

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

COMPARACIÓN DE TRES FRECUENCIAS DE RIEGO POR GOTEO PARA EJOTE FRANCÉS  
BAJO CONDICIONES DE MACROTUNEL, COOPERATIVA CUATRO PINOS  
SISTEMATIZACIÓN DE PRÁCTICA PROFESIONAL

**LUIS ARTURO CABRERA RUIZ**  
CARNET 11613-13

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, OCTUBRE DE 2018  
CAMPUS CENTRAL

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA

COMPARACIÓN DE TRES FRECUENCIAS DE RIEGO POR GOTEO PARA EJOTE FRANCÉS  
BAJO CONDICIONES DE MACROTUNEL, COOPERATIVA CUATRO PINOS  
SISTEMATIZACIÓN DE PRÁCTICA PROFESIONAL

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

POR  
**LUIS ARTURO CABRERA RUIZ**

PREVIO A CONFERÍRSELE

EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA EN EL GRADO  
ACADÉMICO DE LICENCIADO

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, OCTUBRE DE 2018  
CAMPUS CENTRAL

## **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. JULIO ROBERTO GARCÍA MORÁN

**NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**  
ING. RUDY OSBERTO CABRERA CRUZ

**TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN**  
MGTR. JOSÉ MANUEL BENAVENTE MEJÍA

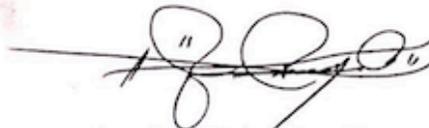
Guatemala, 13 de Marzo de 2018

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

Distinguidos Miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he procedido a revisar el Informe Final de Práctica Profesional del estudiante Luis Arturo Cabrera Ruiz, que se identifica con carné 1161313, titulado: Comparación de tres frecuencias de riego por goteo para ejote francés bajo condiciones de macrotunel, Cooperativa Cuatro Pinos, el cual considero que cumple con los requisitos establecidos por la Facultad para ser aprobado, por lo que solicito sea revisado por la terna que designe el Honorable Consejo de la Facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,



Ing. Agr. Rudy Cabrera  
Código URL: CAT03353

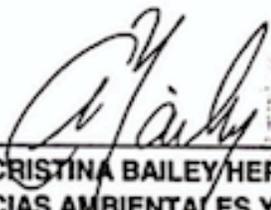
**Orden de Impresión**

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Sistematización de Práctica Profesional del estudiante LUIS ARTURO CABRERA RUIZ, Carnet 11613-13 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA, del Campus Central, que consta en el Acta No. 06182-2018 de fecha 3 de octubre de 2018, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

**COMPARACIÓN DE TRES FRECUENCIAS DE RIEGO POR GOTEO PARA EJOTE FRANCÉS BAJO CONDICIONES DE MACROTUNEL, COOPERATIVA CUATRO PINOS**

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

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 4 días del mes de octubre del año 2018.



---

LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ, DECANA  
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
Universidad Rafael Landívar

## **AGRADECIMIENTOS:**

A:

Dios todopoderoso, por conderme la vida, la salud y la fortaleza, por siempre iluminar mi camino y darme la voluntad en los momentos mas dificiles.

La Universidad Rafael Landívar y a la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas por ser farte de mi formación académica.

Ing. Agr. Rudy Osberto Cabrera Cruz, por su apoyo y colaboración en la elaboración del presente trabajo.

Coopertiva Agrícola Integral Unión de Cuatro Pinos, R.L. por brindarme la oportunidad de realizar la presente investigación en sus instalaciones.

Ing. Agr. Abraham Rasbot, por su apoyo, asesoria y revisión de la presente investigación.

Y a todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron para la realización de este trabajo.

## DEDICATORIA

A:

DIOS: Quién siempre me da su infinito amor, me bendice y me guía por el buen camino, por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades de toda mi vida.

MIS PADRES: Olga Ruiz y Arturo Cabrera, como una pequeña recompensa a sus múltiples esfuerzos. Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada por su amor. Los amo.

MIS HERMANOS: María José y Sergio David, por su inmenso amor, apoyo y compañía. Por estar siempre para los buenos y malos momentos. Gracias a ustedes por siempre confiar en mí, los amo.

MIS ABUELOS: Por sus consejos, enseñanzas, amor y apoyo incondicional.

MIS TIOS Y PRIMOS: Por compartir momentos de felicidad a lo largo de mi vida, por su apoyo y cariño que de una u otra forma han contribuido a mi formación.

MI NOVIA: Valeria Jerez, por llegar a mi vida y darme su inmenso amor, apoyo y comprensión en todo momento. Por brindarme días llenos de alegría y darme sus más sinceros abrazos en los momentos más tristes. Te amo.

MIS AMIGOS: Por su valiosa amistad, compañía, contribución y apoyo en las jornadas de estudio, con mucho aprecio y respeto. Gracias por hacer de esto, una experiencia inolvidable.

# ÍNDICE

1. Introducción .....	1
2. Antecedentes .....	2
2.1 Revisión de literatura .....	2
2.1.1 Ejote Francés .....	2
2.1.2 Etapas fenológicas .....	3
2.1.3 Requerimientos del cultivo .....	4
2.1.4 Enfermedades que atacan el cultivo .....	5
2.1.5 Riego .....	6
2.1.6 Densidad aparente del suelo (Da) .....	7
2.1.7 Densidad real del suelo (Dr) .....	7
2.1.8 Velocidad de infiltración (I) .....	8
2.1.9 Capacidad de campo (CC) .....	8
2.1.10 Punto de marchitez permanente (PMP) .....	8
2.1.11 Zona radicular (ZR) .....	8
2.1.12 Eficiencias de conducción (Ec) .....	9
2.1.13 Eficiencias de aplicación (Eap) .....	9
2.1.14 Lámina de agua bruta (Lb) .....	9
2.1.15 Umbral de riego (UR) .....	10
2.1.16 Lámina de agua neta (Ln) .....	10
2.1.17 Lámina de riego eficiente (Lr <sub>e</sub> ) .....	11
2.1.18 Evapotranspiración .....	11
2.1.19 Requerimiento de riego (RR) .....	11
2.1.20 Coeficiente de crecimiento del cultivo (Kc) .....	12
2.1.21 Frecuencias de riego .....	12
2.2 Descripción de la actividad de la institución anfitriona .....	13
2.2.1 Localización .....	13
2.2.2 Descripción de la empresa .....	13
2.2.3 Organización .....	14
2.2.4 Descripción del área específica de acción en la institución .....	15
3. Contexto de la práctica .....	16
3.1 Eje de sistematización .....	16
3.2 Necesidad empresarial .....	16
3.3 Justificación .....	17
4. Objetivos .....	18
4.1 General .....	18
4.2 Específicos .....	18
5. Hipótesis .....	19

5.1 Hipótesis 1.....	19
5.2 Hipótesis 2.....	19
5.3 Hipótesis 3.....	19
6. Plan de trabajo.....	20
6.1 Programa a desarrollar .....	20
6.1.1 Ubicación del área .....	20
6.1.2 Análisis físico del suelo.....	20
6.1.3 Material experimental.....	21
6.1.4 Factor a estudiar y descripción de los tratamientos.....	21
6.1.5 Descripción de los tratamientos.....	21
6.1.6 Cálculos para el riego de los tratamientos.....	22
6.1.7 Diseño experimental.....	29
6.1.8 Modelo estadístico.....	29
6.1.9 Unidad experimental.....	29
6.1.10 Croquis de campo y sistema de riego .....	30
6.2 Manejo del experimento.....	30
6.2.1 Preparación del terreno.....	30
6.2.2 Riego.....	31
6.2.3 Siembra.....	31
6.2.4 Resiembra .....	32
6.2.5 Fertilización.....	32
6.2.6 Control de malezas .....	32
6.2.7 Control de plagas y enfermedades.....	32
6.2.8 Cosecha.....	32
6.3 Indicadores de resultado.....	34
6.3.1 Rendimiento en kg/ha de vainas frescas de ejote .....	34
6.3.2 Calidad en el largo y diámetro en el ejote francés.....	34
6.3.3 Número de días necesarios para llegar a cosecha.....	34
6.3.4 Relación beneficio/costo para cada tratamiento .....	34
6.4 Análisis de la información.....	34
6.4.1 Análisis estadístico .....	34
6.4.2 Análisis Financiero.....	35
7. Resultados y discusión.....	36
7.1 Rendimiento .....	36
7.1.1 Lámina aplicada .....	38
7.2 Calidad de la vaina de ejote francés.....	40
7.3 Días a cosecha .....	41
7.4 Análisis financiero.....	43
8. Conclusiones.....	50

9. Recomendaciones .....	51
10. Bibliografía .....	52
11. Anexos .....	54
Anexo A. Instalación de macrotúneles.....	54
Anexo B. Largo de de 15 metros de los macrotuneles.....	54
Anexo C. Elaboración de los camellones.....	55
Anexo D. Instalación de tuberías .....	55
Anexo E. Reducidor de presión.....	56
Anexo F. Primeras hojas del cultivo .....	56
Anexo G. Primeros botones florales .....	57
Anexo H. Primera cosecha .....	57
Anexo I. Moho blanco en ejote francés.....	58
Anexo J. Medición de raíz.....	58
Anexo K. Medición del largo de una vaina.....	59
Anexo L. Medición del diámetro de una vaina .....	59
Anexo M. Folleto técnico de las especificaciones requeridas de calidad .....	60
Anexo N. Folleto técnico con las especificaciones requeridas de calidad .....	61
Anexo O. Pruea 1 T de Student.....	62
Anexo P. Prueba 2 T de Student .....	62
Anexo Q. Prueba 3 T de Student.....	63
Anexo R. Análisis físico de suelos.....	64

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Las etapas de cada fase vegetativa y duración del cultivo de ejote francés.....	4
Cuadro 2. Enfermedades más comunes en el ejote francés .....	5
Cuadro 3. Análisis físico de suelos.....	21
Cuadro 4. Descripción de los tratamientos .....	21
Cuadro 5. Coeficiente de crecimiento del cultivo de acuerdo a la etapa fenológica del ejote francés.....	21
Cuadro 6. Evapotranspiración del tratamiento de frecuencia de riego con un Kc de acuerdo a su etapa fenológica.....	24
Cuadro 7. Evapotranspiración del tratamiento de frecuencia de riego con un Kc de 0.88 en todo el ciclo .....	24
Cuadro 8. Calendario de actividades realizadas en el proyecto.....	33
Cuadro 9. Producción en kg/ha de ejote francés por tratamiento .....	36
Cuadro 10. Resultados de la prueba T entre tratamientos .....	37
Cuadro 11. Comparación de la producción obtenida versus el agua utilizada .....	39
Cuadro 12. Calidad de las vainas de ejote francés en los tratamientos.....	40
Cuadro 13. Costos de producción del tratamiento de frecuencia de riego 1 vez por semana.	44
Cuadro 14 Costos de producción del tratamiento de frecuencia de riego con un Kc de acuerdo a su etapa fenológica.....	45
Cuadro 15 Costos de producción del tratamiento de frecuencia de riego con un Kc de 0.88 en todo el ciclo. ....	46
Cuadro 16. Costos de riego en los distintos tratamientos .....	47
Cuadro 17. Rentabilidad de los tratamientos .....	47
Cuadro 18. Resumen financiero de los tratamientos .....	48

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de la Cooperativa Cuatro Pinos.....	13
Figura 2. Organigrama de la Cooperativa Cuatro Pinos.....	14
Figura 3. Mapa de ubicación del área experimental.....	20
Figura 4: Croquis de campo del sistema de riego.....	30
Figura 5. Rendimiento kg/ha de ejote francés.....	37
Figura 8. Comparación de agua utilizada en los tratamientos (m <sup>3</sup> )......	39
Figura 9. Promedio de número de flores por planta.....	42
Figura 10. Altura promedio (cm) de las plantas por cada tratamiento.....	42

# **COMPARACION DE TRES FRECUENCIAS DE RIEGO POR GOTEO PARA EJOTE FRANCÉS BAJO CONDICIONES DE MACROTUNEL, COOPERATIVA CUATRO PINOS**

## **RESUMEN**

La investigación evaluó el efecto de tres frecuencias de riego por goteo en ejote francés bajo condiciones de macrotunel en la Cooperativa Cuatro pinos ubicada en el municipio de Santiago Sacatepéquez, departamento de Sacatepéquez. El diseño utilizado fue de parcelas divididas con tres tratamientos y una repetición. Las variables evaluadas fueron: rendimiento de vainas frescas de ejote francés, mejor calidad, días a cosecha y relación beneficio/costo por cada tratamiento. De acuerdo a los resultados se concluye que con la frecuencia de riego de una vez por semana se obtiene la mayor productividad (8870.21Kg/Ha) y la mejor relación beneficio costo (12 centavos por cada quetzal invertido). Con este mismo tratamiento se obtiene la mejor calidad en vainas de ejote y el mayor número de flores por planta. En relación a los días necesarios para llegar a cosecha no se demostró que un tratamiento estuviera para cosecha antes que otros. Finalmente, se recomienda para aquellos suelos que se ajusten a las condiciones en que se realizó esta evaluación, la aplicación de una frecuencia de riego de 2 horas una vez por semana, ya que en esta frecuencia se obtiene mayor rentabilidad en el cultivo de ejote francés; asimismo se recomienda realizar investigaciones agronómicas, sobre coberturas de protección, distanciamiento de goteros y cantidad de semillas por postura, con el fin de obtener los efectos de estas variables sobre el rendimiento.

# 1. INTRODUCCIÓN

En Guatemala el cultivo de ejote francés inicia en el año 1977, cuando el país se repone del terremoto de 1976 y la comunidad suiza desarrolla programas de reconstrucción y fomento de la economía de las áreas del altiplano central, promoviendo los huertos familiares para el autoconsumo. El excedente es llevado a los mercados cercanos de la capital. Con el crecimiento económico de las comunidades, surgen y se desarrollan nuevas empresas que fomentan el cultivo de los mini vegetales incluido el ejote francés (*Phaseolus vulgaris*) (Cuatro Pinos, 2011).

