

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE  
CARRERA DE AGRONOMÍA

TRABAJO DE GRADUACIÓN



TESIS

EVALUACIÓN DEL CULTIVO DE EJOTE FRANCÉS (*Phaseolus vulgaris* L.) EN CONDICIONES DE HIDROPONÍA

ESTUARDO JOSIMAR HERNÁNDEZ OLESINSKI

COBÁN, ALTA VERAPAZ, ABRIL DE 2 016

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE  
CARRERA DE AGRONOMÍA**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**TESIS  
EVALUACIÓN DEL CULTIVO DE EJOTE FRANCÉS (*Phaseolus  
vulgaris L.*) EN CONDICIONES DE HIDROPONÍA**

**PRESENTADO AL HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO DEL  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE**

**POR**

**ESTUARDO JOSIMAR HERNÁNDEZ OLESINSKI  
CARNÉ No. 200842154**

**COMO REQUISITO A OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO  
AGRÓNOMO EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO EN  
CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**COBÁN, ALTA VERAPAZ, ABRIL DE 2 016**

## **AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

### **RECTOR MAGNÍFICO**

Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo

### **CONSEJO DIRECTIVO**

PRESIDENTE:	Lic. Zoot. Erwin Gonzalo Eskenasy Morales
SECRETARIO:	Ing. Geol. César Fernando Monterroso Rey
REPRESENTANTE DE DOCENTES:	Lcda. T.S. Floricelda Chiquin Yoj
REPRESENTANTE EGRESADOS:	Lic. en Admón. Fredy Fernando Lemus Morales
REPRESENTANTE DE ESTUDIANTES:	Br. Fredy Enrique Gereda Milián PEM. César Oswaldo Bol Cú

### **COORDINADOR ACADÉMICO**

Lic. Zoot. Erwin Fernando Monterroso Trujillo

### **COORDINADOR DE LA CARRERA**

Ing. Agr. M.Sc. Sandra Anabella Tello Coutiño

### **COMISIÓN DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN**

COORDINADOR:	Ing. Agr. M Sc. Edgar Armando Ruiz Cruz
SECRETARIO:	Ing. Agr. MAE David Salomón Fuentes Guillermo
VOCAL:	Ing. Agr. M. Sc. Gustavo Adolfo García Macz

### **REVISOR DE REDACCIÓN Y ESTILO**

Ing. Civil M. Sc. Julio Enrique Reynosa Mejía

### **REVISOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

Ing. Agr. M. Sc. Luis Humberto Ortiz Castillo

### **ASESOR**

Ing. Agr. M. Sc. Sandra Tello Coutiño de Argueta



**USAC**  
**TRICENTENARIA**  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

Cobán, A.V., 11 de marzo de 2016.  
Ref.: 15-A-111/2016.

Ingeniero Agrónomo:  
Luis Humberto Ortiz Castillo  
Presidente Terna Evaluadora  
Carrera de Agronomía  
Centro Universitario del Norte -CUNOR-

Respetable Ing. Ortiz:

Me dirijo a ustedes para informarles que he revisado el trabajo de graduación titulado **“Evaluación del cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones de hidroponía”**, elaborado por el estudiante **T.U. Estuardo Josimar Hernández Olesinski**.

A mi criterio dicho trabajo cumple con las observaciones realizadas por la terna en la presentación oral de Seminario II, lo indicados en el acta que levantó la terna, así como las sugerencias y anotaciones que le hacen en los documentos que presentó.

En tal sentido, por este medio doy el aval al trabajo que he asesorado, para que continúe con el trámite respectivo.

Atentamente,

**Id y enseñad a todos**



  
Ing. Agr. M. C. Sandra Anabella Tello Coutiño  
Asesor Principal.

c.c. archivo



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

Ref. 15-A-112/2016.  
Cobán, A.V., 14 de marzo 2016

Señores:  
Miembros de la Comisión de Trabajos de Graduación  
Carrera de Agronomía  
Centro Universitario del Norte -CUNOR-

**Señores:**

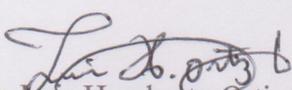
Por este medio me permito informar que el **T.U. Estuardo Josimar Hernández Olesinski**, si incorporó a su informe final de Trabajo de Graduación las correcciones y sugerencias que se le mandaron hacer en el documento y en la presentación del Seminario II.

Con base a lo anterior, se recomienda que dicho trabajo continúe con el trámite respectivo.

Atentamente,

**Id y enseñad a todos**



  
Ing. Agr. Luis Humberto Ortiz Castillo  
Revisor del Informe Final de Trabajos de Graduación y  
Presidente Terna Evaluadora Seminario II  
Carrera Agronomía

c.c. archivo



**USAC**  
**TRICENTENARIA**  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

Ref. 15-A-124/2016  
Cobán, A.V., 12 de abril de 2016

Señores  
Comisión de Trabajos de Graduación  
Carrera Agronomía  
CUNOR

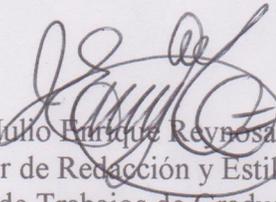
Señores Comisión de Trabajos de Graduación:

Por este medio me permito informar que he revisado el trabajo de graduación presentado por el T.U. **Estuardo Josimar Hernández Olesinski**, titulado: **“Evaluación del cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris L.*) en condiciones de hidroponía”** y después de corroborar que se hicieron las observaciones formuladas, me permito dictaminar que dicho trabajo es satisfactorio en cuanto a las normas de redacción y estilo y puede continuar con el trámite respectivo.

Atentamente,

**Id y enseñad a todos**



  
Ing. M.Sc. Julio Enrique Reynosa Mejía  
Revisor de Redacción y Estilo  
Comisión de Trabajos de Graduación  
Carrera de Agronomía - CUNOR

c.c. archivo



**USAC**  
**TRICENTENARIA**  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

Ref. 15-A-125/2016  
12 de abril de 2016

**Licenciado:**  
**Erwin Gonzalo Eskenasy Morales**  
**Director del CUNOR**  
Edificio.

**Señor Director:**

Por este medio me permito informar que después de haber sido revisado y evaluado por el Asesor, el Revisor de Informes Finales y el Revisor de Redacción y Estilo, la Comisión de Trabajos de Graduación, emite su dictamen favorable para que el trabajo de graduación de el **T.U. Estuardo Josimar Hernández Olesinski**, titulado: **“Evaluación del cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris L.*), en condiciones de hidroponía”**, siga el trámite correspondiente a efecto se autorice el Imprimase.

Atentamente,



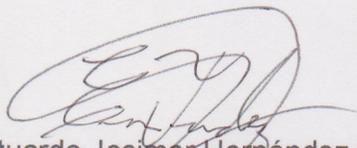
**Id y enseñad a todos**

Ing. Agri. ~~Ángel Arce Canahú~~  
Presidente Comisión Trabajos de Graduación  
Carrera Agronomía - CUNOR -

c.c. archivo

## HONORABLE COMITÉ EXAMINADOR

En cumplimiento a lo establecido por los estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a consideración de ustedes el Informe Final de Tesis titulado "Evaluación del cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones de hidroponía" como requisito previo a optar al título profesional de Ingeniero Agrónomo en grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.



Estuardo Josimar Hernández Olesinski  
Carné No. 200842154

## **RESPONSABILIDAD**

“La responsabilidad del contenido de los trabajos de graduación es: Del estudiante que opta al título, del asesor y del revisor; la Comisión de Redacción y Estilo de cada carrera, es la responsable de la estructura y la forma”.

Aprobado en punto SEGUNDO, inciso 2.4, subinciso 2.4.1 del Acta No. 17-2012 de Sesión extraordinaria de Consejo Directivo de fecha 18 de julio del año 2012.

## **ACTO QUE DEDICO A:**

Dios

Mis padres

Dr. José Hernández

Dra. Bárbara de Hernández

Mis hermanos

Ing. José David

Dr. Jair Salvador (Q. E. P. D.)

Mis abuelos

Jesús, Isabel

Stanislaw, Carlota (Q. E. P. D.)

