberja y Ejote en Guatemala*, recuperado el día 22 de agosto del 2016, en dirección electrónica <http://agexporthoy.export.com.gt/agexport/>.
- AKIANTO. (2010). *Revista Agro negocios* (en línea), recuperado el día 22 de agosto del 2016, en dirección electrónica. [ISSUU.com/goartgt/docs/revistagronegocios](http://ISSUU.com/goartgt/docs/revistagronegocios), ejote
- Catalán, J. P. (2010). *El ejote*. *Agro negocios*, pag.16. Recuperado el día 23 de agosto del 2016, en dirección electrónica, <https://issuu.com/goartgt/docs/revistagronegocios>
- Centro Nacional de tecnología Agropecuaria y forestal – CENTA-. (2003). *Guía del cultivo de Ejote Francés*. Pág.8, 9 y 10. Recuperado el día 23 de agosto del 2016, en dirección electrónica [www.centa.gob.sv/docs/guias/hortalizas/Guia%20ejote%20](http://www.centa.gob.sv/docs/guias/hortalizas/Guia%20ejote%20)
- Centro Nacional de Investigaciones Científicas -CENIC-. (2011). *Potencialidades del género Bacillus en la promoción del crecimiento vegetal y el control biológico* de. Recuperado el 26 de agosto de 2016, en dirección electrónica <http://www.redalyc.org/pdf/1812/181222321004.pdf>
- Coyne, M. (1999). *Microbiología del suelo: un enfoque exploratorio*. (C. D. Rojo, Ed., & M. Rasskin, Trad.) España: Thompson Publishing Company, p. 416 recuperado el 26 de agosto del 2016, en dirección electrónica <https://latam.casadellibro.com/>
- Dibut, B. (2006). *Biofertilizantes como Insumos en Agricultura Sostenible*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2016, en dirección electrónica <http://www.bibliociencias.cu/gsd/collect/libros/index/assoc/HASH95c4.dir/doc.pdf>



- Döbereiner, J., Urquiaga, S., Boddey, R. M., and Ahmad, N. (1995). *Alternatives for nitrogen of crops in tropical agriculture. (Alternativas para nitrógeno en la agricultura tropical)*. Nitrogen Economy in tropical Soil. *Fertilizer Research*. 42:339-346. Recuperado el 10 de septiembre del 2016, en dirección electrónica <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00750526>
- Duxbury, J. M. (1994). *The significance of agricultural sources of greenhouse gases*. *Fert. Res.* 38: 151-163 pág.
- FAO. (2002). *Informe sobre agricultura mundial: hacia los años 2015/2030*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Italy, Rome. 241 p.
- FAO. (2008). *Tendencias y perspectivas mundiales de los fertilizantes hasta 2011/2012*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Italy, Rome. 171 p.
- Farmorganix. (2014). *Manual de aplicación Stand Up*. Recuperado el 22 de agosto del 2016, en dirección electrónica [www.vege-tec.com](http://www.vege-tec.com)
- Fundación Produce Sinaloa. (2006). *Memoria Agricultura orgánica. Memorias del Curso Eco Agro de Agricultura Orgánica*. Fundación produce Sinaloa. Guamúchil, Sinaloa, México. pp. 7-9.
- Gómez, D. (2010). *Alternativa para la agricultura protegida: Macrotúnel*. Tegucigalpa, Honduras. Gobierno de Unidad Nacional, 18. Disponible (en red): [www.agronegocioshonduras.org/wp-content/uploads/](http://www.agronegocioshonduras.org/wp-content/uploads/)
- Guevara, M. F. (2010). *Aislamiento e identificación de microorganismos solubilizadores de potasio a partir de muestras de suelo y raíces de cultivos de alcachofa de la localidad de la remonta, cantón Cayambe, Colombia*. Recuperado el 16 de Septiembre de 2016, de [repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/930/1/T-ESPE-029607.pdf](http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/930/1/T-ESPE-029607.pdf)
- Hinsinger, P. y Marshner, P. (2006). *Rhizosphere- perspectives and challenges*. Recuperado el 16 de septiembre del 2016, en dirección electrónica <https://www.researchgate.net/>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGA) proyecto AdA- Integración; *perfil comercial ejote francés*, pág. 3-9 (2014). [www.maga.gob.gt](http://www.maga.gob.gt).

- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. (2009). *Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España*. pag.67-84.
- Osorio, N.W. (2011). *Effectiveness of Phosphate Solubilizing Microorganisms in Increasing Plant Phosphate Uptake and Growth in Tropical Soils*, 65-80 pp. En: Maheshwari D.K. (Ed). *Bacteria in Agrobiolgy: Plant Nutrient Management* (Volume III). Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 345p.
- Potash y Phosphate Institute. (1988). *Manual de Fertilidad de los Suelos*. Georgia, Estado Unidos: The Potash & Phosphate Institute. 85p.
- Rachid, D. y Ahmed B. (2005). *Effect of iron and growth inhibitors on siderophores production of Pseudomonas fluorescens*. Afr J Biotechnol. 4:697-702.
- Revista Argentina de Microbiología. (2011). *Microorganismos del suelo y sustentabilidad de los agroecosistemas*. pag.1, 2.
- Richards, B. N. (1987). *The microbiology of terrestrial ecosystems. (La microbiología de los ecosistemas terrestres)*. LST; John Wiley and Sons. Inc. New York. 327-329 p.
- Saharan, B.S. y Nehra V. (2011). *Plant Growth Promoting Rhizobacteria (Promoción de crecimiento de la planta por rizobacterias): A Critical Review*. 30 p.
- Seminis. (2015). *Manual de aplicación Stand Up®*. Recuperado el 22 de agosto del 2016, en dirección electrónica <http://www.seminis.mx/product/saporro/257>
- Smith, S. E. y Read, D. J. (1997). *Mycorrhizal symbiosis*. 2nd Edition. Academic Press. San Diego.
- Tzarax. (2015). *Tasa marginal de retorno*. Recuperado el 12 de enero del 2018, en dirección electrónica <https://prezi.com/65ba-jkfg4fs/tasa-marginal-de-retorno>
- Universidad Autónoma Indígena de México. (2010). *Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México*. pag.51, 54.

Universidad Nacional Autónoma de México -UNAM-. (s.f.). *Rhizobium y su destacada simbiosis con plantas*. Recuperado el 20 de Septiembre de 2016, de <http://www.biblioweb.tic.unam.mx/libros/microbios/Cap8/>

Walters, D. y Heil, M. (2007). *Costs and trade-offs associated with induced resistance*. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 71(1-3):3-17.

## 11. ANEXOS



Montaje del arreglo factorial parcelas divididas



Siembra del terreno de ejote francés



Montaje del sistema de riego y cobertura



Etapa de desarrollo del ejote francés





Control fitosanitario del ejote francés



Aplicación de los microorganismos benéficos (Stand Up®)



Inicio de floración del ejote francés



Descripción del proyecto y su localización





Imagen del estado fisiológico de la plantación de ejote francés



Muestra de la intensidad de color de las plantas de ejote francés





Toma de datos para la variable altura de planta



Cosecha de ejote francés en parcelas demostrativas (Bruta, Neta).






Llenado de las canastas durante el corte



Calibrador de medida de la calidad de ejote (Diámetro y Largo)



Pesaje del rendimiento total, exportación y rechazo de ejote francés

|                                                                                   |                                                                                                                                  |                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>Escuela Nacional Central de Agricultura</b><br><b>Sistema de Gestión en Control y Seguridad</b><br><u>Formato de Informes</u> | <b>For/labenca-SIG-SD-011</b><br>Primera Edición<br>Revisión No.: 01<br>Página 1 de 1 |
|                                                                                   |                                                                                                                                  |                                                                                       |

**INFORME: DE RESULTADOS**

**N° 0030-0017**

**Guatemala 22 de Marzo del 2017**

**Empresa:** Particular  
**Persona responsable:** Erick Barrera  
**Finca:** La Tuna  
**Localización:**

| N° Laboratorio | Identificación      | Cultivo | %    | ppm                       |                       |                      |                          |                             |
|----------------|---------------------|---------|------|---------------------------|-----------------------|----------------------|--------------------------|-----------------------------|
|                |                     |         |      | Fosforo<br>12 a 16<br>Ppm | Cobre<br>2 a 4<br>ppm | Zinc<br>4 a 6<br>ppm | Hierro<br>10 a 15<br>ppm | Manganeso<br>10 a 15<br>ppm |
|                |                     |         |      | P                         | Cu                    | Zn                   | Fe                       | Mn                          |
| 0046-0017      | Fca. LA Tuna Lote 4 | ***     | 0.15 | 39.77                     | 1.35                  | 0.00                 | 145.90                   | 34.65                       |

| N° Laboratorio | Suelo               | 2 a 6             | 1 a 1.5 | 0.15 a 0.40 |
|----------------|---------------------|-------------------|---------|-------------|
|                |                     | Meq/100g de suelo |         |             |
|                |                     | Ca                | Mg      | K           |
| 0046-0017      | Fca. LA Tuna Lote 4 | 10.21             | 14.33   | 0.67        |

| Categoría      | Medio               | 6:1 a 10,9 | 1,6 a 3,5 |      |
|----------------|---------------------|------------|-----------|------|
| N° Laboratorio | Cultivo             | % M.O      | % C.O     |      |
| 0046-0017      | Fca. LA Tuna Lote 4 | ***        | 2.22      | 1.29 |

| Escala de potencial de hidrógeno |                     |            |      | CE       |
|----------------------------------|---------------------|------------|------|----------|
|                                  |                     | 5 a 6, 5,1 |      | (dS m-1) |
|                                  |                     | 6,6 a 7,3  |      |          |
|                                  |                     | 7,4 a 8,5  |      |          |
| N° Laboratorio                   | Identificación      | Cultivo    | pH   | C.E      |
| 0046-0017                        | Fca. LA Tuna Lote 4 | ***        | 7.45 | 0.36     |