En el año de 1979 surge la empresa exportadora Cooperativa Agrícola Integral Unión de Cuatro Pinos, la cual se destacó por ser uno de los más importantes productores de vegetales frescos del país. Se distingue por los volúmenes significativos de producción que tiene en ejote francés, arveja china, arveja dulce, mini vegetales entre otros muchos productos (Akianto, 2010).

El cultivo de ejote francés se ubica dentro de los productos no tradicionales, perecederos y de agroexportación, que está generando US\$ 4.5 millones de dolares para el año 2008 en divisas para el país y que además da la oportunidad de diversificar la agricultura e intensificar el uso de la tierra y mano de obra en la zona del altiplano central, considerando por ello como un cultivo de alto valor (Cuatro Pinos, 2011).

El cultivo de ejote francés requiere agua en forma constante, por la tanto, es importante mantener un grado de humedad en el suelo y efectuar los riegos correspondientes. La mayoría de agricultores de la zona prefieren cultivar ejote francés en la época lluviosa debido a la alta carga hídrica requerido por el cultivo y por la disponibilidad de agua, pero en época seca ha obligado a muchos a implementar sistemas de riego por goteo, no obstante, muchos agricultores solo aplican un riego a la semana de 4mm en vez de realizar riegos diarios o cada cierto día, llegando a tener mayor confianza en el primero. La forma de aplicación en la zona es puramente empírica y en frecuencias muy irregulares, haciendo un mal uso del recurso hídrico. (Flores & Cristian, 2009).

El presente documento pretende buscar la mejor frecuencia de riego, que represente un beneficio a la producción del cultivo, pretendiendo con ello reducir los costos de producción, reducir el consumo de agua y de manera consecuente aumentar la rentabilidad del cultivo.

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1 REVISIÓN DE LITERATURA

Según la Cámara del Agro (2015), el cultivo de ejote es de gran importancia económica. Guatemala es el tercer exportador mundial de ejote francés. La producción de hortalizas para exportación (arveja china, arveja dulce, ejote francés, brócoli) se encuentra distribuida en los siguientes departamentos: Chimaltenango (42%), Sacatepéquez (25%), San Marcos (14%), Huehuetenango (9%), Sololá (7%) y Quiché (3%).

Los cuatro cultivos mencionados anteriormente representan 5,501.55 hectáreas correspondientes al 11.7% de la superficie total de hortalizas cosechadas en el país, de la cual el ejote ocupa el 5.7%. Aunque se ha indicado que, por las condiciones agroclimáticas presentes en el país, Guatemala cuenta con 90,685 ha. favorables para la producción de ejote francés (Cámara del Agro, 2015).

#### 2.1.1 Ejote Francés

El ejote francés (*Phaseolus vulgaris*) pertenece a la familia de las fabáceas, es una planta anual, de tallo herbáceo y hojas compuestas de tres folíolos, sus flores son reunidas en racimos de color blanco. La planta es de tipo arbustivo y alcanza una altura de 50 a 60 cm. El ejote francés es una planta de origen americano (Schaart, 2012).

Es una leguminosa típica y por lo tanto tiene la propiedad de fijar el nitrógeno atmosférico por medio de bacterias, como la *Rhizobium*, las cuales a través de un proceso simbiótico proveen a la planta el nitrógeno asimilable mientras que la planta les provee carbohidratos. Dicho proceso conlleva a la formación de las típicas nudosidades en las raíces (Ochoa, 1990).

Para Villegas (2016), el sistema radicular del ejote francés está compuesto de una raíz principal y de muchas ramificaciones laterales formándose un cono, estas ramificaciones son bastante superficiales. Como en todas las fabáceas, el ejote francés posee nodulaciones en las raíces, estas permiten el recibimiento de hidratos de carbono de la planta. Los tallos son delgados, débiles,

angulosos y de sección cuadrangular, son órganos que parcialmente almacenan cantidades de alimentos fotosintetizados los cuales más tarde son cedidos a las vainas y luego cuando los tallos son viejos se ahuecan.

Según Alvarado (2014), la ramificación se inicia generalmente en la axila de la primera hoja trifoliada y da continuación hacia la parte superior, siendo en general las dos primeras ramas en formarse. Las ramas primarias que se originan en los nudos más altos del tallo principal son de menor crecimiento y con esto realizan un menor aporte al rendimiento.

La planta presenta hojas alternas, compuestas de trifolios que corresponden a las hojas características de las fabáceas. Los tres folíolos de cada hoja compuesta, uno central y dos laterales, son simétricos y acuminados. La inflorescencia puede ser de dos tipos: terminales o axilares, y están dispuestas en racimos con numerosas flores de número variable (Alvarado, 2014).

### **2.1.2 Etapas fenológicas**

Durante el ciclo del cultivo de ejote francés se desarrollan dos fases, una vegetativa y la otra reproductiva (cuadro 1). La etapa vegetativa se da desde la siembra de la semilla hasta el surgimiento de la floración. La etapa reproductiva inicia con la finalización de la vegetativa y termina cuando los frutos están listos para la cosecha (CENTA, 2003).

Durante el desarrollo del cultivo de ejote los períodos críticos en que necesita un buen suministro de agua son:

- Antes y después de la siembra.
- En la etapa de crecimiento y desarrollo vegetativo.
- Durante la floración y desarrollo del fruto.
- Durante la fructificación y maduración del fruto (Omar, 2009).

Cuadro 1.

Las etapas de cada fase vegetativa y duración del cultivo de ejote francés (CENTA, 2003).

<b>Fase Vegetativa</b>	
<b>Nombre</b>	<b>Duración</b>
Germinación	5 días
Emergencia	2 días
Hojas primarias	2 a 4 días
Primera hoja trifoliada	5 a 9 días
Tercera hoja trifoliada	7 a 15 días

<b>Fase Reproductiva</b>	
<b>Nombre</b>	<b>Duración</b>
Prefloración	9 a 11 días
Floración	4 a 6 días
Formación de vainas	8 a 9 días

### 2.1.3 Requerimientos del cultivo

Según explica Ochoa (1990), el ejote es una planta sensible a climas fríos. El clima más propicio es el templado, de 15°C a 24°C con ausencia de vientos y precipitaciones fuertes que provocan daños físicos y fisiológicos en la planta. La especie no es resistente a heladas y en climas secos puede afectar la fructificación.

La temperatura mínima de germinación es de 10°C al nivel de la semilla. Para obtener una buena germinación la temperatura óptima debería ser de 15°C y las temperaturas óptimas en su ciclo vegetativo oscilan entre los 18°C y 25°C (Cortes, 2010).

Las mayores necesidades de humedad para el ejote francés se presentan en la floración y fructificación, si falta humedad en estas etapas, se cae la flor y se deforma la vaina. Un exceso de humedad provoca caída de flor y una alta incidencia de enfermedades (Cortes, 2010).

El cultivo de ejote francés se adapta a alturas comprendidas entre los 1,300 a los 2,750 msnm, aunque en regiones del país como el valle de Baja Verapaz se cultiva a 1000 msnm. Requiriendo

de una alta luminosidad debido a que no tolera la sombra, debido a la poca luminosidad se tiene la consecuencia de que el cultivo no fructifica y se ve afectado su rendimiento (Ochoa, 1990).

El ejote francés es una planta de días cortos, si el cultivo se encuentra en lugares de días largos, puede provocar un desarrollo vegetativo abundante, disminuyendo los carbohidratos utilizables para el desarrollo reproductivo (Cortes, 2010).

Para Villegas (2016), el cultivo de ejote francés se adapta a una gran cantidad de suelos, a excepción de los arcillosos. Debido a su arraigamiento poco fuerte y superficial, el ejote necesita de un suelo con buena estructura. El pH óptimo se sitúa a 6.5. Los suelos livianos y bien drenados son los más recomendados (Ochoa, 1990).

#### 2.1.4 Enfermedades que atacan el cultivo

Cuadro 2.  
Enfermedades más comunes en el ejote francés (Villegas, 1992).

Nombre	Daño que ocasiona	Control
Antracnosis ( <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> )	Lesiones en el envés de las hojas de un color que varía desde rojo hasta negro, en las lesiones se pueden encontrar esporas.	Uso de variedades resistentes.
Roya ( <i>Uromyces</i> sp.)	Lesiones pequeñas con manchas cloróticas en ambos lados de la hoja. La enfermedad puede causar un amarillamiento general en la planta y consiguiente pérdida de rendimiento cuando ataca con severidad.	Uso de variedades resistentes.
Mildiu ( <i>Erysiphe polygoni</i> DC ex Merat)	Lesiones en el haz de las hojas, las cuales se van cubriendo de un micelio blanco de apariencia polvosa. La enfermedad puede progresar hacia el tallo y ramas disminuyendo el rendimiento.	Uso de variedades resistentes y control químico.

Nombre	Daño que ocasiona	Control
Fusarium ( <i>Fusarium solani</i> )	Daños directos en el cuello del tallo y en el sistema radicular de las plantas. En la base del tallo a nivel del suelo, se producen pudriciones secas que más tarde invade a las raíces, los tejidos se tornan rojizos y se oscurecen.	Una correcta preparación del terreno, nivelar el suelo, rotación de cultivos, uso de variedades resistentes y control químico.

### 2.1.5 Riego

Según Sandoval (2007), afirma que el riego “Es la aplicación artificial de agua al perfil del suelo con el propósito de suplir la cantidad necesaria para que los cultivos produzcan en forma permanente y económica”.

La aplicación de riego debe ser en forma oportuna y uniforme al perfil del suelo para reponer en éste el agua consumida por los cultivos entre dos riegos consecutivos. En todo sistema de riego se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- a) ¿Cuánto regar?, o sea la lámina, volumen o cantidad de agua a aplicar en cada riego.
- b) ¿Cuándo regar?, o sea con qué frecuencia se debe reponer la lámina de agua.
- c) ¿Cómo regar?, o sea de qué forma aplicar el agua al suelo, lo que indica el método de riego a utilizar (Sandoval, 2007).

El cultivo demanda una lámina de agua entre los 4 mm a 6 mm diarios. Pero se debe tener en cuenta las condiciones climáticas existentes para realizar los riegos, el cultivo se puede desarrollar hasta con 250 mm con 4 a 6 riegos durante su ciclo vegetativo. El riego por aspersión o el exceso de lluvia no favorece la producción por que puede existir una mayor incidencia de enfermedades. (Cortes, 2010)

Según Méndez (2014), para saber cuánto se tiene regar es necesario conocer la relación que existe entre el suelo, el agua y la planta, esto a que dependiendo del tipo de suelo así será la cantidad de

agua que este retiene. La relación suelo, agua y planta indica que para cada tipo de suelo y variedad de cultivo debemos aplicar una distinta cantidad de agua para humedecer el suelo hasta la profundidad de la raíz del cultivo. Para aclarar estos conceptos se necesita conocer:

- Las propiedades físicas del suelo
- Agua almacenada en el suelo

La textura, estructura, densidad aparente, conductividad hidráulica y las constantes de humedad del suelo son propiedades físicas de los suelos que afectan el movimiento y retención del agua.

### **2.1.6 Densidad aparente del suelo (Da)**

Según Sandoval (2007), la densidad aparente del suelo es el peso de suelo seco por unidad de volumen de suelo, incluyendo los poros, expresado en gramos por cm<sup>3</sup>.

$$Da = \frac{Pss}{Vt}$$

Donde:

Da = densidad aparente, gr/cm<sup>3</sup>

Pss = peso de suelo seco, gr

Vt = volumen total de suelo, cm<sup>3</sup>

### **2.1.7 Densidad real del suelo (Dr)**

Según Sandoval (2007), la densidad real es el peso del suelo seco (Pss) por unidades de volumen de partículas de suelo (Vp)

$$Dr = \frac{Pss}{Vp} \left( \frac{gr}{cc} \right)$$

### **2.1.8 Velocidad de infiltración (I)**

Para Sandoval (2007), es la entrada vertical del agua a través de los poros por unidad de tiempo. La velocidad con que el agua penetra en el suelo, depende de varios factores como la estructura y textura del suelo, el contenido de humedad del suelo, la compactación, la estratificación, la temperatura de agua y suelo, el estado físico-químico del suelo y otros factores como grietas, fisuras, capas porosas y hardpan.

### **2.1.9 Capacidad de campo (CC)**

El contenido de humedad que tiene el suelo inmediatamente después de que el agua ha drenado se define como la capacidad de campo. En otras palabras, es la máxima cantidad de agua que un suelo puede retener en contra de la fuerza de la gravedad y es el agua retenida a 1/3 de atmosfera. (Sandoval, 2007).

### **2.1.10 Punto de marchitez permanente (PMP)**

El contenido de humedad del suelo al cual las plantas no pueden obtener suficiente humedad para satisfacer sus requerimientos de transpiración se le define como el punto de marchitez permanente. El suelo al alcanzar los valores de PMP las plantas se marchitan y son incapaces de recuperarse y es el agua retenida a 15 atmósferas de presión. (Sandoval, 2007).

### **2.1.11 Zona radicular (ZR)**

La profundidad de la zona radicular determina en gran parte la cantidad o lámina de agua a aplicar y el intervalo de riego. La profundidad de la zona radicular depende del tipo de cultivo, condiciones de suelo y clima (Sandoval, 2007).

### **2.1.12 Eficiencias de conducción (Ec)**

Sandoval (2007), define la eficiencia de conducción como la relación que existe entre la cantidad de agua suministrada en la toma-granja (compuerta de entrada) de la parcela y el agua derivada de la fuente:

$$Ec = \frac{Atg}{Ad} \times 100$$

Donde:

Ec = eficiencia de conducción (%).

Atg = cantidad de agua suministrada en la toma-granja (m<sup>3</sup>, o m<sup>3</sup>/seg).