Mis tíos y tías

Mis primos y primas

## **AGRADECIMIENTOS A:**

Dios	Creador y formador, Quien me ha fortalecido cada día de mi vida.
Mis padres	Quienes han sido un ejemplo para mi exhortándome y animándome a que de lo mejor de mí cada día.
Mis hermanos	Por su motivación y alegría que me inspiraron en el desarrollo de la carrera y la culminación de esta investigación.
Los docentes de la carrera de Agronomía del CUNOR	Quienes me han preparado para ser un profesional exitoso.
Mi asesora Ing. Agr. M. Sc. Sandra Tello Coutiño de Argueta	Por su apoyo en el asesoramiento de este trabajo.
Ing. Agr. M. Sc. Luis Humberto Ortiz Castillo	Por su apoyo en la realización de esta investigación.
Mis amigos y amigas, en especial: Dr. German Macz y su familia	Por su valioso acompañamiento en el desarrollo de mi carrera.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>DEFINICIÓN DEL PROBLEMA</b>	3
<b>JUSTIFICACIÓN</b>	5
<b>OBJETIVOS</b>	7
General	7
Específicos	7
<b>I. MARCO TEÓRICO</b>	9
1.1 Antecedentes	9
1.2 Hidroponía	12
1.2.1 Clasificación de las formas de hidroponía	13
1.2.1.1 Raíz en sustrato sólido	13
1.2.1.2 Raíz en medio líquido	14
1.2.1.3 Raíz en medio gaseoso o aeropónico	14
1.2.2 Sistemas de hidroponía	15
1.2.2.1 Sistema abierto	15
1.2.2.2 Sistema cerrado	15
1.2.3 Sustratos	15
1.2.3.1 Piedra pómez	17
1.2.3.2 Cáscara de coco	18
1.2.3.3 Cascarilla de arroz	19
1.2.3.4 Gravas	20
1.2.3.5 Escorias de carbón	20
1.2.3.6 Aserines y virutas	21
1.2.3.7 Ladrillos y tejas molidas	21
1.2.3.8 Lana de roca	22
1.2.4 Solución nutritiva	22
1.2.4.1 Formulación de soluciones	23
1.2.4.2 Equilibrio químico solución nutritiva	24
1.2.4.3 Control de la solución nutritiva	26
1.2.4.4 pH y la conductividad eléctrica	27
1.2.4.5 Requerimientos nutricionales del cultivo	30
1.2.4.6 Concentración de nutrientes presentes en las soluciones	30
1.2.4.7 Solución del CIAT	32
1.2.4.8 Solución chapingo	32
1.2.4.9 Solución Hoagland y Arnon	32
1.3 Cultivo de ejote francés	33

1.3.1	Taxonomía	33
1.3.1.1	Parte subterránea	33
1.3.1.2	Parte aérea	34
	a) Tallo	34
	b) Hojas	34
1.3.1.3	Fenología	35
1.3.1.4	Genotipo y fenotipo	36
1.3.2	Necesidades del cultivo	37
1.3.3	Siembra	37
1.3.4	Tutorado	38
1.3.5	Factores abióticos que afectan al ejote francés	38
1.3.5.1	Exceso de humedad o sequía	38
1.3.5.2	Temperatura	39
1.3.5.3	Quemaduras por luz solar	39
1.3.5.4	Vientos	39
1.3.5.5	Humedad	39
1.3.5.6	Luminosidad	40
1.3.6	Cosecha	40
1.3.7	Índices de calidad	41
<b>II.</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	43
<b>III.</b>	<b>MARCO REFERENCIAL</b>	45
3.1	Ubicación	45
3.2	Estructuras	45
3.3	Sustrato	45
3.4	Tamaño del experimento	45
3.5	Implementación del sistema de riego	46
<b>IV.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b>	47
4.1	Diseño experimental	47
4.2	Factores	47
4.2.1	Descripción de soluciones utilizadas	48
4.2.1.1	Solución de Hoagland y Arnon	48
4.2.1.2	Solución CIAT	48
4.2.1.3	Solución Chapingo	48
4.2.2	Descripción de material utilizado	48
4.2.2.1	Ejote francés Claudine	49
4.2.2.2	Ejote francés Auni	49
4.2.2.3	Ejote francés 4X4	50
4.3	Variables respuesta	51
4.3.1	Rendimiento de los materiales	51
4.3.2	Número de cortes	51
4.3.3	Duración de cada etapa fenológica del cultivo	51
4.3.4	Altura de la planta	51
4.3.5	Clasificación del producto de acuerdo a la calidad	51
4.3.5.1	Curvatura	52
4.3.5.2	Largo	52
4.3.5.3	Grosor	52

4.3.5.4	Presencia de manchas	52
4.3.5.5	Presencia de daños provocados por insectos	52
4.3.5.6	Peso de 100 vainas	52
4.3.6	Costes de producción	53
4.3.7	Variables relacionadas	53
4.3.7.1	Identificación de plagas y enfermedades	53
4.3.7.2	Variables climáticas	53
4.4	Manejo del experimento	53
4.4.1	Preparación de soluciones	53
a)	La solución del CIAT	54
b)	La solución Chapingo	55
c)	La solución de Hoagland y Arnon	56
4.4.2	Siembra del cultivo	57
4.4.3	Aplicación de las soluciones	57
4.4.4	Lavado del sustrato	57
4.4.5	Regulación del pH y conductividad eléctrica	57
4.4.6	Cosecha	58
4.4.7	Control de plagas y enfermedades	58
<b>V.</b>	<b>RECURSOS</b>	59
5.1	Recurso humano	59
5.2	Recursos físicos	59
<b>VI.</b>	<b>PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	61
6.1	Rendimiento	61
6.2	Número de cortes	70
6.3	Etapas fenológicas	72
6.4	Altura de la planta	75
6.5	Clasificación del producto de acuerdo a la calidad	76
6.5.1	Curvatura del ejote	76
6.5.2	Largo del ejote	78
6.5.3	Grosor del ejote	80
6.5.4	Presencia de manchas y daños provocados por insectos en el ejote	80
6.5.5	Peso de 100 vainas	81
6.6	Variables relacionadas	85
6.6.1	Identificación de plagas y enfermedades	85
6.6.2	Variables climáticas	86
<b>VII.</b>	<b>ANÁLISIS ECONÓMICO</b>	89
	<b>CONCLUSIONES</b>	93
	<b>RECOMENDACIONES</b>	95
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	97
	<b>ANEXO</b>	99
1)	Codificación BBCH de los estadios fenológicos del frijol ( <i>Phaseolus vulgaris L.</i> ), Feller Et. Al. 1995	99
2)	Análisis económico	106

## ÍNDICE DE CUADROS

1	Producción, exportaciones y área cosechada de ejote francés	11
2	Requerimientos nutricionales del cultivo	30
3	Concentración de nutrientes presentes en las soluciones	31
4	Rendimiento (kg/ha) en los tratamientos y repeticiones, de la evaluación del cultivo de ejote francés ( <i>Phaseolus vulgaris L.</i> ) en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2014	62
5	Análisis de varianza para el rendimiento (kg/ha), de la evaluación del cultivo de ejote francés ( <i>Phaseolus vulgaris L.</i> ) en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2014	62
6	Prueba de Tukey para las variedades y su rendimiento (kg/ha), de la evaluación del cultivo de ejote francés ( <i>Phaseolus vulgaris L.</i> ) en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2014	63
7	Prueba de Tukey para las soluciones y su rendimiento (kg/ha), de la evaluación del cultivo de ejote francés ( <i>Phaseolus vulgaris L.</i> ) en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2014	65
8	Prueba de Tukey para la interacción variedades-soluciones y su rendimiento (kg/ha), de la evaluación del cultivo de ejote francés ( <i>Phaseolus vulgaris L.</i> ) en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2014	68
9	Número de cortes en la evaluación del cultivo de ejote francés ( <i>Phaseolus vulgaris L.</i> ) en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2014.	71
10	Etapas fenológicas cultivo ejote francés	73
11	Altura de plantas en la evaluación del cultivo de ejote francés ( <i>Phaseolus vulgaris L.</i> ) en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2014	75
12	Análisis de varianza para ejote de largo fuera del rango requerido por el mercado externo (kg/ha), de la evaluación del cultivo de ejote francés ( <i>Phaseolus vulgaris L.</i> ) en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2014	78
13	Ejote de largo fuera del rango requerido por el mercado externo (% de ejotes inferiores a 12 cm) en los tratamientos y repeticiones, por cada corte, de la evaluación del cultivo de ejote francés ( <i>Phaseolus vulgaris L.</i> ) en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2014	79
14	Peso en gramos por 100 vainas, en los tratamientos y repeticiones, de la evaluación del cultivo de ejote francés ( <i>Phaseolus vulgaris L.</i> ) en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2014	82
15	Análisis de varianza para peso (g) de 100 vainas, de la evaluación del cultivo de ejote francés ( <i>Phaseolus vulgaris L.</i> ) en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2014	82

16	Prueba de Tukey para las variedades y su peso por 100 ejotes (g/100 vainas), de la evaluación del cultivo de ejote francés ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2 014	83
17	Costos variables (quetzales por hectárea) en la evaluación del cultivo de ejote francés ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en condiciones de hidroponía, año 2 014	90
18	Rendimiento medio (kg/ha), ingreso bruto (Q), costos variables (Q), ingreso neto (Q) y rentabilidad (%) para el análisis económico en la evaluación del cultivo de ejote francés ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en condiciones de hidroponía, año 2014	91
19	Cronograma de actividades, de la evaluación del cultivo de ejote francés ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2 014	105
20	Análisis económico solución Hoagland y Arnon con variedad Claudine, de la evaluación del cultivo de ejote francés ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2 014	106
21	Análisis económico solución Hoagland y Arnon con variedad Auni, de la evaluación del cultivo de ejote francés ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2 014	107
22	Análisis económico solución Hoagland y Arnon con variedad 4X4, de la evaluación del cultivo de ejote francés ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2 014	108
23	Análisis económico solución Chapingo con variedad Claudine, de la evaluación del cultivo de ejote francés ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2 014	109
24	Análisis económico solución Chapingo con variedad Auni , de la evaluación del cultivo de ejote francés ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2 014	110
25	Análisis económico solución Chapingo con variedad 4X4, de la evaluación del cultivo de ejote francés ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2 014	111
26	Análisis económico solución CIAT con variedad Claudine, de la evaluación del cultivo de ejote francés ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2 014	112
27	Análisis económico solución CIAT con variedad Auni, de la evaluación del cultivo de ejote francés ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2 014	113
28	Análisis económico solución CIAT con variedad 4X4, de la evaluación del cultivo de ejote francés ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2 014	114