Informe de resultados de análisis de suelo de la unidad experimental, Finca la Tuna

Rendimiento total de vainas de ejote francés ajustado, en kg/ha

|    | Proporciones % fertilizante | Stand Up(Con/Sin) | kg/ha     |
|----|-----------------------------|-------------------|-----------|
| T1 | 50                          | Con               | 13,420.93 |
| T2 | 75                          | Con               | 14,727.75 |
| T3 | 100                         | Con               | 13,392.52 |
| T4 | 50                          | Sin               | 13,391.73 |
| T5 | 75                          | Sin               | 13,620.58 |
| T6 | 100                         | Sin               | 13,312.81 |

Rendimiento exportable de vainas de ejote francés ajustado, en kg/ha

|    | Proporciones % fertilizante | Stand Up (Con/Sin) | kg/ha     |
|----|-----------------------------|--------------------|-----------|
| T1 | 50                          | Con                | 10,009.47 |
| T2 | 75                          | Con                | 11,523.83 |
| T3 | 100                         | Con                | 10,950.91 |
| T4 | 50                          | Sin                | 9,779.83  |
| T5 | 75                          | Sin                | 10,250.95 |
| T6 | 100                         | Sin                | 10,137.31 |

Rendimiento de rechazo de vainas de ejote francés en kg/ha

|    | Proporciones % fertilizante | Stand Up (Con/Sin) | kg/Ha    |
|----|-----------------------------|--------------------|----------|
| T1 | 50                          | Con                | 3,409.88 |
| T2 | 75                          | Con                | 3,203.13 |
| T3 | 100                         | Con                | 2,851.95 |
| T4 | 50                          | Sin                | 3,611.90 |
| T5 | 75                          | Sin                | 3,369.63 |
| T6 | 100                         | Sin                | 3,174.71 |

Valores promedio para altura de planta en cm.

| Toma de datos | % Fert. | Stand Up | PROM 1 | PROM 2 | Media General | Altura (cm)  |
|---------------|---------|----------|--------|--------|---------------|--------------|
| T1            | 50      | Con      | 54.12  | 53.93  |               | 54.03        |
| T2            | 75      | Con      | 55.62  | 55.12  |               | <b>55.37</b> |
| T3            | 100     | Con      | 54.93  | 52.81  |               | 53.87        |
| T4            | 50      | Sin      | 52.50  | 51.87  |               | 52.18        |
| T5            | 75      | Sin      | 54.37  | 52.31  |               | 53.34        |
| T6            | 100     | Sin      | 54.25  | 53.31  |               | 53.78        |



Medias para tratamientos del arreglo factorial para la variable intensidad de color

| Intensidad de color | PROM 1 | PROM 2 | Media General | COLOR           |
|---------------------|--------|--------|---------------|-----------------|
| T1                  | 9.5    | 9      | 9.25          | verde oscuro    |
| T2                  | 9.75   | 9.25   | 9.5           | verde oscuro    |
| T3                  | 9.75   | 9.5    | 9.62          | verde oscuro    |
| T4                  | 9.25   | 8.75   | 9             | verde malaquita |
| T5                  | 9.5    | 9      | 9.25          | verde oscuro    |
| T6                  | 9.5    | 9      | 9.25          | verde oscuro    |

Costos de producción para una hectárea de ejote francés

| Costos/ha              | Descripción                         | Total Quetzales. |
|------------------------|-------------------------------------|------------------|
| Gastos Directos        |                                     |                  |
| Preparación de suelo   | Arado, Rastra, Rotovator            | 2,285.00         |
| Semilla                | Saporro                             | 5,000.00         |
| Mano de obra           | Jornales                            | 13,114.00        |
|                        | Pago por cortes de ejote francés    | 8,742.00         |
| Sistema de riego       | Tubería, Manguera, Otros            | 1,510.00         |
| Insumos                | Foliares, Insecticidas, Herbicidas, |                  |
|                        | Fungicidas (Otros)                  | 5,600.00         |
|                        | Fertilizante granulado NPK          | 1,905.50         |
| Gastos Administrativos | (personal)                          | 3,051.00         |
| Total                  |                                     | Q 41, 207.50     |

Costos de producción para una hectárea de ejote francés para los tratamientos Con/Sin Stand Up en quetzales.

|    | Proporciones % fertilizante | Con/Sin Stand Up | Costo total Q |
|----|-----------------------------|------------------|---------------|
| T1 | 50                          | Con              | 42,254.75     |
| T2 | 75                          | Con              | 42,731.12     |
| T3 | 100                         | Con              | 43,207.50     |
| T4 | 50                          | Sin              | 40,254.75     |
| T5 | 75                          | Sin              | 40,731.12     |
| T6 | 100                         | Sin              | 41,207.50     |