Ad = cantidad de agua derivada de la fuente (m<sup>3</sup>, o m<sup>3</sup>/seg).

### **2.1.13 Eficiencias de aplicación (Eap)**

Para Sandoval (2007), la eficiencia de aplicación es la relación que existe entre el agua almacenada en la zona de raíces y el agua recibida en la toma-granja.

$$Eap = \frac{Aa}{Atg} \times 100$$

Donde:

Eap = eficiencia de aplicación (%).

Aa = agua almacenada en la zona radicular (m<sup>3</sup> o cm).

Atg = agua recibida en la toma-granja (m<sup>3</sup> o cm).

### **2.1.14 Lámina de agua bruta (Lb)**

Según Villegas (2016), la lámina de agua bruta es la capacidad de almacenar el agua en el suelo, en el área radicular de la planta, se determina multiplicando la zona radical por las constantes físicas del suelo y la densidad aparente.

$$Lb = \frac{\%CC - \%PMP}{100} \times Da \times Zr$$

En donde:

Lb = lámina de agua bruta

CC = capacidad de campo

PMP = punto de marchitez permanente

Da = Densidad aparente del suelo

Zr = Zona radicular

### **2.1.15 Umbral de riego (UR)**

Según Villegas (2016) el umbral de riego es el agotamiento del agua disponible para la planta. En los diseños de riego no se permite que el agotamiento sea mayor de entre el 40% al 60%, lo que se conoce como agua fácilmente disponible o aprovechable. En los diseños de riego permiten determinar el nivel de agotamiento aceptable para cada cultivo. Una buena medida es tomar el 50% de agotamiento en cuyo caso la lámina neta de agua a reponer en cada riego será la lámina bruta multiplicada por 0.5. Esto va a depender de la sensibilidad del cultivo a la disponibilidad de agua.

### **2.1.16 Lámina de agua neta (Ln)**

Según Villegas (2016), es la lámina de agua a reponer en el riego en un tiempo en que no se haya terminado el agua disponible, sino que se aplica el criterio del umbral de riego.

$$Ln = Db \times UR$$

En donde:

Dn = lámina de agua neta

Db = lámina de agua bruta

Ur = umbral de riego

### **2.1.17 Lámina de riego eficiente ( $Lr_e$ )**

Según Villegas (2016) la lámina de riego eficiente es la relación que existe entre la lámina de agua neta y la eficiencia de aplicación del sistema de riego que se utilice, es un sistema de riego por goteo la eficiencia de aplicación es del 90%.

$$Lr_e = \frac{Ln}{Eapl}$$

En donde:

$Lr_e$  = lámina de riego eficiente

$Ln$  = lámina de agua neta

$Eapl$  = Eficiencia de aplicación (90%)

### **2.1.18 Evapotranspiración**

Según Méndez (2014), la evapotranspiración se puede definir como la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación. La evapotranspiración se expresa en milímetros (mm) por unidad de tiempo o cantidad de agua transpirada por las plantas y evaporada desde la superficie del suelo. La importancia de la evapotranspiración en el riego radica que en el conocimiento de estos valores se puede determinar para cuantos días le será suficiente el agua al cultivo, sin llegar a un estrés hídrico que puede perjudicar o provocar la marchitez en la producción.

### **2.1.19 Requerimiento de riego (RR)**

Según Sandoval (2007), es la necesidad de complementar el consumo de agua de los cultivos mediante el riego y puede estimarse con la siguiente ecuación:

$$Rr = Et_{Oreal} - Pe$$

En donde:

Rr = requerimiento de riego

Et<sub>real</sub> = evapotranspiración real (cm).

Pe = precipitación efectiva (cm).

### 2.1.20 Coeficiente de crecimiento del cultivo (Kc)

Según la FAO (2006), indica que el valor de Kc varía con cada cultivo. Con la etapa de desarrollo de éste y en cierta medida, con la velocidad del viento y la humedad. Para mayoría de los cultivos el valor de Kc aumenta desde un valor reducido en el momento de la germinación hasta un valor máximo durante el período en que alcanza su pleno desarrollo y declina a medida que madura el cultivo. El coeficiente de crecimiento del cultivo para ejote francés es de un valor en las etapas inicial, media y final de 0.50, 1.05 y 0.90 respectivamente.

### 2.1.21 Frecuencias de riego

Torres (2012), sostiene que un manejo de agua para riego, es un factor fundamental para optimizar la producción hortícola; conocer las características del suelo, es otro factor fundamental y determinante para hacer un buen uso del agua de riego.

La frecuencia de riego se determina tomando la lámina neta, la evapotranspiración o uso consuntivo del mes más crítico.

$$IR = \frac{Ln}{Et_{O_{MaxReal}}}$$

En donde:

IR = Intervalo de riego (en días)

Ln = Lámina de agua neta (en mm)

Et<sub>O<sub>MaxReal</sub></sub> = Evapotranspiración máxima real.

## 2.2 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD DE LA INSTITUCIÓN ANFITRIONA

### 2.2.1 Localización

Las prácticas profesionales se llevaron a cabo en la Cooperativa Agrícola Integral Unión de Cuatro Pinos R.L., ubicada en la 4ª. calle 5-01 Cantón Chitica del municipio de Santiago Sacatepéquez en el departamento de Sacatepéquez (figura 1).



*Figura 1.* Mapa de ubicación de la Cooperativa Cuatro Pinos. (Google Maps, 2017)

### 2.2.2 Descripción de la empresa

La Cooperativa Agrícola Integral Unión de Cuatro Pinos fue fundada en diciembre de 1979. Después de un período de casi 2 años, durante los cuales se organizó un grupo de agricultores minifundistas del municipio de Santiago Sacatepéquez, quienes finalmente decidieron darle vida jurídica a la organización que hoy se conoce como Cooperativa Agrícola Integral "Unión de Cuatro Pinos" R.L. cuyos objetivos fueron y siguen siendo servir como instrumento y medio para promover la actividad productiva agrícola, incrementando los ingresos de sus asociados de manera significativa y con ello posibilitar el mejoramiento de la calidad de las familias del área rural de influencia de la Cooperativa. (Cuatro Pinos, 2011)

Cuatro Pinos se ha convertido en uno de los más importantes productores de vegetales frescos del país, distinguiéndose por los volúmenes significativos de productos como ejote francés, arveja china, arveja dulce, arveja criolla y los mini vegetales entre otros muchos productos. Su innovación continúa ampliando cada año su lista de productos, la presentación de los mismos, así como su cartera de clientes en el extranjero. Su cerca de 5,000 productores ofrecen anualmente al mercado mundial más de 30 millones de libras de vegetales diversos, brindando con ello oportunidad de empleo directo a más de 1,200 colaboradores y a cerca de 12,000 personas en el campo. (Cuatro Pinos, 2011)

### 2.2.3 Organización

Según Lara (2006), la estructura organizacional que presenta la cooperativa, establece las jerarquías de los puestos de trabajo, manteniendo un orden en las funciones del proceso productivo (figura 2).

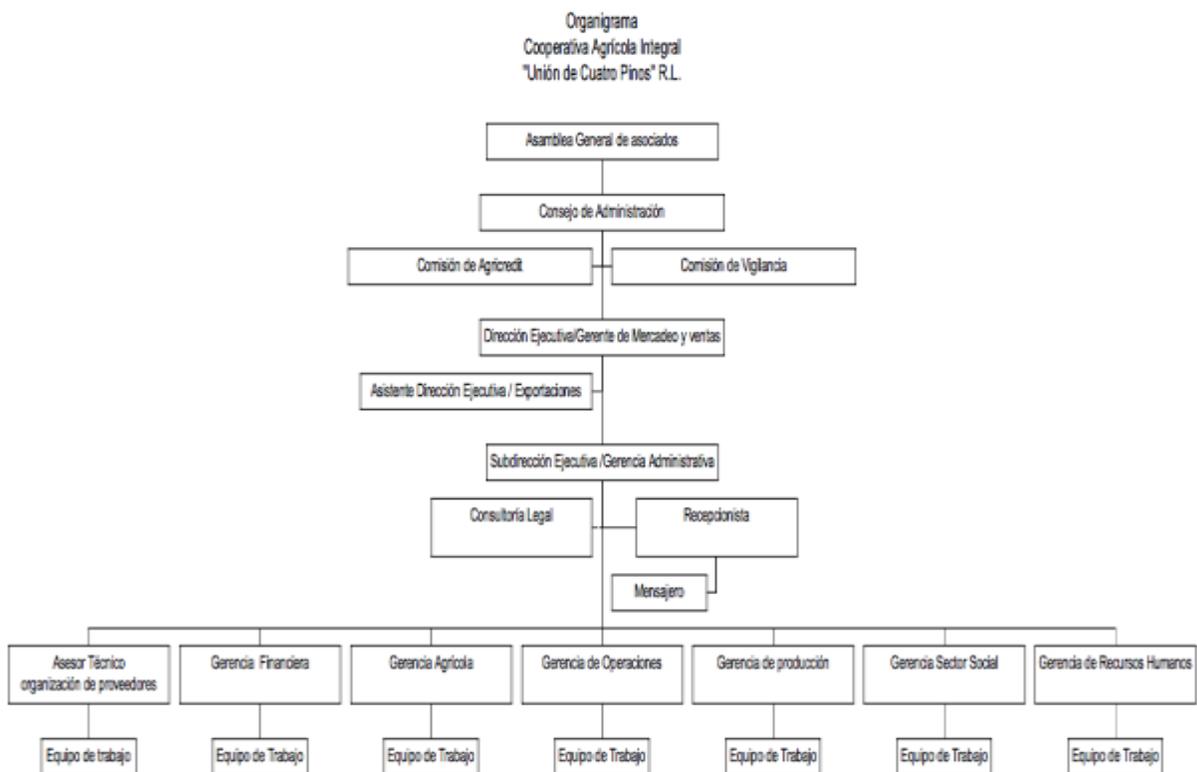


Figura 2. Organigrama de la Cooperativa Cuatro Pinos (Lara, 2006)

#### **2.2.4 Descripción del área específica de acción en la institución**

La sistematización de práctica profesional se enfocó principalmente en la gerencia agrícola, específicamente en el área encargada de riego. La gerencia agrícola, es la encargada de la programación de siembras, cuidado y cosecha de los vegetales. La cooperativa brinda con sus técnicos la asesoría necesaria a cada uno de los grupos de productores que requieran para la producción de los cultivos.

### **3. CONTEXTO DE LA PRÁCTICA**

#### **3.1 EJE DE SISTEMATIZACIÓN**

Se evaluaron tres frecuencias de riego para para determinar la frecuencia que permitió mejores rendimientos al menor costo en el cultivo de ejote francés.

#### **3.2 NECESIDAD EMPRESARIAL**

La Cooperativa Agrícola Integral Unión de Cuatro Pinos R.L., es una agroexportadora que busca la mejora continua a través de la producción de sus productos agrícolas y diferenciación internacional mediante su certificación GLOBAL GAP y participaciones en ferias como AGRITRADE, PMA y ANUGA. Por lo anterior, y debido a las constantes auditorías de uso eficiente del agua a las que se somete, la empresa se interesó en investigar una frecuencia de riego que pueda mejorar el rendimiento y calidad en la producción al menor costo. La Cooperativa posee agricultores asociados que cultivan para la exportación de vegetales, así como lo es el ejote francés. Algunos agricultores cuentan con un sistema de riego por goteo para la época seca, ya que en época lluviosa pueden producir sin necesidad de riego, utilizando la humedad del suelo y de la atmosfera.

Según el diagnóstico que realizó la cooperativa a sus socios en los últimos doce meses, cuando poseen un sistema de riego por aspersión o usan otros métodos tienen una producción de 8,000 kg/ha realizando un riego cuando creen necesario. Debido a esto los agricultores asociados consideran que no existe mayor ventaja entre usar un sistema de riego por goteo o no utilizar un sistema de riego. Por esta razón se decidió realizar esta evaluación para determinar si existe un mayor rendimiento en kilogramos por hectárea utilizando varias frecuencias de riego, que utilizando un sistema de riego convencional.

### 3.3 JUSTIFICACIÓN

Según, Sánchez (2014), el productor genera 6.08 veces más ingresos económicos cultivando ejote francés que cultivando maíz. Esto se ve reflejado en los departamentos de Guatemala, Sacatepéquez y Chimaltenango, que además de concentrar a los productores de ejote, también son los departamentos que menos pobreza presentan en el país.

Es por eso que la Cooperativa consideró como una necesidad los requerimientos hídricos que realmente demanda el cultivo para que puedan proporcionar recomendaciones a los agricultores y de esta manera mejorar el rendimiento del cultivo.

En la mayoría de agricultores de la zona cree que cuanto más agua o mas húmedo esté el suelo, mayor producción se obtendrá y pueden llegar a creer que entre menos agua se gasta más costos de producción se puede ahorrar, pero estas son decisiones que el agricultor hace valiéndose de la experiencia de generaciones como de padres a hijos o recibiendo consejos de otros agricultores. No saber estos datos de cuándo y cuánto regar, consiste en un problema que repercute en la de cantidad y calidad de la producción.

Los resultados en la producción de varios agricultores son desuniformidad y largo de la vaina de ejote que se refleja en el 10% de rechazo que se les aplica debido a estos motivos. Teóricamente se sabe que un manejo del riego adecuado a las condiciones edáficas de la zona podría resolver este problema. Se considera que los factores de la frecuencia y el tiempo de riego podrían estar involucrados en esta problemática.

Es por eso que en ésta investigación se evaluaron tres frecuencias de riego por goteo y se determinó la mejor frecuencia de riego para obtener tener mejores rendimientos al menor costo en el cultivo de ejote francés.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 GENERAL**

- Determinar la mejor frecuencia de riego por goteo en el cultivo de ejote francés bajo condiciones de macrotunel, en la Cooperativa Agrícola Integral Unión de Cuatro Pinos R.L, Santiago Sacatepéquez, Sacatepéquez

### **4.2 ESPECÍFICOS**

- A. Determinar el efecto de tres frecuencias de riego sobre la productividad en kg/ha de vainas frescas de ejote.
- B. Evaluar el efecto de tres frecuencias de riego en la variable de largo y diámetro de vaina de ejote.
- C. Determinar el efecto de tres frecuencias de riego sobre el número de días necesarios para llegar a cosecha.
- D. Analizar la relación beneficio costo del cultivo a través de las tres frecuencias de riego.