## INDICE GRÁFICAS

1 Disponibilidad de nutrientes, pH	28
2 Variedades y su rendimiento (kg/ha) de la evaluación del cultivo de ejote francés ( <i>Phaseolus Vulgaris L.</i> ), en condiciones de hidroponía, Carchá A. V. Año 2 014.	64
3 Soluciones y su rendimiento (kg/ha) de la evaluación del cultivo de ejote francés ( <i>Phaseolus Vulgaris L.</i> ), en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2 014	66
4 Interacción variedades-soluciones y su rendimiento (kg/ha) de la evaluación del cultivo de ejote francés ( <i>Phaseolus vulgaris L.</i> ), en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2 014	69
5 Variedades y el peso de 100 ejotes en gramos, de la evaluación del cultivo de ejote francés ( <i>Phaseolus vulgaris L.</i> ) en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2 014	84
6 Temperatura agosto-octubre	87
7 Esquema de una repetición, de la evaluación del cultivo de ejote francés ( <i>Phaseolus vulgaris L.</i> ) en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2 014	102
8 Esquema de campo, de la evaluación del cultivo de ejote francés ( <i>Phaseolus vulgaris L.</i> ) en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2 014	103
9 Sistema de riego, de la evaluación del cultivo de ejote francés ( <i>Phaseolus vulgaris L.</i> ) en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2 014	104

## RESUMEN

Para efectos de esta investigación, se evaluó la interacción de tres variedades del cultivo del ejote francés (*Phaseolus vulgaris* L.) con tres soluciones nutritivas, bajo la técnica de hidroponía. Esto se realizó en un invernadero ubicado en la aldea Yojbatz, San Pedro Carchá, Alta Verapaz, con lo que se le permitió al cultivo manifestar la máxima expresión de rendimiento y calidad. Y a la vez al estar en un ambiente parcialmente controlado, se logró efectuar un control más eficiente de plagas y enfermedades, disminuyendo así el uso de plaguicidas.

La diferencia mínima significativa para el análisis de las variedades de ejote francés, comprueba que el material que presenta un rendimiento inferior es la variedad 4X4, la cual mostró un rendimiento promedio más bajo (22 851,76 kg/ha) con las soluciones evaluadas. Sin embargo al ser evaluado con la solución Chapingo, obtuvo un rendimiento superior al de la variedad Claudine aunque sin diferencia estadística significativa.

La variedad Auni fue la que mostró el más alto rendimiento promedio (27 036,66 Kg/ha), sin embargo esta presentó diferencia estadística significativa, únicamente con respecto a la variedad 4X4. Asimismo la variedad Auni superó a las otras dos variedades evaluadas, al analizarla individualmente para cada una de las soluciones.

La solución Hoagland y Arnon presentó los mejores rendimientos, fue superior estadísticamente, únicamente a la solución CIAT. Con lo que se pudo

manifestar que el cultivo de ejote francés responde positivamente a un mayor suministro de nutrientes, lo cual viene a traducirse como un incremento del rendimiento.

La rentabilidad más alta se obtuvo en la interacción de la variedad Auni y la solución Hoagland y Arnon (50,61 %), la que coincidió con los mejores resultados de rendimiento en el análisis de mejor variedad y solución por separado.

## INTRODUCCIÓN

La agricultura es una de las principales actividades económicas del departamento de Alta Verapaz, debido a ello se reconoce la importancia de ciertos cultivos como el ejote francés (*Phaseolus vulgaris L.*), ya que por ser un cultivo requerido por el mercado externo, presenta estabilidad con respecto al mercado, lo que lo hace una opción muy atractiva.<sup>1</sup>

El cultivo de ejote francés se desarrolla adecuadamente en condiciones edafoclimáticas estables, que se encuentren dentro de los rangos óptimos del cultivo como lo son temperaturas de 16 °C a 24 °C y suelos con un buen drenaje; sin embargo se ve afectado por la variabilidad climática, en especial por los valores extremos, el desgaste de suelos y proliferación de plagas, fenómenos que se dan en su mayoría por un mal manejo.<sup>2</sup>

La implementación del cultivo en campo, que es extensiva, es afectada por factores ambientales difíciles de controlar como: lluvias irregulares, temperaturas extremas y plagas, las principales son: trips (*Trips spp.*), mosca blanca (*Bemisia tabaci*), tortuguilla (*Diabrotica spp.*), antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*) y roya (*Uromyces phaseoli*); mismas que afectan

---

<sup>1</sup> USAID. *Desarrollo agroindustrial de Guatemala*. <http://www.usaid.gov> ( 3 de Mayo de 2 014).

<sup>2</sup> Jaramiño Norella, J, *Impacto climático en los cultivos*. <http://www.larepublica.com> (8 de agosto de 2 014).

directamente al cultivo, disminuyen así el rendimiento y la calidad del producto.<sup>3</sup>

Con el ánimo de apoyar a la población productiva del departamento, se presenta un estudio bajo condiciones parcialmente controladas del cultivo de ejote francés; en donde se evaluó el cultivo, por medio del sistema hidropónico en sustrato sólido, debido a que es un sistema conocido por presentar condiciones ideales de nutrición y sanidad vegetal; con lo que se espera obtener un alza en el rendimiento de ejote con calidad de exportación.

---

<sup>3</sup>Fuente: Información proporcionada por Ing. Francisco Mendoza, Unyspice S.A. (8 de Mayo de 2 014).

## DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El problema de cultivar ejote francés (*Phaseolus vulgaris L.*) a campo abierto, es que se ve afectado por diversos factores ambientales adversos, tales como condiciones climáticas desfavorables: exceso de lluvia, heladas y/o sequías, y agentes de tipo biótico que se constituyen como plaga, de las que sobresalen: trips (*Trips spp.*), mosca blanca (*Bemisia tabaci*), tortuguilla (*Diabrotica spp.*), antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*) y roya (*Uromyces phaseoli*). Lo que influye de manera directa en el cultivo, reduciendo los rendimientos y afectando la calidad del producto.<sup>4</sup>

El máximo rendimiento en el cultivo, se alcanza cuando se logra la mayor expresión del potencial genético del ejote francés. Sin embargo depende de la interacción del genotipo con el ambiente, es decir únicamente se da al contar con condiciones ideales de nutrición, temperatura y sanidad vegetal; tal como la especie lo requiere.

¿Al proporcionarle al cultivo de ejote francés un ambiente parcialmente controlado, desde el punto de vista climático y nutricional, se podrá obtener su máxima expresión, en relación a las variables respuesta: rendimiento, curvatura del ejote y presencia de manchas en el ejote?

---

<sup>4</sup>Fuente: Información proporcionada por Ing. Francisco Mendoza, Unyspice S.A. (8 de Mayo de 2 014).



## JUSTIFICACIÓN

La actividad agrícola es una de las principales actividades económicas y productivas del departamento de Alta Verapaz, por tanto es de vital importancia crear bases de datos y parámetros para la mejora de los principales cultivos de la región.<sup>5</sup>

Uno de los cultivos que ha tomado auge en el departamento de Alta Verapaz debido a su estabilidad de mercado es el ejote francés, esta es la principal razón que lo hace una opción muy atractiva para los agricultores de la región, y muestra en cada temporada un incremento en áreas de cultivo. Las dos principales agroexportadoras de la región poseen un área anual cosechada de aproximadamente 1 420 manzanas.<sup>6</sup>

El producto tiene su principal demanda en el mercado externo, por lo que las normas de producción para el cultivo son muy rigurosas en cuanto a la calidad de la vaina de ejote y abarca: rango de dimensiones, rango de curvatura, limpieza del producto e inocuidad; características que con frecuencia no son cumplidas por los agricultores de la región, lo que ocasiona que un alto porcentaje del producto sea rechazado por las agroexportadoras.

En Alta Verapaz el cultivo es implementado por pequeños, medianos y grandes productores, por lo que, es común observar plantaciones desde media cuerda hasta varias manzanas, según sea el caso; sin embargo, pese a los

---

<sup>5</sup>Banguat. *Producto Interno Bruto*. <http://www.banguat.gob.gt> (17 de Mayo de 2014).

<sup>6</sup>Fuente: Información proporcionada por Ing. Francisco Mendoza, Unyspice S.A. y Oscar Choc Cooperativa Agrícola Cuatro Pinos. (8 de Mayo de 2 014).

factores poco favorables como lo son: condiciones climáticas adversas, desgaste de suelos e intensificación de plagas y enfermedades, por mal manejo regional de las mismas, el cultivo expresa una mala calidad del producto y rendimientos mucho menores de los que podría alcanzar. El rendimiento promedio oscila entre 60 qq/Mz y 80 qq/Mz Lo que está por debajo de los máximos rendimientos teóricos, que van de 180 qq/Mz a 200 qq/Mz.<sup>7</sup>

En busca de crear patrones de comparación apegados a las condiciones de la región se establece la necesidad de evaluar el cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris* L.) a fin de desarrollar opciones para la solución de la problemática actual.

---

<sup>7</sup>Fuente: Información proporcionada por Ing. Francisco Mendoza, Unyspice S.A. (8 de Mayo de 2 014).

## OBJETIVOS

### General

Determinar el rendimiento y calidad de vaina de ejote francés (*Phaseolus vulgaris L.*) en condiciones de hidroponía, como una opción tecnológica para mejorar la productividad del cultivo.