## **5. HIPÓTESIS**

### **5.1 HIPÓTESIS 1**

Ho: El rendimiento del mecanismo del tratamiento 2, no es superior al rendimiento del tratamiento 1.

Ha: El rendimiento del mecanismo del tratamiento 2, es superior al rendimiento del tratamiento 1.

### **5.2 HIPÓTESIS 2**

Ho: El rendimiento del mecanismo del tratamiento 2, no es superior al rendimiento del tratamiento 3.

Ha: El rendimiento del mecanismo del tratamiento 2, es superior al rendimiento del tratamiento 3.

### **5.3 HIPÓTESIS 3**

Ho: El rendimiento del mecanismo del tratamiento 3, no es superior al rendimiento del tratamiento 1.

Ha: El rendimiento del mecanismo del tratamiento 3, es superior al rendimiento del tratamiento 1.

## 6. PLAN DE TRABAJO

### 6.1 PROGRAMA A DESARROLLAR

#### 6.1.1 Ubicación del área

El el área experimental se realizó en los campos agrícolas de la Cooperativa Cuatro Pinos en Santiago Sacatepéquez. En una parcela de 150m<sup>2</sup> donde se realizó el experimento (figura 3).



*Figura 3.* Mapa de ubicación del área experimental (Google Maps, 2017).

#### 6.1.2 Análisis físico del suelo

Se realizó el análisis físico de suelo en el área experimental. La muestra compuesta obtenida se envió a laboratorio y los resultados obtenidos (Anexo R) permitieron determinar la lámina de agua a aplicar y saber que textura posee el suelo.

Cuadro 3.

Análisis físico de suelo (Anexo R).

Identificación	Gr/CC Da	% Humedad		% Arcilla Limo Arena			Clase Textural
		1/3	15	Arcilla	Limo	Arena	
M-1	1.0000	37.5	23.42	18.31	26.54	55.14	Fraco Arenoso

### 6.1.3 Material experimental

Ejote francés variedad Serengeti

### 6.1.4 Factor a estudiar y descripción de los tratamientos

El factor estudiado fue frecuencias de riego por goteo.

### 6.1.5 Descripción de los tratamientos

Cuadro 4

Descripción de los tratamientos.

Tratamiento	Frecuencias
T1	Frecuencia de riego una vez por semana.
T2	Una frecuencia de riego con un coeficiente del cultivo (Kc) de acuerdo a su etapa fenológica (cuadro 5).
T3	Una frecuencia de riego tomando en como referencia el coeficiente del cultivo (Kc) de 0.88 en todo el ciclo del cultivo.

Cuadro 5.

Coefficiente de crecimiento del cultivo de acuerdo a la etapa fenológica del ejote francés (FAO, 2006).

	Germinación	Desarrollo	Cosecha
Días	0-20	21-45	46-90
Kc	0.60	1.05	0.90

A cada tratamiento se le repondrá una lámina de agua para que el suelo llegue a capacidad de campo.

### 6.1.6 Cálculos para el riego de los tratamientos

#### Zona radicular.

Para el cálculo de la zona radicular, se muestrearon 60 plantas de manera aleatoria en 1 hectárea en Finca La Suiza, ésta se ubica en Santiago Sacatepéquez. La medición de las raíces se realizó midiendo el largo de las raíces mediante un metro (Anexo J) y se promediaron, dando un resultado de:

$$Zr = 20cm$$

#### Lámina de agua bruta

$$Lb = \frac{\%CC - \%PMP}{100} \times Da \times Zr$$

En donde:

Lb = Lámina de agua bruta (cm).

CC = Capacidad de campo (%).

PMP = Punto de marchitez permanente (%).

Da = Densidad aparente del suelo (gr/cm<sup>3</sup>).

Zr = Zona radicular (cm).

$$Lb = \frac{37.15 - 23.42}{100} \times 1 \times 20 = 2.75cm$$

#### Lámina de agua neta

$$Ln = Lb \times UR$$

En donde:

$L_n$  = Lámina de agua neta (cm).

$L_b$  = Lámina de agua bruta (cm).

$U_r$  = Umbral de riego (cm).

$$L_n = 2.75 \times 0.40 = 1.10$$

### **Lámina de riego eficiente a aplicar**

$$L_{ba} = \frac{L_b}{\square f_a}$$

En donde:

$L_{ba}$  = Lámina de agua bruta a aplicar (cm).

$L_b$  = Lámina de agua bruta (cm).

$E_{fa}$  = Eficiencia de aplicación (%).

$$D_{ba} = \frac{2.75}{0.90} = 3.05$$

La lámina de agua a aplicar es de 3.05 cm para el primer riego.

### **Lámina de neta a aplicar**

$$L_{na} = \frac{L_n}{E_{fa}}$$

En donde:

$L_{ba}$  = lámina de agua bruta a aplicar (cm).

$L_b$  = lámina de agua bruta (cm).

$E_{fa}$  = Eficiencia de aplicación (%).

$$Lna = \frac{1.10}{0.90} = 1.22$$

La lámina de agua neta a aplicar es de 1.22 cm la cual se utiliza para los riegos auxiliares.

### Cálculo de la evapotranspiración y requerimiento de riego diario.

Para el cálculo de la evapotranspiración se utilizó el método de Blanney y Criddle, modificada por pegman y corregida por el Ing. González y Médez, mediante la toma de datos de la estación meteorológica Suiza Contenta ubicada en Sacatépquez.

Cuadro 6.

Evapotranspiración del tratamiento de frecuencia de riego con un Kc de acuerdo a su etapa fenológica.

MES	DURACIÓN (meses)	TEMPERATURA °c	T° + 17,8/21,8	%P	f (cm)	Kt	f x Kt	Kc	Et (cm)	Et' (cm)	P.O cm	EVT/PO	CP	P.E cm	Rr cm	Rrd
NOV	0.83	15.8	1.54	8.34	10.67	0.73	7.806	0.6	4.68	4.68	3.28	1.43	0.53	1.75	-0.32	-0.01
DIC	1	15.4	1.52	8.53	12.99	0.72	9.343	0.8	7.47	12.16	0.84	8.90	1.03	0.86	8.03	0.26
ENE	1	15.1	1.51	8.77	13.24	0.71	9.396	1.05	9.87	22.02	0.26	37.94	1.19	0.31	37.63	1.21
FEB	0.76	15.4	1.52	8.75	10.13	0.72	7.284	0.9	6.56	28.58	0.38	17.25	1.13	0.43	16.82	0.80
<b>Suma</b>					<b>47.02</b>				<b>28.58</b>							

Cuadro 7.

Evapotranspiración del tratamiento de frecuencia de riego con un Kc de 0.88 en todo el ciclo.

MES	DURACIÓN (meses)	TEMPERATURA °c	T° + 17,8/21,8	%P	f (cm)	Kt	f x Kt	Kc	Et (cm)	Et' (cm)	P.O cm	EVT/PO	CP	P.E cm	Rr cm	Rrd
NOV	0.83	15.8	1.54	8.34	10.67	0.73	7.806	0.88	6.87	6.87	3.28	2.09	0.65	2.14	-0.05	0.00
DIC	1	15.4	1.52	8.53	12.99	0.72	9.343	0.88	8.22	15.09	0.84	9.79	1.05	0.88	8.91	0.29
ENE	1	15.1	1.51	8.77	13.24	0.71	9.396	0.88	8.27	23.36	0.26	31.80	1.18	0.31	31.49	1.02
FEB	0.76	15.4	1.52	8.75	10.13	0.72	7.284	0.88	6.41	29.77	0.38	16.87	1.12	0.43	16.44	0.78
<b>Suma</b>					<b>47.02</b>				<b>29.77</b>							

En donde:

Mes = Al mes que se calcula la evapotranspiración.

Duración = El porcentaje en días de cada mes.

Temperatura = Temperatura media durante 10 años en promedio.

T°+ 17.8/21.8 = Factor de corrección.

%P = Porcentaje de radiación

F = Evaporación (fracción \* factor de corrección \* %P).

Kt = Corrección de temperatura.

F \* Kt = multiplicación de ambos factores

$K_c$  = Coeficiente del cultivo

$E_t = F * K_t * K_c$

$E_t'$  = Evapotranspiración acumulada.

P.O = Precipitación observada durante 10 años en promedio.

CP = Corrección de la precipitación

P.E = Precipitación efectiva

Rr = Requerimiento de riego por el número de días del mes.

Rrd = requerimiento de riego diario.

Requerimiento de riego diario máximo:

En el tratamiento uno y dos es de 1.16cm o 12mm

En el tratamiento tres es de 0.93cm o 9mm

### **Intensidad de aplicación por gotero**

$$Lap = \frac{Q}{Dg \times DL}$$

En donde:

Lap = Intensidad de aplicación (cm/hora).

Q = Caudal del gotero (cc/hora).

Dg = Distancia entre goteros (cm).

DL = Distancia entre lateral (cm).

$$Lap = \frac{1000 \text{ cc/hora}}{10\text{cm} \times 60\text{cm}} = 1.66\text{cm/hora}$$

### **Tiempos de Riego**

Tiempo de riego necesario para llevar a capacidad de campo el suelo.

$$Tr = \frac{Dbc}{Lap}$$

En donde:

Tr = Tiempo de riego (hora)

Db<sub>a</sub> = Lámina de agua bruta a aplicar (cm).

Lap = Intensidad de aplicación (cm/hora)

$$Tr = \frac{3.05cm}{1.66 cm/hora} = 1.83 \text{ ó } 2 \text{ Horas}$$

### **Tratamiento 1**

En este tratamiento siempre se llevará a capacidad de campo una vez por semana.

$$Tr = \frac{Db_a/Efa}{Lap}$$

En donde:

Tr = Tiempo de riego (hora)

Db<sub>a</sub> = Lámina de agua bruta a aplicar (cm).

Lap = Intensidad de aplicación (cm/hora)

$$Tr = \frac{3.05cm}{1.66 cm/hora} = 1.83 \text{ ó } 2 \text{ Horas}$$

### **Tratamiento 2**

Es la frecuencia de riego calculada, de acuerdo a la evapotranspiración, tipo de cultivo y suelo, se calculó por la ecuación de Blanney y Cridle, modificada por Penman y corregida por el Ing. González. Utilizando un coeficiente del cultivo (K<sub>c</sub>) dependiendo de la etapa del cultivo

$$Fr = \frac{Evt}{Dna}$$

En donde:

Fr = Frecuencia de riego (días).

Evt = Evapotranspiración (cm).

Dna = Lámina de agua neta a aplicar (cm).

Noviembre

$$Fr = \frac{4.68}{1.22} = 3.83 \text{ ó } 4 \text{ días}$$

Diciembre

$$Fr = \frac{7.47}{1.22} = 6.12 \text{ ó } 6 \text{ días}$$

Enero

$$Fr = \frac{9.87}{1.22} = 8.09 \text{ ó } 8 \text{ días}$$

Febrero

$$Fr = \frac{6.56}{1.22} = 5.3 \text{ ó } 5 \text{ días}$$

$$Tr = \frac{1.22 \text{ cm}}{1.66 \text{ cm/hora}} = 0.73 \text{ ó } 1 \text{ Hora}$$

### Tratamiento 3

Es la frecuencia calculada de la misma manera que el tratamiento dos, pero en este tratamiento se utiliza un coeficiente de cultivo de 0.81 para todos los meses.

$$Fr = \frac{Evt}{Dna}$$

Noviembre

$$Fr = \frac{6.87}{1.22} = 5.63 \text{ ó } 6 \text{ días}$$

Diciembre

$$Fr = \frac{8.22}{1.22} = 6.73 \text{ ó } 7 \text{ días}$$

Enero

$$Fr = \frac{8.27}{1.22} = 6.77 \text{ ó } 7 \text{ días}$$

Febrero

$$Fr = \frac{6.41}{1.22} = 5.25 \text{ ó } 5 \text{ días}$$

$$Tr = \frac{1.22 \text{ cm}}{1.66 \text{ cm/hora}} = 0.73 \text{ ó } 1 \text{ Hora}$$

### 6.1.7 Diseño experimental

El diseño utilizado es el de parcelas divididas, este diseño es utilizado cuando incluye al menos un factor que es difícil de cambiar, que es difícil de aleatorizar completamente debido a limitación de tiempo, costo o espacio.

### 6.1.8 Modelo estadístico

$$T = \frac{(\gamma_1 - \gamma_2) - 0}{S_{\gamma_1 - \gamma_2}}$$

En donde:

T = Valor T

$\gamma$  = Medias de las muestras 1 y 2

S = Varianzas insesgadas de las muestras 1 y 2

### 6.1.9 Unidad experimental

La unidad experimental está constituida por la parcela neta y parcela bruta.

- A. Parcela bruta, área Total: 45m<sup>2</sup>
  - No. de camellones: 3 camellones
  - Distanciamiento entre camellones: 1m
  - No. de plantas por parcela bruta: 450
  
- B. Parcela neta, área total: 15m<sup>2</sup>
  - Distanciamiento entre plantas: 0.10m
  - Largo de camellón: 15m
  - Ancho de camellón: 0.30m
  - Altura de camellón: 0.15m
  - No. de plantas por camellón: 150

### 6.1.10 Croquis de campo y sistema de riego

El establecimiento de los macrotúneles y del sistema de riego se llevó a cabo por el personal encargado del área experimental en base al siguiente croquis de campo:

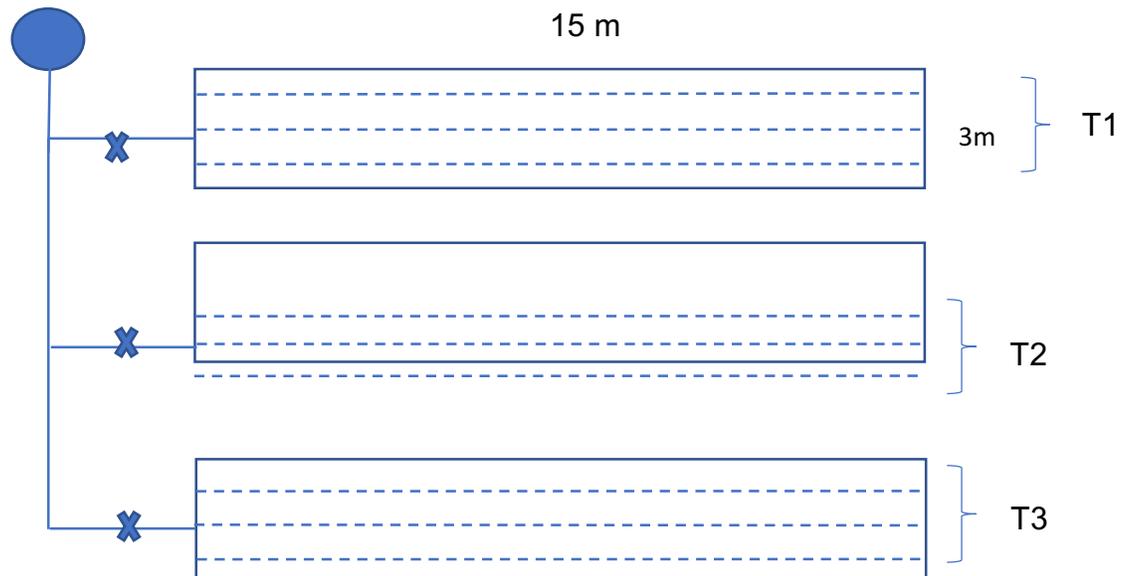


Figura 4: Croquis de campo del sistema de riego.

Simbología:

- = Fuente de agua
- = Tubería
- - - = Cinta regadora
- = Macrotúnel
- X = Llave de paso

## 6.2 MANEJO DEL EXPERIMENTO

### 6.2.1 Preparación del terreno

La preparación del ensayo experimental se llevó a cabo 18 días antes de la siembra se instalaron tres macrotúneles, con cuatro arcos de 3.5 metros y 20 x 6 metros de tela agryl por macrotúnel.

Luego 12 días antes de la siembra se preparó el terreno, mediante una aradura de 0.30 metros de profundidad, asegurándose que el terreno quedara bien suelto. Para el control de plagas del suelo se utilizó un insecticida órgano fosforado de nombre comercial Forato® y para evitar enfermedades de suelo tales como la pudrición de suelo y raíz se utilizó un fungicida sistémico y de contacto de nombre Metalaxil®. Se procedió a la elaboración de 3 camellones por cada unidad experimental de 0.15m de alto, 0.30m de ancho por 15m de largo con un acolchado de nylon negro con una perforación de 2 pulgadas de diámetro a cada 10 centímetros. Para obtener una unidad experimental de 45m<sup>2</sup> la distancia entre calle y camellón fue de 1m. Se utilizó un área total de 150m<sup>2</sup>.

### **6.2.2 Riego**

El diseño de riego utilizado fue de un sistema por goteo y se puede observar en el croquis de campo (Ver figura 4). Las tuberías utilizadas tanto la principal como secundaria fue de Ø 1 ¼” PVC 250psi y se utilizó un regulador de presión debido a que se tenía una presión de 50 psi dado que las cintas de goteo funcionan a una presión manométrica de 10 – 15 psi. Al instalar el regulador de presión se trabajó a una presión de 10 a 15 psi en toda el área del experimento.

Las especificaciones de cinta de goteo son:

- Cinta de goteo de 6 milésimas
- El gotero cada 10cm
- Un caudal de 10 l/h \*m
- Presión a 15psi

### **6.2.3 Siembra**

La semilla de ejote francés utilizada en la evaluación fue de la variedad Serengueti. La siembra se realizó manualmente utilizando 2 semillas por postura con acolchado plástico de una hilera a cada 10cm. El total de plantas por camellón fue de 150, para hacer un total de 450 plantas por cada tratamiento. Se obtuvo una densidad aproximada de siembra de 100,000 por hectárea.

#### **6.2.4 Resiembra**

A los 11 días después de siembra se realizó una resiembra debido a que se obtuvo una germinación del 69% en todo el experimento, y debido a que este resultado podría afectar los resultados, se tomó la decisión de resembrar de nuevo con la misma semilla.

#### **6.2.5 Fertilización**

La fertilización se efectuó 2 veces en todo el ciclo, tomando en cuenta que estas son las aplicaciones efectuadas por el agricultor de la zona. La primera fertilización se realizó 11 días antes de siembra y se aplicó nitrógeno y fosforo (15-50-0) granulado a razón de 100lb/1000m y abono orgánico. La segunda fertilización se realizó a las 6 semanas después de la siembra con nitrógeno, fosforo y potasio (15-15-15) a razón de 100lb/1000m.

#### **6.2.6 Control de malezas**

Para el control de malezas se realizaron desmalezados manuales durante todo el ciclo del cultivo.

#### **6.2.7 Control de plagas y enfermedades**

Para el control de plagas y enfermedades se realizó aplicaciones de insecticidas, fungicidas y así como aplicaciones preventivas para posibles enfermedades. Estos pesticidas son productos permitidos por la Cooperativa Cuatro Pinos, según regulaciones internacionales y nacionales como: Epa, Global GAP, MARN y MAGA.

#### **6.2.8 Cosecha**

La cosecha se realizó de forma manual por medio del personal encargado del área experimental, esta se realizó 1 vez por semana a partir de los 79 días después de siembra, logrando 6 cosechas en todo el ciclo. Cabe mencionar que se extendieron 2 cosechas más de lo previsto debido a la resiembra realizada.

El producto cosechado se colocó en cajas de 40 libras proporcionadas por la cooperativa, las cuales fueron enviadas a recepción de producto para su pesado y recepción de boleta de libras netas.

### 6.2.9 Calendario de actividades realizadas

Las actividades realizadas durante todo el ciclo vegetativo de la evaluación se detallan a continuación (cuadro 8).

Cuadro 8.

Calendario de actividades realizadas en el proyecto.

Fecha	Actividad Realizada
19/10/2017	Elaboración de macrotúneles
25/10/2017	Limpieza de terreno y desinfección de suelo
26/10/2017	Elaboración de camellones
26/10/2017	Aplicación de fertilizante 15-50-0 y Fertilizante Orgánico
27/10/2017	Instalación de riego
03/11/2017	Aplicación de Lorsban® y Captan®
06/11/2017	Siembra
17/11/2017	Resiembra
23/11/2017	Labores Culturales
02/12/2017	Aplicación de Belis®
01/12/2017	Aplicación de Karate®
20/12/2017	Colocación de pita
27/12/2017	Segunda Fertilización
29/12/2017	Labores Culturales
29/12/2017	Aplicación Karate®
29/12/2017	Aplicación Vels®
03/01/2018	Segunda colocación de pita
05/01/2018	Aplicación de azufre
05/01/2018	Aplicación de Karate®
24/01/2018	1ra cosecha
29/01/2018	2da cosecha
29/01/2018	Se abrieron los macrotuneles por moho blanco
29/01/2018	Aplicación de amistar
05/02/2018	3ra cosecha
05/02/2018	Aplicación de Bordocop
05/02/2018	Aplicación de ACT Botánico
12/02/2018	4ta cosecha
14/02/2018	Aplicación de Bayfolan
19/02/2018	5ta cosecha
26/02/2018	6ta cosecha

## **6.3 INDICADORES DE RESULTADO**

### **6.3.1 Rendimiento en kg/ha de vainas frescas de ejote**

Se cosecharon 450 plantas correspondientes a cada tratamiento para un total de 1,350 plantas, anotando el peso total en libras netas. Esto se realizó con la ayuda del centro de recepción de producto de la cooperativa cuatro pinos.

### **6.3.2 Calidad en el largo y diámetro en el ejote francés**

Para medir esta variable se utilizó una cinta métrica para medir el largo y diámetro de varias muestras realizadas en el ciclo de cosecha para determinar que tratamiento cuenta con la mejor calidad de vainas.

### **6.3.3 Número de días necesarios para llegar a cosecha**

Se evaluó el efecto de cada frecuencia sobre el número de días necesarios para llegar a cosecha. Esta se presentó al momento de determinar cuando era necesaria la primera cosecha.

### **6.3.4 Relación beneficio/costo para cada tratamiento**

Para dar respuesta a esta variable se tomó en cuenta la relación de los costos fijos, variables e ingresos de la producción de cada tratamiento.

## **6.4 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

### **6.4.1 Análisis estadístico**

Se realizó un contraste de medias por medio de la prueba T de Student.

## **6.4.2 Análisis Financiero**

La metodología a utilizar para realizar el análisis de costos será el de relación beneficio/costo. Este método indica cuantos quetzales se ganaron o perdieron por cada quetzal invertido.

## 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1 RENDIMIENTO

El rendimiento es la producción obtenida en una unidad de superficie, para el caso de ejote francés, el rendimiento fue medido en kg/ha ya que de esta manera se mide comúnmente en el cultivo, aunque a nivel de productor, receptor y exportador la unidad de medida es en lb/cuerda.

Cuadro 9.  
Producción en kg/ha de ejote francés por tratamiento.

Cosecha	T1	T2	T3
	Riego 1 vez por semana	Riego con un Kc de acuerdo a su etapa fenológica	Riego con un Kc de 0.88 en todo el ciclo.
1	705.58	907.18	705.58
2	1,713.56	1,814.37	1,511.97
3	2,620.75	1,915.17	1,915.17
4	2,015.96	2,015.96	2,015.96
5	1,310.37	1,511.97	806.38
6	503.99	201.59	302.39
Total	8,870.21	8,366.24	7,257.45

Como se puede observar en el cuadro 9, el rendimiento en kg/ha, del tratamiento 1 superó a los tratamientos 2 y 3. No obstante, el rendimiento obtenido en el tratamiento 2 sobrepasa los rendimientos obtenidos por los agricultores de la región que según diagnóstico es de 8,000 kg/ha. El rendimiento que presenta peor rendimiento es el tratamiento 3 el cual no supera los rendimientos obtenidos comúnmente.

Para determinar si existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados, fue necesario realizar una prueba T entre los tratamientos.

Para determinar el rendimiento total se tomó en cuenta el área total de cada tratamiento, 450 plantas en 45m<sup>2</sup>.

Cuadro 10.  
Resultados de la prueba T entre tratamientos.

Prueba	Vs	g.l	T	$\alpha=0.05$
1	T2 – T1	10	0.192	1.812
2	T3 – T1	10	0.616	1.812
3	T2 – T3	10	0.453	1.812

En donde:

g.l = Grados de libertad

T = Valor t

$\alpha=0.05$  = Nivel de significancia

Como se muestra en el cuadro 10 el resultado de las pruebas T realizadas indica que la diferencia entre los tratamientos no es significativa a un 95% de confianza,  $\alpha=0.05$ .

El análisis estadístico presentado en el cuadro 10, indica que no se rechaza la hipótesis nula en todas las pruebas realizadas. Debido a que el valor T obtenido no es mayor al valor 1.812. Con esto se puede decir que los tratamientos no producen efectos diferentes sobre la variable de rendimiento total.

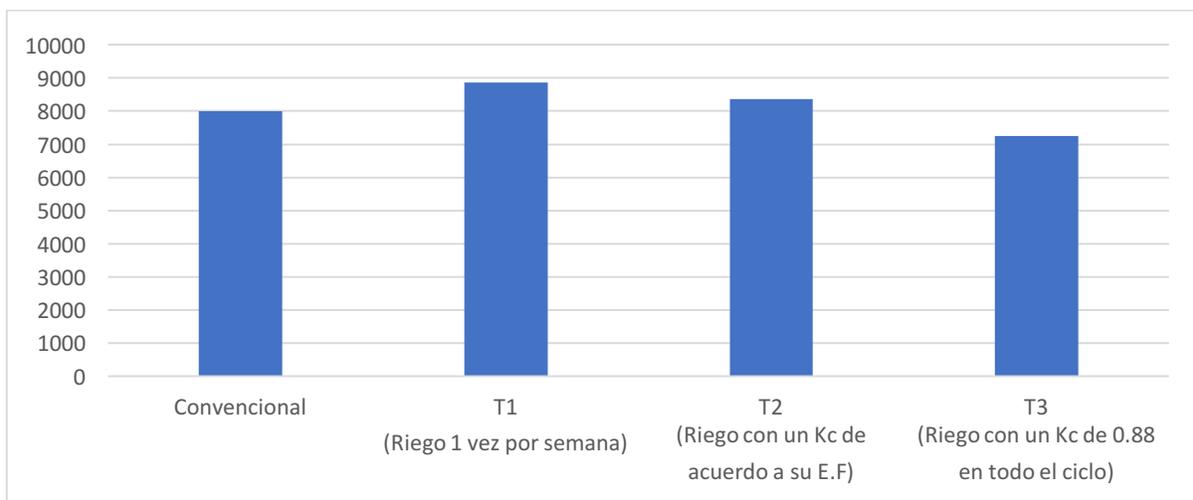


Figura 5. Rendimiento kg/ha de ejote francés.

En la figura 5, se muestra el incremento en el rendimiento que se obtuvo en los tratamientos 1 y 2 en comparación al método convencional que utilizan los agricultores de la zona con rendimientos de 8,000 Kg/Ha.