### Específicos

- a) Establecer el efecto de las soluciones nutritivas sobre las características del fruto, en base a los estándares de calidad que exige el mercado, como lo son: rango de dimensiones, rango de curvatura, limpieza del producto e inocuidad.
- b) Describir la duración de cada una de las etapas fenológicas en el cultivo de ejote francés bajo condiciones de hidroponía.
- c) Determinar el rendimiento en el cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris L.*) bajo la influencia de tres diferentes soluciones nutritivas.
- d) Establecer los costos de producción del cultivo de ejote francés desarrollado en condiciones hidropónicas.



## I. MARCO TEÓRICO

### 1.1 Antecedentes

En 1 996 Hernández, German; Toscano, Vidalina; Méndez, Nancy; Gómez, Luis Y Mullings, Miquel realizaron una evaluación en la Habana, Cuba en la cual pretendían determinar en condiciones de hidroponía, cuál era el efecto de la concentración de fósforo sobre su asimilación. En tres genotipos de frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*). Para ello se utilizó arena de río como sustrato y se aplicó una solución nutritiva que presentaba las siguientes concentraciones: 3,30 mM de  $\text{CaCl}_2$ ; 1mM  $\text{MgSO}_4$ , 7  $\text{H}_2\text{O}$ ; 1,25 mM  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ; 4 $\mu\text{M}$   $\text{H}_3\text{BO}_3$ ; 6 $\mu\text{M}$   $\text{MnSO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ; 0,9  $\mu\text{M}$   $\text{ZnSO}_2,7\text{H}_2\text{O}$ ; 1  $\mu\text{M}$   $\text{CuSO}_4$ , 5 $\text{H}_2\text{O}$ ; 0,1  $\mu\text{M}$   $\text{NaMgO}_4$ , 2 $\text{H}_2\text{O}$ ; 16,6 mg/L de Sequestrene de hierro y 2mM de urea. Difiriendo únicamente en las concentraciones de fósforo siendo las siguientes las evaluadas: 0 mM; 0,25 mM; 0,50 mM; 0,75 mM y 1,00 mM preparados a partir de  $\text{KH}_2\text{PO}_2$ . Se pudo establecer que la formación de biomasa total en las tres variedades se incrementó en respuesta al aumento de suministro de fósforo en la solución.<sup>8</sup>

En 2 003 García Esteva, A.; Kohashi Shibata, J.; Baca Castillo, G.A y Escalante Estrada efectuaron una evaluación en México en donde determinaron el rendimiento y asignación de materia seca de una variedad de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) en un sistema hidropónico

---

<sup>8</sup>Hernández,G, Et. Al. *Efecto de las concentraciones de fosforo en tres genotipos.*  
[http://www.mag.go.cr/rev\\_mesov07n01\\_080.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_mesov07n01_080.pdf) (5 de octubre de 2 013).

y suelo. En hidroponía utilizaron agrolita como sustrato y aplicaron la solución de Steiner modificada para cada una de las etapas fenológicas del cultivo. En el caso de la siembra en suelo utilizaron un sustrato compuesto de suelo rico en materia orgánica (15 %) y arena fina de río en relación 2:1 y realizaron aplicaciones de fertilizante granulado de acuerdo a los requerimientos del cultivo. En base a los resultados de esta evaluación se estableció que el frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) produjo un 13 % más en condiciones de hidroponía.<sup>9</sup>

La evolución en el cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris L.*) para Guatemala, en cuanto a superficie cosechada en los últimos años, se ha incrementado en más del 100 % ya que pasó de 1 680 ha en el 2 001 a 4 060 ha en el 2 010; la producción ha subido en un rango similar ya que se cosecharon 8 900 toneladas en el 2 001 y en el 2 010 se cosechó 21 310 toneladas. No ha habido un incremento significativo en el rendimiento. Tal como lo muestra la siguiente tabla:

---

<sup>9</sup>García Esteva, A. Et. Al. *Rendimiento y asignación de materia seca en sistema hidropónico y suelo*. <http://books.google.com.gt/> (21 de octubre de 2 013).

**CUADRO 1**  
Producción, exportaciones y área cosechada ejote francés

Año Calendario	Área Cosechada (miles de manzanas)	Producción (miles de Quintales)	Rendimiento (Quintales Por Manzana)	Importación 1		Exportación 1			consumo Interno Aparente*
				Miles de Quintal es	Miles de US Dólares	Miles de Quintal es	Miles de US Dólares	Precio Medio	
2 001	24	178,0	72,7	0,0	0,0	52,8	610,6	11,6	125,2
2 002	24	180,6	73,8	0,1	8,6	25,2	411,3	16,3	155,5
2 003	25	181,8	72,5	0,2	31,3	34,6	1 023,0	29,6	147,4
2 004	28	199,1	72,4	0,5	78,2	116,6	2 941,8	25,2	83
2 005	31	223,6	72,7	1,2	388,4	87,4	2 790,7	31,9	137,3
2 006	31	213,7	69,9	0,2	413,3	74,8	2 960,1	39,6	139,1
2 007	38	228,5	60,8	0,4	75,8	106,6	4 984,8	46,6	122,3
2 008	44	266,1	60,5	0,2	25,9	211,8	10 998,7	51,9	54,4
2 009	57	417,8	73,3	0,1	87,5	367,2	18 972,0	51,7	50,8
2 010	58	426,2	73,5						

Fuente: Datos calculados por BANGUAT y precios nacionales en DIPLAN

El cultivo de ejote francés se comercializa mayormente con destino al mercado exterior. Con respecto a su participación en el PIB del año 2 009, el cultivo aportó el 0,05 % del PIB nacional y el 0,43 % del PIB agrícola.<sup>10</sup>

El ejote francés es un cultivo que ha tenido un incremento en área cultivada en los últimos años debido al aumento de la demanda del comercio exterior. Sin embargo su producción se ve limitada por condiciones climáticas desfavorables, surgimiento de plagas y enfermedades y el desgaste de los suelos provocados por su uso intensivo. Lo que se intensifica en diversas zonas geográficas, así como en diferentes épocas del año. Dando lugar a bajas en los rendimientos del

<sup>10</sup>USAID. Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo-USAID-. *Desarrollo agroindustrial de Guatemala*. <http://www.usaid.gov> ( 3 de Mayo de 2 014).

cultivo, y en algunos casos la pérdida total de la cosecha.<sup>11</sup>

## 1.2 Hidroponía

La palabra hidroponía se deriva del griego *Hydro* (agua) y *Ponos* (labor, trabajo) lo cual significa literalmente trabajo en agua. Esta definición se usa en la actualidad para describir todas las formas de cultivos sin suelo. Muchos de los métodos hidropónicos actuales emplean algún tipo de medio de cultivo o sustrato, tales como: cascarilla de arroz cruda y quemada, grava, arenas, piedra pómez, aserrines, arcillas expandidas, carbones, turba, cáscara de coco, lana de roca, espumas sintéticas, etc. A los cuales se les añade una solución nutritiva que contiene todos los elementos esenciales necesarios para el normal crecimiento y desarrollo de las plantas.<sup>12</sup>

En América Latina las posibilidades de adaptación de estos cultivos a las diversas situaciones de la población son cada día mayores y su aplicación estimula el desarrollo de la creatividad de las gentes por lograr mayores y mejores resultados. En el Japón ha ganado rápida popularidad el cultivo de plantas sin utilizar el suelo, llegando por medio de técnicas hidropónicas a la formación de súper plantas, como tomateras capaces de producir en solo 6 meses cosechas de hasta 13 000 tomates.<sup>13</sup>

---

<sup>11</sup> USAID. Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo-USAID-. *Desarrollo agroindustrial de Guatemala*. <http://www.usaid.gov> ( 3 de Mayo de 2 014).

<sup>12</sup>Calderon Saenz, F. *Hidroponia*. <http://www.drcalderonlabs.com> (15 de octubre de 2 013).

<sup>13</sup> Samperio Ruiz, G. *Un paso más en la hidroponía*. México: Editorial Diana, 2 009.

## 1.2.1 Clasificación de las formas de hidroponía

### 1.2.1.1 Raíz en sustrato sólido

En esta modalidad de cultivo las raíces se ubican en un medio sólido o sustrato como arenas, gravilla, escoria de carbón, ladrillo molido, piedra pómez, cascarilla de arroz, aserrín, viruta de madera, arcilla expandida, vermiculita, lana de roca, etc. Este sistema de cultivo es el más empleado en Latinoamérica, es así como en algunos lugares volcánicos del Ecuador se emplea la piedra pómez, en regiones industriales la escoria de carbón, en zonas agrícolas la cascarilla de arroz, las diferentes clases de arenas son empleadas en zonas urbanas, los retales de ladrillos libres de materiales de construcción son empleadas en zonas marginadas de las ciudades.<sup>14</sup>

Entre los proyectos hidropónicos que sobresalen en la región de las verapaces, particularmente en Salamá, Baja Verapaz, se encuentra la empresa Panorama y Margarita S.A. En donde se realiza el cultivo de tomate manzano, mediante la aplicación de raíz en sustrato sólido, en sustrato de fibra de coco.<sup>15</sup>

La aplicación de la hidroponía mediante esta técnica posee diversas ventajas en relación a las otras formas de realizar hidroponía:

a) La infraestructura es relativamente más económica.