Aún cuando estadísticamente no existen diferencias significativas, para el promedio de rendimientos, se obtuvo con el tratamiento 1 existió un 9.82% más de producción que con los métodos convencionales, en el tratamiento 2 se obtuvo un 4.32% más de producción que con los métodos convencionales, y con el tratamiento 3 se obtuvo un 9.28% menos de producción que los métodos convencionales. El tratamiento 1 y 2 constituyen los mayores valores en cuando a rendimiento en kg/ha.

A estos incrementos de rendimientos se les atribuye a las condiciones favorables que se crean dentro de los macrotúneles y a la cantidad de agua aplicada durante todo el ciclo del cultivo.

Se debe considerar que el ejote francés a los 85 días después de siembra sufrió de moho blanco una enfermedad causada por el hongo *Sclerotinia sclerotiorum*, la mayor incidencia se presentó en el tratamiento 2 y parte en el tratamiento 1 perjudicando gravemente a la producción. Se cree que la aparición de esta enfermedad fue debido a que se creó condiciones favorables para su aparición. Por lo que se tuvo que aplicar un fungicida con ingrediente activo azoxytrobin de nombre comercial Amistar® y abrir los macrotúneles en los 3 tratamientos para que la enfermedad no siguiera perjudicando al tratamiento.

### **7.1.1 Lámina aplicada**

#### Tratamiento 1

En el tratamiento 1 se aplicó una lámina de agua de 3.05 cm una vez por semana con un tiempo de riego de 2 horas durante 17 semanas. Esto quiere decir que se aplicaron 3,400 m<sup>3</sup> en una hectárea.

#### Tratamiento 2

En el tratamiento 2 se aplicó una lámina de agua de 3.05 cm en el primer riego con un tiempo de riego de 2 horas y 21 riegos auxiliares en donde se repuso una lámina de agua de 1.22 cm con un

tiempo de riego de 1 hora durante 17 semanas. Esto quiere decir que se aplicaron 2,340 m<sup>3</sup> de agua en una hectárea.

### Tratamiento 3

En el tratamiento 3 se aplicó una lámina de agua de 3.05 cm en el primer riego con un tiempo de riego de 2 horas y 20 riegos auxiliares en donde se repuso una lámina de agua de 1.22 cm con un tiempo de riego de 1 hora durante 17 semanas. Esto quiere decir que se aplicaron 2,040 m<sup>3</sup> de agua en una hectárea.

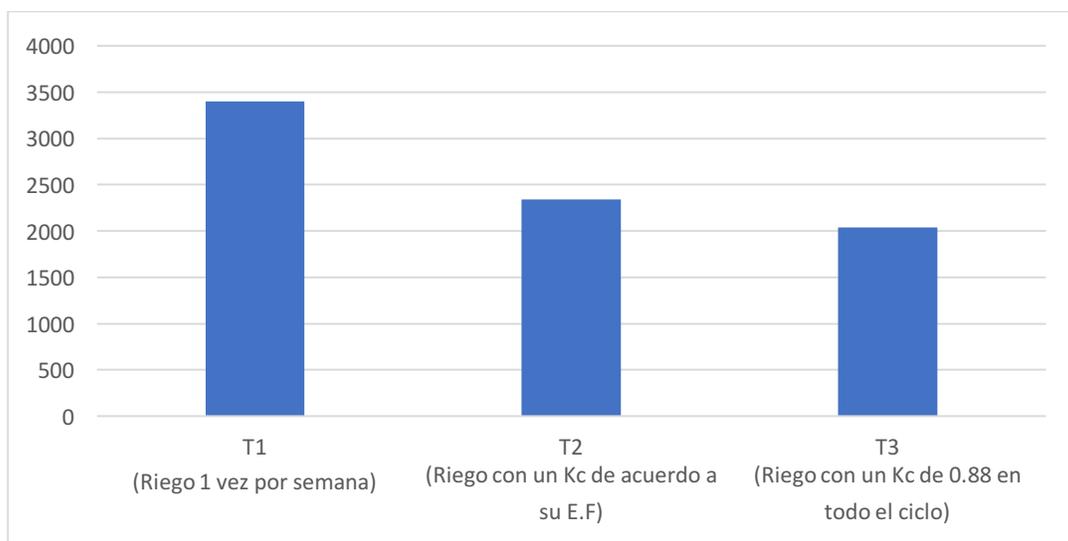


Figura 6. Comparación de agua utilizada en los tratamientos (m<sup>3</sup>).

Como se puede observar en la figura 8, el tratamiento que ocupó mayor cantidad de agua fue el tratamiento 1 con 3,400 m<sup>3</sup>, el tratamiento 2 fue el segundo que ocupó más agua con 2,340 m<sup>3</sup> y el tercer tratamiento de último con 2,040 m<sup>3</sup> ocupando el tratamiento que menor agua consumió durante su ciclo vegetativo.

### Cuadro 11.

Comparación de la producción obtenida versus el agua utilizada.

	Producción (Kg/Ha)	Agua utilizada (m <sup>3</sup> )
T1 Riego 1 vez por semana	8,870.21	3,400

	Producción (Kg/Ha)	Agua utilizada (m <sup>3</sup> )
T2		
Riego con un Kc de acuerdo a su etapa fenologica	8,366.24	2,340
T3		
Riego con un Kc de 0.88 en todo el ciclo.	7,257.45	2,040

Como se puede observar en el cuadro 11, el tratamiento 1 fue el que recibió mayor cantidad de agua durante todo su ciclo y este fue el que presentó mejores rendimientos. Esto es porque según Gilberto Brenis (2015) un ejote es 90% agua, esto quiere decir que el cultivo entre más se restringe el agua menor producción tendrá el cultivo. En cambio el riego del tratamiento 2 recibió menor cantidad de agua y aun así superó los rendimientos promedios de los agricultores de la zona. Por último, el rendimiento más bajo obtenido fue el tratamiento 3 debido a que se le aplicó la menor cantidad de agua.

## 7.2 CALIDAD DE LA VAINA DE EJOTE FRANCÉS

No se realizó una prueba estadística para la obtención de resultados de esta variable, pues como se muestra en el cuadro 12, la calidad medida por largo y diámetro de la vaina fresca de ejote francés se determinó por medio de un promedio.

Cuadro 12.  
Calidad de las vainas de ejote francés en los tratamientos.

	Largo (Cm)	Diámetro (Cm)
T1		
Riego 1 vez por semana	15	0.6
T2		
Riego con un Kc de acuerdo a su etapa fenologica	14	0.54
T3		
Riego con un Kc de 0.88 en todo el ciclo.	14	0.49

El ejote francés de exportación tiene un estándar de calidad en largo entre 12 a 17 centímetros y un diámetro de 0.4 a 0.7 centímetros, éstos estándares de calidad dependen del mercado internacional, ya que si no se necesita mucha producción los estándares pueden ser más estrictos.

Como se puede observar en el cuadro 12 el mejor tratamiento obtenido en estándares de calidad fue el tratamiento 1 el cual presenta los mejores rendimientos en kg/ha. Esto quiere decir que la planta aprovechó de mejor manera el agua suministrada para lograr los mejores estándares de calidad entre tratamientos.

El tratamiento 3 fue el peor, esto debido a que fue el tratamiento al cual se le suministró menor cantidad de agua lo cual indica que pudo estar más tiempo en estrés hídrico perjudicando el largo y diámetro de las vainas de ejote.

La medición de largo y diámetro de este proceso se puede observar en anexos.

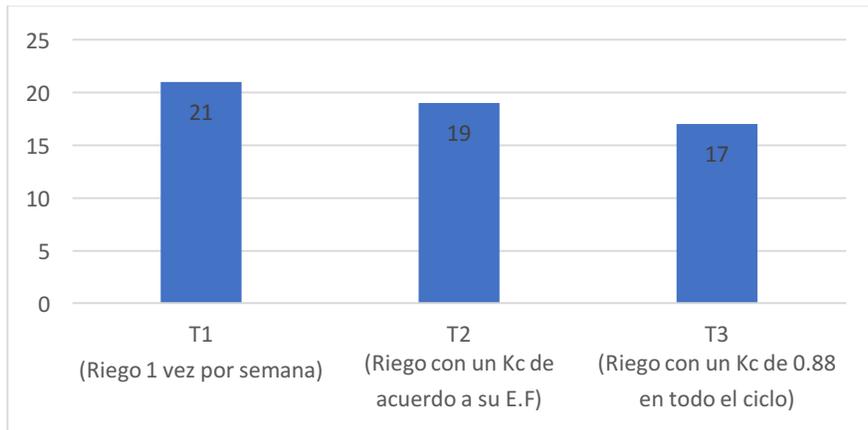
### **7.3 DÍAS A COSECHA**

El cultivo se sembró el 6 de noviembre del 2017. A los 21 días después de siembra todos los tratamientos presentaban las primeras hojas de su desarrollo fenológico. A los 30 días después de siembra todos los tratamientos poseían plantas de 7 a 10 centímetros de altura. En este punto de su desarrollo fenológico ninguna presentaba estrés hídrico.

A los 58 días después de siembra el tratamiento 1 y 2 poseían plantas entre 30-40 centímetros de altura, mientras que el tratamiento 3 poseía plantas de 20-30 centímetros en ciertas partes de los surcos. Todos los tratamientos poseían las primeras flores.

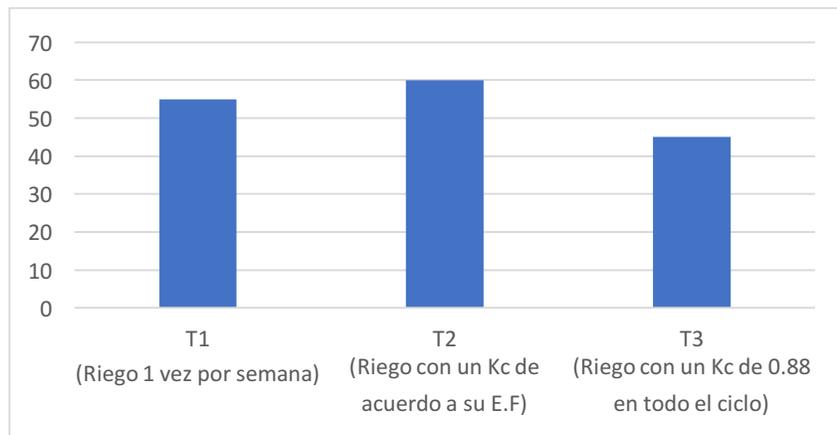
A los 66 días después de siembra el tratamiento 3 presentaba problemas de estrés hídrico lo que hacía que disminuyera el crecimiento de la planta.

A los 70 días después de siembra ninguno de los tratamientos poseía una diferencia muy grande de número de flores por planta como se puede observar en la figura 9.



*Figura 7.* Promedio de número de flores por planta.

A los 79 días después de siembra se realizó la primera cosecha de todos los tratamientos, esta decisión fue tomada con base en la figura 9, porque no existía una diferencia que indicara que un tratamiento llegó a punto de corte antes que otro debido a que en promedio poseían el mismo número de flores. Lo que se pudo observar era que el tratamiento 1 y 2 poseían plantas de 50 a 60 centímetros de alto mientras que el tratamiento 3 poseía plantas de 40 a 50 centímetros de alto (Ver figura 10).



*Figura 8.* Altura promedio (cm) de las plantas por cada tratamiento.

## **7.4 ANÁLISIS FINANCIERO**

Se realizó un análisis simple en el cual los costos analizados únicamente fueron los utilizados en el experimento. También se tomó como criterio depreciar ciertos equipos o insumos agrícolas en varios ciclos del cultivo debido a que estos se pueden utilizar en más de 1 ciclo del cultivo sin que afectara su funcionamiento. En los siguientes cuadros se muestran los costos de producción de cada tratamiento:

## Cuadro 13.

## Costos de producción del tratamiento de frecuencia de riego 1 vez por semana.

Actividad	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Monto Total
<b>Preparación de macrotuneles</b>				
Depreciación de arcos galvanizados *	Unidad	1500	1.87	2805
Depreciación agryl *	m	9	1000	9000
<b>Preparación del terreno</b>				
Preparación de suelo	Jornal	30	70	2100
Elaboración de camellones	Jornal	30	70	2100
Colocación de plástico Mulch	Jornal	27	70	1890
<b>Siembra</b>				
Siembra	Jornal	10	70	700
<b>Tutoreado</b>				
Colocación de tutores	Jornal	7	70	490
Colocación de pita	Jornal	10	70	700
<b>Fertilización</b>				
1ra Fertilización (Granulada)	Jornal	5	70	350
2da Fertilización (Líquido Tronqueada)	Jornal	5	70	350
<b>Aplicaciones fitosanitarias</b>				
Aplicaciones	Jornal	24	70	1680
<b>Labores culturales</b>				
Desmalezado	Jornal	18	70	1260
<b>Cosecha</b>				
Cosecha	Kg	8889	1.54	13689.06
<b>Insumos</b>				
Semilla	Lb	45	102	4590
Rafia	Rollo	9	88	792
Estacas	Unidad	2100	0.25	525
Plástico mulch	Unidad	9	275.5	2479.5
Fertilizante 15-50-00	Quintal	9	203	1827
Fertilizante 15-15-15	Quintal	9	186	1674
Fertilizante orgánico	Quintal	72	48	3456
Lorsban®	Litro	1.5	122	183
Captan®	Litro	1	39.1	39.1
Belis®	Litro	1	255.5	255.5
Karate®	Litro	1	245	245
Azufre	Litro	1	47.7	47.7
Amistar®	Litro	1	213.1	213.1
Bordocop®	Litro	1	71.1	71.1
ACT Botanico®	Litro	1.25	71.1	88.875
Bayfolan®	Litro	1.25	60.75	75.9375
<b>Riego</b>				
Bomba de 14 HP*	Unidad	1	350	350
Combustible	Galon	300	25	7500
Ingresos por Ventas	kg	8889	7.7	68445.3
Costos Totales				61176.87
Ingreso Neto				7268.4275
Rentabilidad				12%

## Cuadro 14.

Costos de producción del tratamiento de frecuencia de riego con un Kc de acuerdo a su etapa fenológica.

Actividad	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Monto Total
<b>Preparación de macrotuneles</b>				
Depreciación de arcos galvanizados *	Unidad	1500	1.87	2805
Depreciación agryl *	m	9	1000	9000
<b>Preparación del terreno</b>				
Preparación de suelo	Jornal	30	70	2100
Elaboración de camellones	Jornal	30	70	2100
Colocación de plástico Mulch	Jornal	27	70	1890
<b>Siembra</b>				
Siembra	Jornal	10	70	700
<b>Tutoreado</b>				
Colocación de tutores	Jornal	7	70	490
Colocación de pita	Jornal	10	70	700
<b>Fertilización</b>				
1ra Fertilización (Granulada)	Jornal	5	70	350
2da Fertilización (Líquido Tronqueada)	Jornal	5	70	350
<b>Aplicaciones fitosanitarias</b>				
Aplicaciones	Jornal	24	70	1680
<b>Labores culturales</b>				
Desmalezado	Jornal	18	70	1260
<b>Cosecha</b>				
Cosecha	Kg	8384	1.54	12911.36
<b>Insumos</b>				
Semilla	Lb	45	102	4590
Rafia	Rollo	9	88	792
Estacas	Unidad	2100	0.25	525
Plástico mulch	Unidad	9	275.5	2479.5
Fertilizante 15-50-00	Quintal	9	203	1827
Fertilizante 15-15-15	Quintal	9	186	1674
Fertilizante orgánico	Quintal	72	48	3456
Lorsban®	Litro	1.5	122	183
Captan®	Litro	1	39.1	39.1
Belis®	Litro	1	255.5	255.5
Karate ®	Litro	1	245	245
Azufre	Litro	1	47.7	47.7
Amistar®	Litro	1	213.1	213.1
Bordocop®	Litro	1	71.1	71.1
ACT Botanico®	Litro	1.25	71.1	88.875
Bayfolan®	Litro	1.25	60.75	75.9375
<b>Riego</b>				
Bomba de 14 HP*	Unidad	1	350	350
Combustible	Galon	207	25	5175
Ingresos por Ventas	kg	8384	7.7	64556.8
Costos Totales				58074.17
Ingreso Neto				6482.6275
Rentabilidad				11%

Cuadro 15.

Costos de producción del tratamiento de frecuencia de riego con un Kc de 0.88 en todo el ciclo.

Actividad	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Monto Total
<b>Preparación de macrotuneles</b>				
Depreciación de arcos galvanizados *	Unidad	1500	1.87	2805
Depreciación agryl *	m	9	1000	9000
<b>Preparación del terreno</b>				
Preparación de suelo	Jornal	30	70	2100
Elaboración de camellones	Jornal	30	70	2100
Colocación de plástico Mulch	Jornal	27	70	1890
<b>Siembra</b>				
Siembra	Jornal	10	70	700
<b>Tutoreado</b>				
Colocación de tutores	Jornal	7	70	490
Colocación de pita	Jornal	10	70	700
<b>Fertilización</b>				
1ra Fertilización (Granulada)	Jornal	5	70	350
2da Fertilización (Líquido Tronqueada)	Jornal	5	70	350
<b>Aplicaciones Fitosanitarias</b>				
Aplicaciones	Jornal	24	70	1680
<b>Labores Culturales</b>				
Desmalezado	Jornal	18	70	1260
<b>Cosecha</b>				
Cosecha	Kg	7273	1.54	11200.42
<b>Insumos</b>				
Semilla	Lb	45	102	4590
Rafia	Rollo	9	88	792
Estacas	Unidad	2100	0.25	525
Plástico mulch	Unidad	9	275.5	2479.5
Fertilizante 15-50-00	Quintal	9	203	1827
Fertilizante 15-15-15	Quintal	9	186	1674
Fertilizante orgánico	Quintal	72	48	3456
Lorsban®	Litro	1.5	122	183
Captan®	Litro	1	39.1	39.1
Belis®	Litro	1	255.5	255.5
Karate®	Litro	1	245	245
Azufre	Litro	1	47.7	47.7
Amistar®	Litro	1	213.1	213.1
Bordocop®	Litro	1	71.1	71.1
ACT Botánico®	Litro	1.25	71.1	88.875
Bayfolan®	Litro	1.25	60.75	75.9375
<b>Riego</b>				
Bomba de 14 HP*	Unidad	1	350	350
Combustible	Galon	251	25	6275
Ingresos por Ventas	kg	7273	7.7	56002.1
Costos Totales				55638.23
Ingreso Neto				363.86
Rentabilidad				1%

Para todos los tratamientos se hicieron las siguientes consideraciones: La vida útil de los arcos es de 6 años, el plástico mulch se utiliza en 2 ciclos de cultivo, la bomba es depreciada a 10 años y el combustible es calculado a razón de 3000 gal/h.

En el ensayo no se consideraron algunos equipos e insumos agrícolas que son utilizados por más ciclos de cultivo, como el caso de bombas de fumigación, herramientas de trabajo (machete, azadón, cubetas), debido a que la empresa ya contaba con este equipo.

Como fue expuesto anteriormente en los cuadros 13, 14 y 15 la única diferencia de costos de producción es en el riego de cada tratamiento, esto es porque cada tratamiento tuvo diferentes cantidades de agua aplicada durante todo el ciclo del cultivo.

Cuadro 16.  
Costos de riego en los distintos tratamientos.

	Costo de Riego (Q.)
T1 Riego 1 vez por semana	7,850
T2 Riego con un Kc de acuerdo a su etapa fenologica	5,525
T3 Riego con un Kc de 0.88 en todo el ciclo.	4,800

Los costos de riego varían entre los tratamientos debido a que están asociados a la cantidad de agua aplicada. La depreciación de la bomba se calculó del valor total de la bomba dividido la vida útil de esta, y por último dividido dentro de los ciclos de producción al año del cultivo.

El cuadro 17 indica que el tratamiento 1 tiene un 12% de rentabilidad la cual es la más alta entre los 3 tratamientos a pesar de tener los costos de producción más alto entre los tratamientos. El tratamiento 2 fue el segundo mejor con una rentabilidad del 1% y el peor tratamiento el 3 con una rentabilidad de 1%.

Cuadro 17.  
Rentabilidad de los tratamientos.

Tratamiento	Rentabilidad
T1 Riego 1 vez por semana	12%

Tratamiento	Rentabilidad
T2 Riego con un Kc de acuerdo a su etapa fenologica	11%
T3 Riego con un Kc de 0.88 en todo el ciclo.	1%

Los rendimientos obtenidos, muestran que estadísticamente no se tuvo diferencia significativa con el uso de distintas frecuencias, pero este si se refleja en la rentabilidad de los tratamientos (ver cuadro 17).

Cuadro 18.  
Resumen financiero de los tratamientos.

Concepto	T1	T2	T3
	Riego 1 vez por semana	Riego con un Kc de acuerdo a su etapa fenológica	Riego con un Kc de 0.88 en todo el ciclo
Productividad (kg/ha)	8,889	8,384	7,273
Ingresos (Q)	68,445.30	64,556.80	56,002.10
Costos (Q)	61,176.87	58,074.17	55,638.23
Ingreso neto (Q)	7,268.42	6,482.62	363.86
Relación Beneficio / Costo	1.12	1.11	1

En la relación beneficio/costo (Cuadro 18) para los tratamientos 1 y 2, indica que por cada quetzal invertido existió una ganancia de 12 y 1 centavos respectivamente.

Con lo que respecto al tratamiento 3, indica que existió una rentabilidad de 0.006 centavos por cada quetzal invertido. Este tratamiento fue el que tuvo la menor cantidad de metros cúbicos aplicados en todo el ciclo del cultivo.

Teniendo como base la información establecida en el cuadro anterior (Cuadro 18), se establece que el mejor tratamiento es el T1 y el que representa la situación menos atractiva es T3, el cual cuando

presenta los menores costos de producción del cultivo, el rendimiento obtenido no es suficiente para obtener un ingreso neto que sea atractivo.

Los beneficios de una buena aplicación de riego en el ciclo del cultivo en las temporadas críticas de sequías ó canículas son muy importantes e indispensables, reflejando el beneficio principal en el aumento del rendimiento total de producto con respecto a la producción convencional de los agricultores (8000kg/Ha).

## 8. CONCLUSIONES

1. En las condiciones que se realizó ésta evaluación, la mayor productividad de vainas frescas de ejote francés se obtuvo en la frecuencia de riego 1 vez por semana, con 8,870.21 Kg/Ha, aunque estadísticamente no existe diferencia significativa entre los tratamientos.
2. El tratamiento que presentó los mejores estándares de calidad en vainas frescas de ejote francés, fue la frecuencia de riego 1 vez por semana con 15 centímetros de largo y 0.6 centímetros de diámetro.
3. Las diferentes frecuencias de riego aplicadas en los distintos tratamientos, no manifestaron alguna diferencia en los días para llegar a cosecha. Pero si se notaba una diferencia en el número de flores por planta el cual la frecuencia de riego 1 vez por semana poseía la mayor cantidad de flores por planta.
4. La frecuencia de riego 1 vez por semana, manifestó el más alto ingreso económico, con una relación beneficio/costo de 12 centavos por cada quetzal invertido. La frecuencia de riego con un coeficiente de cultivo dependiendo de su etapa fenológica también refleja un indicador positivo con 11 centavos ganados por cada quetzal invertido, y el único tratamiento que posee un indicador no muy favorable es la frecuencia de riego con un coeficiente de cultivo de 0.88 en todo el ciclo con un indicador de 0.006 centavos ganados por cada quetzal invertido.

## **9. RECOMENDACIONES**

Para las condiciones que se realizó este estudio, se recomienda, la aplicación de la frecuencia de riego del tratamiento 1, con tiempos de 2 horas una vez por semana, ya que con ésta frecuencia, se obtuvo mayor rendimiento (8,870.21 Kg/Ha) y beneficios económicos.

Se recomienda realizar investigaciones agronómicas, sobre coberturas de protección, distanciamiento de goteros y cantidad de semillas por postura con el fin de obtener los efectos de estas variables sobre el rendimiento total en kilogramos por hectárea de ejote francés.

Es importante contar con registros climáticos actualizados de las condiciones externas e internas en los macrotúneles, con el fin de conocer la variabilidad climática de los elementos como temperatura (°C) y humedad relativa (%).

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- Akianto. (2010). *Revista AgroNegocios "El mercado de El Ejote"*. Obtenido de Issue: [https://issuu.com/goartgt/docs/revistagronegocios\\_ejote](https://issuu.com/goartgt/docs/revistagronegocios_ejote).
- Alvarado, F. (2014). *Evaluación de cuatro fuentes comerciales de ca y mg sobre la absorción en el tejido vegetal de ejote francés (Phaseolus vulgaris), var. Sapporo, bajo condiciones de invernadero, en el centro experimental docente de agronomía, facultad de agronomía, usac, . Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.*
- Cámara del Agro. (2015). *El AGRO es vital para la economía del país*. Obtenido de Cámara del Agro : <http://camaradelagro.org/wp-content/uploads/2015/10/Propuesta-Pol%C3%ADtica-Agr%C3%ADcola.pdf>
- CENTA. (2003). *Cultivo del Ejote*. Obtenido de Centro Nacional De Tecnología Agropecuaria y Forestal: <http://centa.gob.sv/docs/guias/hortalizas/Guia%20ejote%202003.pdf>
- Cortes, Z. (2010). *Estudio de dos Variedades de Frijol Ejotero (Phaseolus vulgaris L.) Kentucky Wonder y Black Valentine como Opción de Negocio, en la Región de Buenavista, Saltillo, Coahuila*. Obtenido de Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4426/T18054%20ORTES%20SANCHEZ%2C%20ZURISADA%20%20TESIS.pdf?sequence=1>
- Cuatro Pinos. (2011). *Cooperativa Agrícola Integral Unión de Cuatro Pinos R.L*. Obtenido de Cuatro Pinos: <http://www.cuatropinos.com.gt>
- Flores, J., & Cruz, J. (27 de 01 de 2009). Estudio de los sistemas de riego localizado pro goteo y exudación, en el rendimiento del cultivo de lechuga (Lactuca sativa L. var. alface stella), bajo invernadero. *Informe Final de Tesis*. Ibarra, Ecuador: Escuela de ciencias Agrícolas y ambientales.
- Google Maps. (2017). *Google Maps*. Obtenido de Google: <https://www.google.com/maps/place/Cooperativa+Cuatro+Pinos/@14.6187945,-90.6770286,14z/data=!4m5!3m4!1s0x85890b66342d3a73:0xbc30d628d80ee924!8m2!3d14.6312679!4d-90.6688528>
- Lara, L. (2006). *Creación del departamento de administración de recursos humanos, en la cooperativa agrícola integral unión de cuatro pinos R.L*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. Obtenido de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_1603\\_IN.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1603_IN.pdf)
- Méndez, G. (2014). *Riegos I*. Guatemala, Guatemala: Universidad Rafael Landívar .