---

<sup>14</sup>Antillon, LA. *Hidroponía*. <http://books.google.com.gt/> (8 de octubre de 2 013).

<sup>15</sup> Fuente: Información proporcionada por Ing. Francisco Mendoza, Unyspice S.A. (15 de Mayo 2 014).

- b) Requiere menos aplicaciones de la solución nutritiva.
- c) Brinda de un medio más propicio para soporte de las raíces.

#### **1.2.1.2 Raíz en medio líquido**

La raíz desnuda, aparece sumergida en un medio líquido que contiene los nutrientes necesarios por la planta; dentro de esta modalidad se cuenta con el sistema N.F.T. (*Nutrient Film Technique*) Técnica de cultivo en flujo laminar donde las raíces extendidas sobre canales reciben láminas delgadas de agua con nutrientes varias veces al día. En el cual a cada planta se le provee una bandeja que permita un amplio desarrollo de raíces. La solución nutritiva suministrada está en continuo movimiento y la cantidad de elementos nutrientes estrictamente controlados uno a uno.<sup>16</sup>

#### **1.2.1.3 Raíz en medio gaseoso o aeropónico**

Las raíces de las plantas se encuentran suspendidas y son alimentadas por la solución nutritiva en forma de neblina. Sea cual fuere la modalidad de hidroponía a emplear esta debe ser analizada teniendo en cuenta: la disponibilidad de medios o sustratos, cantidades de agua, costos de montaje, especies a cultivar, disponibilidad de mano de obra, objetivo propuesto, etc.<sup>17</sup>

---

<sup>16</sup>Gilsanz, JC. *Hidroponía*. <http://www.inia.org.uy/> (13 de octubre de 2 013).

<sup>17</sup> Samperio Ruiz, G. *Un paso más en la hidroponía*. México: Editorial Diana, 2 009.

## **1.2.2 Sistemas de hidroponía**

Según el manejo que se le dé a la solución nutritiva, un sistema hidropónico puede ser abierto o cerrado.

### **1.2.2.1 Sistema abierto**

Es un sistema en el cual la solución nutritiva que se le aplica a las plantas es justamente la necesaria y la solución de drenaje no es reutilizada. La cantidad que drena se hace mínima al aplicarle a la planta solamente lo necesario para el consumo diario evitando así el desperdicio de nutrientes.

### **1.2.2.2 Sistema cerrado**

Es un sistema en el cual la solución nutritiva circula a través del cultivo y va a parar a un tanque desde el cual puede ser reutilizada. En este caso se debe utilizar una composición cuidadosamente formulada con el fin de evitar desbalances nutricionales. Esta solución puede ser utilizada indefinidamente siempre y cuando se reponga el agua y los nutrientes que vaya consumiendo la planta y se tengan las debidas consideraciones microbiológicas.<sup>18</sup>

## **1.2.3 Sustratos**

El sustrato es un medio sólido inerte, que posee una doble función: la primera, anclar y aferrar las raíces protegiéndolas de la luz y permitiéndoles la respiración y la segunda, contener el agua y los nutrientes que las plantas necesitan. El empleo de sustratos sólidos por los cuales circula la solución nutritiva, es la base del cultivo hidropónico en América Latina. Los materiales que se han

---

<sup>18</sup>Calderon Saenz, F. *Hidroponia*. <http://www.drcalderonlabs.com> (15 de octubre de 2013).

experimentado para uso de laboratorio y para cultivos comerciales son muchos y no siempre han respondido positivamente desde el punto de vista técnico y económico. Sin embargo tal como lo establece Samperio Ruíz, Gloria en su libro *Un paso más en la hidroponía, "no existe un sustrato ideal, sino mas bien sustratos con características deseables, en base a las cuales se le dará el manejo al mismo"*.<sup>19</sup>

La granulación (dimensión de las pequeñas partículas de las que está compuesto el sustrato) ha de ser tal que permita la circulación de la solución nutritiva y del aire. Un sustrato excesivamente fino se vuelve compacto, en especial cuando está húmedo, e impide el paso del aire. En general diversos autores señalan como mejores aquellos sustratos que permiten la presencia del 15 % al 35 % de aire y del 20 % al 60 % de agua en relación con el volumen total.<sup>20</sup>

Un sustrato hidropónico debe reunir un conjunto de características que lo hagan apto para el cultivo. No siempre un sustrato reúne todas las características deseables; por ello a veces se recurre a mezclar diversos materiales, buscando que unos aporten lo que les falta a otros.

Según diversos autores un sustrato hidropónico debe de reunir las siguientes características:<sup>21</sup>

1. Buena capacidad de retención de humedad de forma homogénea.

---

<sup>19</sup> Samperio Ruiz, G. *Un paso más en la hidroponía*. México: Editorial Diana, 2 009.

<sup>20</sup> Barbado, JL. *Hidroponia*. <http://books.google.com.gt/> (2 de octubre de 2 013).  
Samperio Ruiz, G. 2009.

<sup>21</sup> Calderon Saenz, F. *Hidroponia*. <http://www.drcalderonlabs.com> (15 de octubre de 2 013).  
Gilsanz, JC. *Hidroponía*. <http://www.inia.org.uy/> (13 de octubre de 2 013).

2. Permitir una buena oxigenación.
3. Que sus propiedades físicas no se alteren en corto tiempo.
4. Debe ser inerte químicamente.
5. Debe ser un sustrato estéril o que permita su esterilidad.
6. Debe tener buen drenaje.
7. Buena capacidad de retención de humedad de forma homogénea.
8. Debe ser de fácil manejo.
9. Debe ser de bajo costo.
10. Debe estar disponible.

### 1.2.3.1 Piedra pómez

Es una piedra de origen volcánico, esta se forma como espuma en la superficie de la lava, es inerte y porosa por naturaleza. En su composición entran el sílice, el magnesio y el hierro. Permite una buena aireación y drenado de la solución, entre sus principales ventajas resalta su costo accesible.<sup>22</sup>

A veces puede presentar problemas químicos por excesos de azufre y boro, pero estos pueden ser eliminados mediante un cuidadoso lavado con agua caliente. No posee ninguna clase de enfermedades y desde el punto de vista biológico es completamente estéril, siempre que se extraiga de vetas profundas y no contenga mezcla de tierra. En la actualidad este sustrato ha dado muy buen resultado en el cultivo de orquídeas en macetas especialmente el *Cimbydium*.<sup>23</sup>

---

<sup>22</sup> Samperio Ruiz, G. *Un paso más en la hidroponía*. México: Editorial Diana, 2 009.

<sup>23</sup> Calderon Saenz, F. *Sustratos*. <http://www.drcaideronlabs.com> (15 de octubre de 2 013).

Las características técnicas se describen a continuación:

- a) Densidad aparente: 0,6 kg/m<sup>2</sup> a 0,8 Kg/m<sup>2</sup>.
- b) Porosidad total: 75 % del volumen.
- c) Capacidad de aire: 40 % a 55 % volumen.
- d) Agua fácilmente disponible 20 % a 40 % volumen.
- e) Agua de reserva: 5 % a 8 % del volumen.
- f) Agua difícilmente disponible: 2 % a 5 % del volumen.

### 1.2.3.2 Cáscara de coco

La cáscara de coco es un material orgánico que resulta como subproducto de diversas plantaciones de coco. Se vende en bloques compactos, presentación que cumple con la función de abaratar costos de transporte, ya que al hidratarse aumenta su volumen aproximadamente 3,5 veces.

El alto contenido de lignina que presenta la fibra (45 %) le confiere a este material una lenta descomposición. En el Ecuador se le ha proyectado para una vida útil de 4 a 6 años.<sup>24</sup>

En la cáscara de coco vienen contenidos dos clases de material. Uno de aspecto similar al corcho, pero de poro abierto, de gran capacidad de absorción de agua y de gran capilaridad y otro consistente de fibras de diversa longitud que pueden llegar hasta 4 cm.<sup>25</sup>

---

<sup>24</sup> Samperio Ruiz, G. *Un paso más en la hidroponía*. México: Editorial Diana, 2 009.

<sup>25</sup> Calderon Saenz, F. *Sustratos*. <http://www.drcalderonlabs.com> (15 de octubre de 2013).

El origen de la fibra de coco es comúnmente en regiones costeras por lo que suele ser un material rico en sales, en especial sodio y cloruros. Es necesario que estos sean evacuados previos a la utilización del sustrato. Esto se realiza por medio de un lavado ya que las sales no se encuentran fuertemente adheridas.<sup>26</sup>

Las características técnicas se describen a continuación:

- a) Densidad aparente: 0.08 gr/cm<sup>3</sup> – 0,12 g/cm<sup>3</sup>
- b) Porosidad total: 80 % - 82 %
- c) Espacio poroso mayor: 8 % -12 %
- d) Espacio poroso intermedio: 4% - 6 %
- e) Espacio poroso capilar: 60 % - 66 %
- f) Capacidad de aire: 20 % - 30 %.
- g) Agua fácilmente disponible 45 % - 60 %

### 1.2.3.3 Cascarilla de arroz

A pesar de ser un sustrato orgánico. Debido a que la cascarilla de arroz presenta un alto contenido de sílice, este le confiere una tasa baja de descomposición. El tiempo de vida útil es de dos a cuatro años.<sup>27</sup>

Las principales ventajas que presenta la cascarilla de arroz es que es un material liviano, de buen drenaje, buena aireación y por ser un producto de desecho de la industria molinera sus costos los asigna únicamente el

---

<sup>26</sup> Samperio Ruiz, G. *Un paso más en la hidroponía*. México: Editorial Diana, 2 009.

<sup>27</sup> Calderon Saenz, F. *Sustratos*. <http://www.drcalderonlabs.com> (15 de octubre de 2 013).

transporte. Con el paso del tiempo el sustrato va aumentando su capacidad de retención de humedad. Uno de los principales problemas encontrados es que puede presentar residuos de cosecha lo cual enriquece nutritivamente al sustrato y atrae aves.<sup>28</sup>

Las características técnicas se describen a continuación:

- a) Densidad 0,12 gr/cm<sup>3</sup> – 0,13 gr/cm<sup>3</sup>
- b) Capacidad de intercambio catiónico, CIC meq/100ml 2-3
- c) Retención de humedad a capacidad de campo (T= 0 cm)  
L/L 0,10 – 0,12

#### **1.2.3.4 Gravav**

Las gravas o gravillas son pedavos de rocas trituradas artificialmente o encontradas en estado natural en los lechos de los ríos o en canteras en tamaños que van desde 5 mm hasta 25 mm. Las gravas, en general son buenos materiales para hidroponía de subirrigación. Por el tamaño de las partículas no presentan buena distribución del agua horizontalmente, a la vez que su capilaridad es muy baja. Sin embargo poseen un excelente drenaje.<sup>29</sup>

#### **1.2.3.5 Escorias de carbón**

Las escorias son residuos de la quema de carbón mineral provenientes de hornos y calderas, muy utilizados por floricultores y viveristas para el enraizamiento. En términos generales posee una retención de humedad

---

<sup>28</sup> Samperio Ruiz, G. *Un paso más en la hidroponía*. México: Editorial Diana, 2 009.

<sup>29</sup> Mora, L. *Sustratos para hidroponía*. [http://www.mag.go.cr/congreso\\_agronomico\\_xi/a50-6907-III\\_095.pdf](http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_xi/a50-6907-III_095.pdf) (10 de mayo de 2 014).

similar a la pómez, una buena estabilidad y excelente oxigenación, pero baja capilaridad.<sup>30</sup>

#### **1.2.3.6 Aserrines y virutas**

Los aserrines y virutas son compuestos orgánicos, con una velocidad de descomposición que depende del tipo de madera que se refiera. La descomposición a su vez ocasiona un alto consumo de nitrógeno, lo que genera deficiencias de este elemento para las plantas, cuando el suministro en la solución nutritiva se hace a niveles normales.

Para que este sustrato tenga un buen drenaje se deben buscar granulometrías comprendidas entre 3 mm y 8 mm. No todos los aserrines permiten el desarrollo del cultivo hidropónico, a menos que hayan sido tratados para la eliminación de sustancias tóxicas (taninos). Han sido probados con éxito los aserrines de pino, teca y eucalipto. El cultivo en aserrín es muy popular en áreas que tienen grandes industrias forestales, tales como la costa occidental del Canadá y el noroccidente de los Estados Unidos de Norte América.<sup>31</sup>

#### **1.2.3.7 Ladrillos y tejas molidas**

Son sustratos buenos como retenedores de humedad, dada su extraordinaria porosidad. Es necesario tener cuidado con su origen, en cuanto a la presencia de

---

<sup>30</sup>Gilsanz, JC. *Hidroponía*. <http://www.inia.org.uy/> (13 de octubre de 2 013).

<sup>31</sup>Mora, L. *Sustratos para hidroponia*. [http://www.mag.go.cr/congreso\\_agronomico\\_xi/a50-6907-III\\_095.pdf](http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_xi/a50-6907-III_095.pdf) (10 de mayo de 2 014).

elementos calcáreos o de cemento. Los mejores tamaños de partículas molidas, están comprendidas entre 0,5 cm y 1,5 cm. Tiende a degradarse o a perder estabilidad física, presentando problemas de encharcamiento.<sup>32</sup>

#### 1.2.3.8 Lana de roca

Es un sustrato que ha causado grandes innovaciones a nivel mundial en los últimos 20 años. Posee un espacio poroso de más del 95 %, es muy absorbente y ligero. Este medio se compone de pequeñas fibras hechas de rocas. Los componentes rígidos de las rocas se funden a 1 500 °C. y luego son vertidos sobre un cilindro que gira a gran velocidad.

#### 1.2.4 Solución nutritiva

La solución nutritiva es una mezcla en agua de diversas sales específicas y balanceadas, que produce una reacción que da lugar a la formación de iones, los cuales son absorbidos por las raíces de las plantas.<sup>33</sup>

Las diferentes sales que se pueden usar para la solución de nutrientes tienen a la vez diferente solubilidad. La solubilidad es la medida de la concentración de sal que permanece en solución cuando se disuelve ésta en agua; si una sal tiene baja solubilidad, solamente una pequeña cantidad de ésta se disolverá en el agua. En la preparación de fertilizantes líquidos las sales fertilizantes deberán tener una alta solubilidad, puesto que deben permanecer

---

<sup>32</sup> Calderon Saenz, F. *Sustratos*. <http://www.drcaideronlabs.com> (15 de octubre de 2013).

Mora, L. *Sustratos para hidroponia*. [http://www.mag.go.cr/congreso\\_agronomico\\_xi/a50-6907-III\\_095.pdf](http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_xi/a50-6907-III_095.pdf) (10 de mayo de 2014).

<sup>33</sup> Samperio Ruiz, G. *Un paso más en la hidroponía*. México: Editorial Diana, 2009.

en solución para ser tomadas por las plantas. Por ejemplo, el calcio puede ser suministrado bien por el nitrato cálcico o por el nitrato doble de calcio y magnesio; el sulfato cálcico es más barato, pero su solubilidad es muy baja; por tanto, alguno de los primeros deberá ser el que se use para suministrar la totalidad de las necesidades de calcio.<sup>34</sup>

#### 1.2.4.1 Formulación de soluciones

La formulación de los nutrientes en las soluciones finales se maneja normalmente en ppm (partes por millón) de la concentración de cada uno de los elementos esenciales.<sup>35</sup>

Con frecuencia se busca una "formulación óptima" para los diversos cultivos en particular. Sin embargo estas formulaciones no son estrictamente necesarias y no tienen que serlo, puesto que la formulación óptima depende de muchas variables, las cuales difícilmente pueden ser controladas.<sup>36</sup>

Una formulación específica depende de las siguientes variables:

1. Especie y variedad de la planta.
2. Estado y desarrollo de la planta.
3. Parte de la planta que será cosechada (raíz, tallo, hoja, fruto, flor).

---

<sup>34</sup> Calderon Saenz, F. Solución nutritiva. <http://www.drcalderonlabs.com> (5 de octubre de 2 013).

<sup>35</sup> Samperio Ruiz, G. *Un paso más en la hidroponía*. México: Editorial Diana, 2 009.

<sup>36</sup> Calderon Saenz, F. Solución nutritiva. <http://www.drcalderonlabs.com> (5 de octubre de 2 013).

4. Época del año y duración del día.
5. Clima y temperatura, intensidad de la luz, hora e iluminación del sol.<sup>37</sup>

Sin embargo esto no significa que sea innecesario formular soluciones para cada cultivo. Tal como lo establece Samperio Ruiz, Gloria y Barbado, José. Sino más bien esto sugiere que a pesar de poder ajustar soluciones en base a datos teóricos, se hace necesario experimentar con ellas para determinar el comportamiento del cultivo y en base a ello realizar modificaciones.<sup>38</sup>

#### 1.2.4.2 Equilibrio químico solución nutritiva

La nutrición de la planta se realiza exclusivamente con sales minerales, ya que los compuestos orgánicos no son absorbidos por las plantas hasta que han finalizado su descomposición y se han transformado en minerales inorgánicos básicos que, como sales, se adhieren por contacto a las células membranosas de la raíz.<sup>39</sup>

Al elaborar una solución nutritiva hidropónica se realiza una mezcla de sales minerales específicas y balanceadas con agua, produciéndose mediante esta mezcla una reacción que produce formación de iones, los

---

<sup>37</sup> Calderon Saenz, F. Solución nutritiva. <http://www.drcalderonlabs.com> (5 de octubre de 2 013).

<sup>38</sup> Barbado, JL. *Hidroponia*. <http://books.google.com.gt/> (2 de octubre de 2 013).

<sup>39</sup> Calderon Saenz, F. Solución nutritiva. <http://www.drcalderonlabs.com> (5 de octubre de 2 013).

cuales son absorbidos por las raíces de la planta.<sup>40</sup>

Una solución nutritiva está compuesta tanto por aniones y cationes, se debe de procurar que tanto la suma de aniones como de cationes sea equivalente para que la solución se encuentre equilibrada. Al realizar la formulación de una solución hidropónica se debe de cubrir los requerimientos del cultivo cuidando del equilibrio iónico. En caso la solución nutritiva formulada no se encuentre equilibrada es necesario equilibrarla mediante la adición de ácidos o bases. Para la acidificación es conveniente la utilización de ácido nítrico y/o fosfórico. Mientras que para volverla más básica es adecuada la utilización de hidróxido de potasio. Deben de ser considerados los aportes de nutrientes provocados por estas sustancias.<sup>41</sup>

La mayor disponibilidad del nitrato frente a los compuestos amónicos es importante en las plantas para inducir tanto el crecimiento vegetativo como el reproductivo. Las plantas pueden absorber tanto el ión catiónico del amonio  $\text{NH}_4^+$  como el anión nitrato  $\text{NO}_3^-$ . El amonio, una vez absorbido, puede servir inmediatamente para la síntesis, bien sea de aminoácidos o de otros compuestos que contengan nitrógeno reducido; la absorción de amonio puede causar un crecimiento vegetativo excesivo, particularmente bajo condiciones de luminosidad muy pobres. El nitrógeno nítrico debe ser reducido antes de ser asimilado, disminuyéndose de esta forma el crecimiento vegetativo. Las sales de amonio son

---

<sup>40</sup> Samperio Ruiz, G. Un paso más en la hidroponía. México: Editorial Diana, 2 009.