- Ochoa, L. (1990). *Evaluación de diferentes metodos de control de malezas dentro del periodo critico de interferencia en el cultivo de ejote francés en el municipio de Santiago Sacatepéquez departamento de Sacatepéquez*. Guatemala: USAC.
- Omar, P. (2009). Comparación de dos planes de manejo integrado del cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris L.*) para control de roya (*Uromyces appendiculatus*), asesoría técnica y servicios comunitarios en la comunidad Ixcayán, Salamá, Baja Verapaz. *Trabajo de Graduación* . Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Sánchez, A. (2014). *Análisis financiero de dos planificacion de siembra de ejote francés en finca la suiza, Santiago Sacatepéquez, Sacatepéquez*. Guatemala: Universidad Rafael Landívar.
- Sandoval, J. E. (2007). *Principios de riego y drenaje*. Guatemala: Editorial Universitaria.
- Schaart, G. (2012). *Sistematización de experiencias en la producción de ejote francés (phaseolus vulgaris l.), para exportación (trabajo de graduación)* . Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Torres, F. (2012). *Evaluació de cinco frecuencias de riego por goteo, en el rendimiento del bulbo blanco en el cultivo de cebolla; Asuncion Mita, Jutiapa*. Sede Regional de Jutiapa. Jutiapa: Universidad Rafael Landívar.
- Villegas, M. (2016). *Sistematización del cambio de sistema de riego de tinaja a goteo, el cultivo de ejote francés en finca san Bernardino, ciénaga grande, Chimaltenango (tesis de grado)*. Guatemala: Universidad Rafael Landívar.
- Villela, J. (1992). *El Cultivo Del Ejote Francés*. Obtenido de Ministerio de agricultura, ganadería y alimentación :  
<https://drive.google.com/file/d/0B6bGYMpRwvFyYjFkRS1PZlInNm8/view>

## 11. ANEXOS

### Anexo A. Instalación de macrotúneles



### Anexo B. Largo de de 15 metros de los macrotuneles



**Anexo C. Elaboración de los camellones**



**Anexo D. Instalación de tuberías**



**Anexo E. Reducidor de presión**



**Anexo F. Primeras hojas del cultivo**



**Anexo G. Primeros botones florales**



**Anexo H. Primera cosecha**



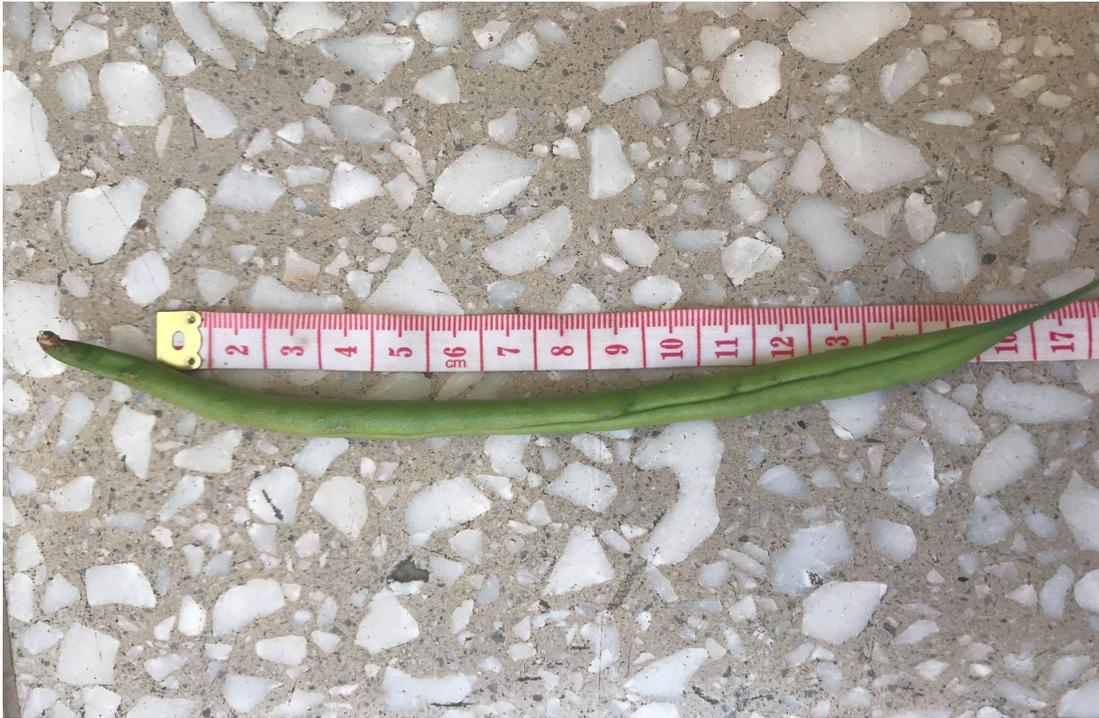
**Anexo I. Moho blanco en ejote francés**



**Anexo J. Medición de raíz**



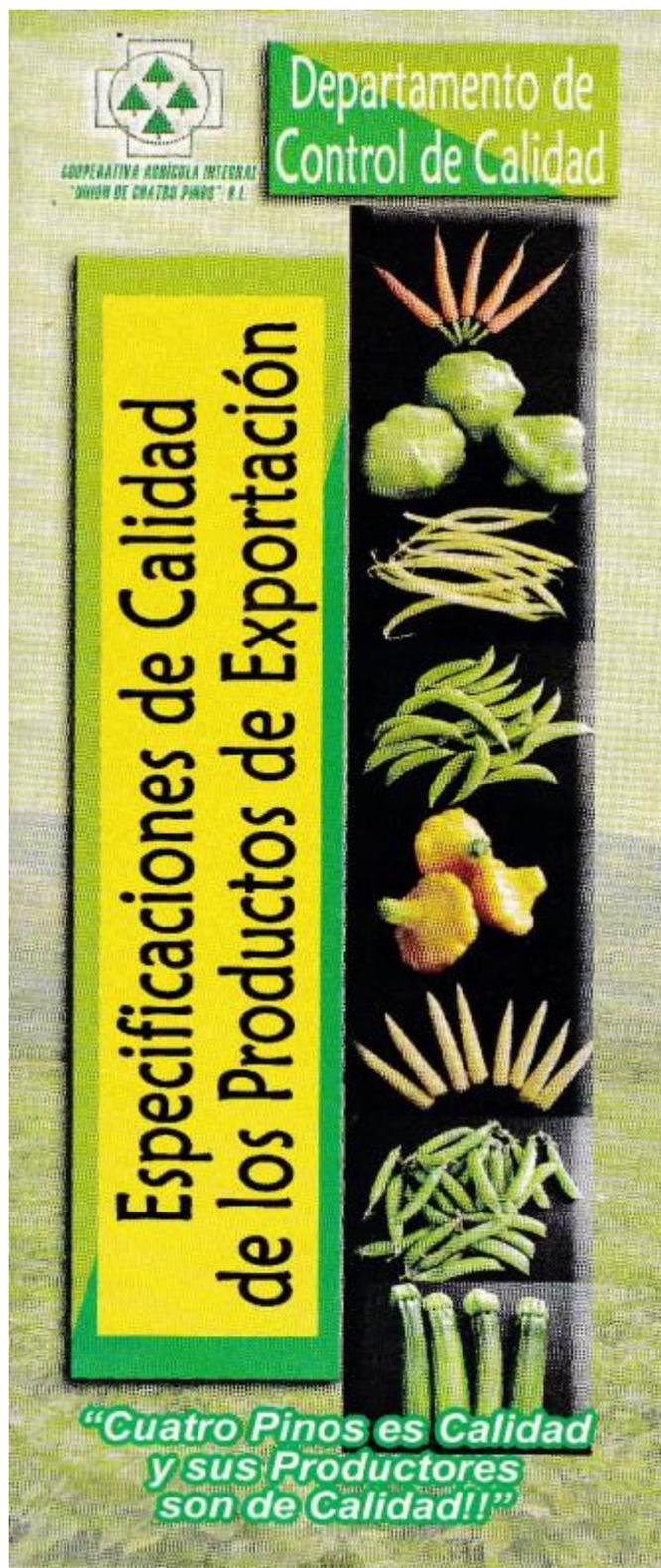
**Anexo K. Medición del largo de una vaina**



**Anexo L. Medición del diámetro de una vaina**



Anexo M. Folleto técnico de las especificaciones requeridas de calidad



## Anexo N. Folleto técnico con las especificaciones requeridas de calidad



**EJO TE FRANCÉS**



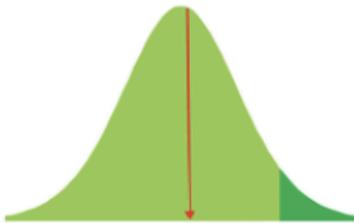
- **Largo:** Mínimo 11 centímetros y máximo 13 centímetros
- **Diámetro:** Mínimo 0.6 centímetros y máximo 0.7 centímetros
- **Coloración:** uniforme, verde arveja
- **Forma:** Sin deformación del fruto, (recto y cilíndrico )
- **Apariencia:** Sin daño por plagas y enfermedades, sin golpes, lastimaduras o cortes (Daño mecánico)
- **Limpieza:** Limpio, sin materiales extraños
- **Fitosanidad:** Sin residuos químicos (No permitidos y Tolerancias), sin daño por enfermedades e insectos)
- **Inocuidad:** Sin contaminación biológica (Bacterias, hongos) o física
- **Temporalidad:** Cosecha del día, máximo 12 horas

## Anexo O. Prueba 1 T de Student

PRUEBA 1	
T2	T1
9	7
18	17
19	26
20	20
15	13
2	5

n:	6	6
X:	13.83	14.67
s:	7.03	7.97

S:	7.51
----	------



t=	0.192	0.01	0.05	0.1
g.l.=	10	2.764	1.812	1.372

Resultado: No se rechaza la hipótesis nula a ningún nivel de significancia

Test for Equality of Means Between Series

Date: 03/05/18 Time: 22:00

Sample: 1 6

Included observations: 6

Method	df	Value	Probability
t-test	10	0.192166	0.8515
Satterthwaite-Welch t-test*	9.846243	0.192166	0.8515
Anova F-test	(1, 10)	0.036928	0.8515
Welch F-test*	(1, 9.84624)	0.036928	0.8515

\*Test allows for unequal cell variances

Analysis of Variance

Source of Variation	df	Sum of Sq.	Mean Sq.
Between	1	2.083333	2.083333
Within	10	564.1667	56.41667
Total	11	566.2500	51.47727

Category Statistics

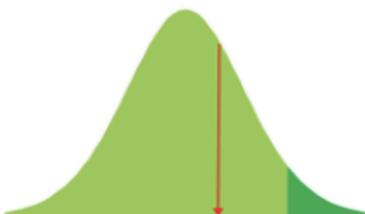
Variable	Count	Mean	Std. Dev.	Std. Err. of Mean
T2	6	14.66667	7.966597	3.252350
T1	6	13.83333	7.026142	2.868410
All	12	14.25000	7.174766	2.071177

## Anexo P. Prueba 2 T de Student

PRUEBA 2	
T3	T1
7	7
15	17
19	26
20	20
8	13
3	5

n:	6	6
X:	12.00	14.67
s:	6.99	7.97

S:	7.49
----	------



t=	0.616	0.01	0.05	0.1
g.l.=	10	2.764	1.812	1.372

Resultado: No se rechaza la hipótesis nula a ningún nivel de significancia

Test for Equality of Means Between Series

Date: 03/05/18 Time: 22:03

Sample: 1 6

Included observations: 6

Method	df	Value	Probability
t-test	10	0.616480	0.5514
Satterthwaite-Welch t-test*	9.832192	0.616480	0.5516
Anova F-test	(1, 10)	0.380048	0.5514
Welch F-test*	(1, 9.83219)	0.380048	0.5516

\*Test allows for unequal cell variances

Analysis of Variance

Source of Variation	df	Sum of Sq.	Mean Sq.
Between	1	21.33333	21.33333
Within	10	561.3333	56.13333
Total	11	582.6667	52.96970

Category Statistics

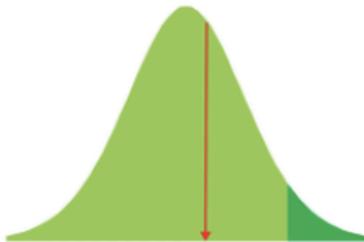
Variable	Count	Mean	Std. Dev.	Std. Err. of Mean
T2	6	14.66667	7.966597	3.252350
T3	6	12.00000	6.985700	2.851900
All	12	13.33333	7.278028	2.100986

## Anexo Q. Prueba 3 T de Student

PRUEBA 3	
T2	T3
9	7
18	15
19	19
20	20
15	8
2	3

n:	6	6
X:	13.83	12.00
s:	7.03	6.99

S:	7.01
----	------



t=	0.453	0.01	0.05	0.1
g.l=	10	2.764	1.812	1.372

Resultado: No se rechaza la hipótesis nula a ningún nivel de significancia

Test for Equality of Means Between Series

Date: 03/05/18 Time: 22:04

Sample: 1 6

Included observations: 6

Method	df	Value	Probability
t-test	10	0.453247	0.6600
Satterthwaite-Welch t-test*	9.999667	0.453247	0.6600
Anova F-test	(1, 10)	0.205433	0.6600
Welch F-test*	(1, 9.99967)	0.205433	0.6600

\*Test allows for unequal cell variances

Analysis of Variance

Source of Variation	df	Sum of Sq.	Mean Sq.
Between	1	10.08333	10.08333
Within	10	490.8333	49.08333
Total	11	500.9167	45.53788

Category Statistics

Variable	Count	Mean	Std. Dev.	Std. Err. of Mean
T1	6	13.83333	7.026142	2.868410
T3	6	12.00000	6.985700	2.851900
All	12	12.91667	6.748176	1.948031

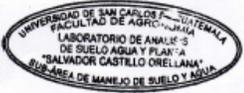
## Anexo R. Análisis físico de suelos del campo experimental de la Cooperativa Cuatro Pinos.

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
LABORATORIO DE SUELO-PLANTA-AGUA "SALVADOR CASTILLO ORELLANA" 

**INTERESADO:** LUIS CABRERA  
**PROCEDENCIA:** FCA EXTERIMENTAL 4 PINOS, SANTIAGO SAC

**ANÁLISIS FÍSICO DE SUELOS**

IDENTIFICACION	Gr/cc Da	% HUMEDAD		%			CLASE TEXTURAL
		1/3	15	Arcilla	Limo	Arena	
<b>M-1</b>	1.0000	37.15	23.42	18.31	26.54	55.14	FRANCO ARENOSO



CAMPUS CENTRAL, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
EDIFICIO UMGER, TERCER NIVEL, CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12, GUATEMALA  
CODIGO POSTAL 01012, APARTADO POSTAL 1545, TEL: (502)24189308, (502) 24188000 EXT 1562 Ó 1769