<sup>41</sup>Valerma. Soluciones. <https://docs.google.com/file> (12 de Octubre de 2 013).

más recomendables bajo condiciones de sol intenso, cuando la fotosíntesis es alta, o bien si sucede una deficiencia de nitrógeno y hace falta una rápida fuente de él; en cualquier otro caso las sales de nitrato deberán ser utilizadas.<sup>42</sup>

En términos generales puede decirse que una solución nutritiva para cultivo hidropónico debe aportar el 90 % del nitrógeno en forma nítrica y el 10 % restante en forma amoniacal. Cuando se sobrepasa cierto valor máximo (40 %) del nitrógeno en la forma amoniacal, a veces se produce toxicidad y muerte de las raíces.<sup>43</sup>

#### **1.2.4.3 Control de la solución nutritiva**

La absorción relativa de los diversos elementos minerales por las plantas está afectada por:

- a) Condiciones ambientales (temperatura, humedad, intensidad lumínica).
- b) Parte de la planta que será cosechada (raíz, tallo, hoja, fruto, flor).
- c) Estado de desarrollo de la planta.

Como resultado de las diferencias de absorción de los diversos elementos, la composición de la solución de nutrientes cambiará continuamente siendo necesario ejercer un control sobre ella.

---

<sup>42</sup> Calderon Saenz, F. Sustratos. <http://www.drcalderonlabs.com> (15 de octubre de 2013).

<sup>43</sup> Samperio Ruiz, G. Un paso más en la hidroponía. México: Editorial Diana, 2009.

Los elementos analíticos utilizados en el diagnóstico de una solución nutritiva son los siguientes:<sup>44</sup>

- a) Volumen consumido (control de cantidad y frecuencia del riego)
- b) Concentración de la solución y conductividad eléctrica
- c) pH
- d) Concentración específica de los elementos nutritivos

#### **1.2.4.4 pH y la conductividad eléctrica**

El pH de la solución nutritiva es una medida del grado de acidez o alcalinidad de la solución. Las plantas pueden tomar los elementos en un rango óptimo de pH comprendido entre 5 y 7. Sin embargo la disponibilidad de los elementos varía con respecto a cada uno a diversos rangos de pH tal como lo muestra la tabla a continuación.<sup>45</sup>

---

<sup>44</sup> Samperio Ruiz, G. Un paso más en la hidroponía. México: Editorial Diana, 2 009

<sup>45</sup> *Ibíd.*

**GRÁFICA 1**  
Disponibilidad de nutrientes, pH

Acidez					Alcalinidad				
Extrema	Mag fuerte	Fuerte	Mod.	Débil	Mag débil	Muy débil	Débil	Fuerte	Mag fuerte
<b>Nitrógeno</b>									
<b>Fósforo</b>									
<b>Potasio</b>									
<b>Azufre</b>									
<b>Calcio</b>									
<b>Magnesio</b>									
<b>Hierro</b>									
<b>Manganeso</b>									
<b>Boro</b>									
<b>Cobre y Zinc</b>									

**Fuente:** Calderon Saenz, F. *Solución nutritiva*. <http://www.drcalderonlabs.com> (19 de febrero de 2014)

Tal como lo muestra la tabla anterior la absorción de los elementos se encuentra limitada de acuerdo al pH, difiriendo para cada uno de los elementos. El pH óptimo se encuentra entre 6 y 7 ya que es entre estos valores que la absorción de todos los elementos se encuentra más favorecida.<sup>46</sup>

La importancia del pH en las soluciones nutritivas tiene una doble función. La primera es que el pH influencia el equilibrio de óxido-reducción y la solubilidad de ciertos compuestos y las formas iónicas de ciertos elementos. En una solución aireada con un pH de 8, el hierro férrico,  $Fe^{3+}$ , se precipita como un Hidróxido férrico ( $Fe(OH)_3$ )

<sup>46</sup> Fuente propia en base a deducciones de las fórmulas de las soluciones.

extremadamente insoluble con el resultado de que el hierro puede no estar disponible para la absorción por parte de las plantas. El estado de oxidación y la solubilidad de otros metales pesados en forma iónica son también muy influenciados por el pH. Para los aniones, la forma ionizada del fosfato es función del pH. A pH 4, el fosfato se encuentra predominantemente como  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , pero a pH 9 solamente el 1,5 % del fosfato se encuentra en forma de  $\text{HPO}_4^{2-}$ .<sup>47</sup>

El segundo aspecto del pH sobre el medio nutritivo tiene que ver con el efecto de los iones hidrógeno e hidroxilo sobre las raíces de las plantas especialmente sobre el ión transportador de las membranas de las células corticales de las raíces en lo que hace referencia sobre la fisiología de los procesos de la absorción activa del ión.<sup>48</sup>

En cuanto al manejo de la conductividad eléctrica, ésta depende de la diversas sales que estén disponibles pero puede ser calculada dependiendo de los aniones o cationes disponibles en la solución de fertilización siendo más preciso el cálculo a partir de los radicales aniónicos que se encuentren en la solución. Estos radicales son el fosfato ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ), los sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), los nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) y los bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ), ion no deseable en la solución de nutrientes. En soluciones hidropónicas es conveniente realizar el monitoreo una vez por semana junto con el pH, tanto en la solución que se aplica en el sustrato como en la

---

<sup>47</sup>Calderon Saenz, F. Solución nutritiva. <http://www.drcaideronlabs.com> (5 de octubre de 2013).

<sup>48</sup>Ibíd.

que drena del mismo debiendo estar entre un rango de 800  $\mu\text{S}$  a 1 800  $\mu\text{S}$ .<sup>49</sup>

#### 1.2.4.5 Requerimientos nutricionales del cultivo

A continuación se detallan los requerimientos nutricionales del cultivo. Se puede observar que los requerimientos de calcio en suelo son muy similares a los absorbidos por la planta, esto se debe a que la absorción de calcio se da de forma pasiva y es realizada exclusivamente por las raíces de las plantas. Sin embargo el nitrógeno es el elemento más absorbido al hacer el análisis del contenido en tallos y vainas, esto se debe a que un buen porcentaje del nitrógeno, es tomado del ambiente y no necesariamente del suelo.

**CUADRO 2**  
Requerimientos nutricionales del cultivo

Cultivo	Absorción de nutrientes											
	(kg/ha)						(g/ha)					
	N	P2O5	K2O	Mg	S	Ca	Mn	Zn	Cu	B	Fe	M.O.
Frijol	20-105	10-40	20-120	6-18	10-25	50-70	240	4-8	2000	1,5-2	4500	5-10
Vainas	32	4	22	4	10	4						
Tallos	65	5	71	14	15	50						
Total	97	9	93	18	25	54						

**Fuente:** Arias, J. 2 007. [http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas\\_ci/Agronomia%20Tropical/at2305/arti/jocelyne\\_a.htm](http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/at2305/arti/jocelyne_a.htm) (12 de Julio de 2 013)

#### 1.2.4.6 Concentración de nutrientes presentes en las soluciones

En la siguiente tabla se detalla el contenido de nutrientes presentes en las soluciones utilizadas. La

<sup>49</sup>Calderon Saenz, F. Solución nutritiva. <http://www.drcalderonlabs.com> (5 de octubre de 2 013).

solución Chapingo la cual fue diseñada para el cultivo de acuerdo a cada una de sus etapas fenológicas es la que posee mayor contenido de calcio y potasio. Mientras que la solución de Hoagland y Arnon la que fue diseñada en base a rango medio de diversas especies hortícolas es la que posee más nitrógeno. Sin embargo la solución CIAT la cual fue desarrollada en una evaluación en otras variedades del cultivo, en donde se determinó a partir de evaluar diversas concentraciones de fósforo, que éste era el elemento limitante, posee las máximas concentraciones de fósforo junto con la solución de Hoagland y Arnon.

### CUADRO 3

Concentración de nutrientes presentes en las soluciones

Macronutrientes mmol/L	Hoagland y Arnon	Solución CIAT	Solución Chapingo (etapa 1)	Solución Chapingo (etapa 2)
NO <sup>3</sup>	14	0	11,43	6,6
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1	1	0,95	1,65
SO <sup>4</sup>	2	2,25	6,66	13,75
K	6	1,25	9,52	7,7
NH <sup>4</sup>	1	2	0	0
Ca	4	3,3	2,86	4,95
Mg	2	1	1,9	2,2
Micronutrientes µmol/L	Hoagland y Arnon	Solución CIAT	Solución Chapingo (etapa 1)	Solución Chapingo (etapa 2)
Fe	25	25	25	25
Mn	9,1	9,1	9,1	9,1
Zn	0,75	0,75	0,75	0,75
Cu	0,3	0,3	0,3	0,3
B	46,3	46,3	46,3	46,3
Mo	0,1	0,1	0,1	0,1

Fuente: Salisbury F. y Ross C. Fisiología Vegetal. México. Grupo Editorial Iberoamericana. 1994; Hernández G. et al. Agronomía Mesoamericana, 1996. Baca Castillo G. Et. Al. Terra Latinoamericana. Universidad de Chapingo, México. <http://redalyc.uamex.mx/src/57321403> (19 de Febrero de 2013)

**Nota:** Para la solución frijol Chapingo la etapa 1 en los primeros 36 días y la etapa 2 de 37 días en adelante.

#### **1.2.4.7 Solución del CIAT**

Es una solución que posee los requerimientos mínimos de nutrientes del cultivo, la cual se ha utilizado en otras variedades del cultivo obteniendo buenos resultados, brinda el calcio utilizando nitrato de calcio y proporciona el nitrógeno tanto en forma nítrica como amoniacal.<sup>50</sup>

#### **1.2.4.8 Solución chapingo**

Es una solución adaptada en la concentración de nutrientes, lo cual se realizó en base a los requerimientos del cultivo. Definiendo una solución nutritiva diferente para cada etapa fenológica del cultivo. El calcio es proporcionado por medio de nitrato de calcio y todo el nitrógeno se encuentra en forma nítrica.<sup>51</sup>

#### **1.2.4.9 Solución Hoagland y Arnon**

Es una solución muy rica en nutrientes la cual se ha utilizado en una amplia gama de cultivos hortícolas. De las tres soluciones a evaluarse es la que mayor cantidad de nitrógeno brinda, siendo un 6,66 % en forma amoniacal, y un 93,44 % en forma nítrica. La totalidad del calcio es proporcionado por nitrato de calcio.<sup>52</sup>

---

<sup>50</sup> Fuente propia en base a deducciones de las fórmulas de las soluciones.

<sup>51</sup> Ibíd.

<sup>52</sup> Ibíd.

## 1.3 Cultivo de ejote francés

### 1.3.1 Taxonomía

Reino: *Plantae*  
Subreino: *Franqueahionta*  
División: *Espermatophyta*  
Subdivisión: *Magnoliophyta*  
Clase: *Magnoliatae*  
Orden: *Fabales*  
Familia: *Fabaceae*  
Género: *Phaseolus*  
Especie: *Phaseolus vulgaris* L.

#### 1.3.1.1 Parte subterránea

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. Por su condición de palionoidae, el ejote contiene nódulos en la parte superior y media de raíces que mediante simbiosis con el hongo *Rhizobium phaseoli* se encarga de fijar nitrógeno atmosférico.<sup>53</sup>

---

<sup>53</sup> INTA, Plan de manejo integrado de cultivos para el desarrollo tecnológico promovido por INTA, Base conceptual y elementos asociados. Managua, Nicaragua: INTA., 2 005.

### 1.3.1.2 Parte aérea

#### a) Tallo

Es herbáceo, delgado y la altura varía de acuerdo a la variedad, se clasifica de acuerdo al hábito de crecimiento: determinado (arbustivas, de matocho, ciclo corto) e indeterminado (trepadoras de ciclo largo).<sup>54</sup>

#### b) Hojas

Las hojas son compuestas, trifoliadas, dotadas de pequeñas estípulas en la base del pecíolo. Los folíolos son ovalados o triangulados y de diferente color y pilosidad según la variedad, posición en el tallo y edad de la planta.<sup>55</sup>

#### c) Flores

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 típica papilionácea de fecundación autógama; en su desarrollo tiene dos etapas, botón floral y flor completamente abierta. Según la variedad, así es el color: blanco, rosado o púrpura.

---

<sup>54</sup> INTA, *Plan de manejo integrado de cultivos para el desarrollo tecnológico promovido por INTA, Base conceptual y elementos asociados*. Managua, Nicaragua: INTA., 2 005.

<sup>55</sup> *Ibíd.*

#### d) Fruto

Es una vaina variable en color, forma, ancho y largo; formado por dos valvas unidas por fibras; la textura de la vaina puede ser pergaminosa con fibras fuertes, coriácea cuando existe leve separación de las valvas y camosa sin fibras en la unión de las valvas. A la unión de estas se le llama sutura: placental y ventral.<sup>56</sup>

#### 1.3.1.3 Fenología

La fenología se encarga del estudio de la influencia del medio ambiente sobre los seres vivos. Dicho estudio se realiza a través de la observación de los fenómenos o manifestaciones de las fases biológicas resultantes de la interacción del genotipo con el ambiente. Es decir la fenología se centra en el estudio de las características fenotípicas de los seres vivos. La rama de la fenología que se encarga del estudio de las plantas es la fitofenología.<sup>57</sup>

El conocimiento de las particularidades biológicas de un cultivo, es básico para incrementar su eficiencia económica y productiva. La fenología contribuye a conocer los cambios en los patrones de desarrollo y crecimiento de las plantas, en relación a condiciones de manejo y del ambiente. Es por ello, que las investigaciones dirigidas a analizar las características fenológicas de un cultivo, son fundamentales por su importancia técnica y científica.<sup>58</sup>

---

<sup>56</sup> INTA, *Plan de manejo integrado de cultivos para el desarrollo tecnológico promovido por INTA, Base conceptual y elementos asociados*. Managua, Nicaragua: INTA., 2 005.

<sup>57</sup> Yzarra Tito, WJ, et al. *Manual de Observaciones Fenológicas*. Ministerio de Agricultura del Peru.2 008.

<sup>58</sup> Gamboa, W. *Producción Agroecológica*. Editorial Universidad de Costa Rica. 2 012.

#### 1.3.1.4 Genotipo y fenotipo

Toda la información contenida en los cromosomas se conoce como genotipo, sin embargo dicha información puede o no manifestarse en el individuo. El fenotipo se refiere a la expresión del genotipo en función de un ambiente determinado. Se le llama fenotipo al conjunto de caracteres morfológicos, funcionales, bioquímicos, entre otros. El fenotipo viene dado por la siguiente formula:

$$\text{FENOTIPO} = \text{GENOTIPO} + \text{AMBIENTE} + \text{GENOTIPO} * \text{AMBIENTE}$$

Los fenotipos resultan de la expresión de los genes de un organismo, así como de la influencia de los factores ambientales, y de las posibles interacciones entre ambos. El genotipo de un organismo es el conjunto de instrucciones heredadas que lleva en su código genético. No todos los organismos con el mismo genotipo se parecen o actúan de la misma manera, porque la apariencia y el comportamiento se modifican por condiciones ambientales y de desarrollo. Del mismo modo, no todos los organismos que se parecen tienen necesariamente el mismo genotipo. Esta distinción genotipo-fenotipo fue propuesta por Wilhelm Johannsen en 1911, para dejar clara la diferencia entre la herencia de un organismo y lo que esa herencia produce.<sup>59</sup>

---

<sup>59</sup>Yzarra Tito, WJ, Et Al. Manual de Observaciones Fenológicas. Ministerio de Agricultura del Peru.2008.

Ryan, BC. Genotipo y fenotipo. 2012. <http://www.slideshare.net/ryanbrancroft/genotipo-y-fenotipo-14807087> (15 de mayo de 2015).

### 1.3.2 Necesidades del cultivo

Se adapta a diferentes condiciones de suelo, siempre que estos no sean demasiado pesados, prefiriendo los de textura franca o franco arcilloso, fértil, profundo, liviano, bien drenado, con contenido bueno de materia orgánica y con un pH de 6 a 7.

Las alturas recomendadas para la producción de ejote francés son de 600 a 2 000 m s.n.m.<sup>60</sup>

El rango térmico de la especie es de 10°C - 30 °C, con un óptimo entre 16 °C y 24 °C. La temperatura óptima para la germinación está entre 16 °C y 29 °C. Altas temperaturas inducen a la abscisión de órganos reproductivos, reduciendo el rendimiento.<sup>61</sup>

### 1.3.3 Siembra

La siembra en campo se hace directamente, a mano o con maquina sembradora. Se usa 48-60 lb/mz la germinación se da a los 6 - 10 días.

Los distanciamientos de siembra más frecuentes en el cultivo son: 30cm -60 cm entre surco y de 15 cm - 20 cm entre planta dejando 2 semillas por postura, a una profundidad de 2 cm - 4 cm.<sup>62</sup>

---

<sup>60</sup> Figueroa, L. *Manual del manejo integrado de plagas y enfermedades del cultivo de frijol ejotero*. Guatemala. Editorial Mag, 2 006.

<sup>61</sup> Ruiz L. Et Al. *Requerimientos agroecológicos de los cultivos*. <http://www.inifap.cirpac.gob.mx/PotencialProductivo/Jalisco/Norte/RegionNorteReqAgroecologicos.pdf> (15 de mayo de 2 014).

<sup>62</sup> Fuente: Información proporcionada por Ing. Francisco Mendoza, Unyspice S.A. (15 de Mayo de 2014)

### 1.3.4 Tutorado

Es una práctica imprescindible en el ejote para permitir el crecimiento vertical y evitar el colapso de las plantas. Consiste en la colocación de un hilo, generalmente de polipropileno (rafia) que se sujeta por ambos extremos del tallo.<sup>63</sup>

### 1.3.5 Factores abióticos que afectan al ejote francés

Las enfermedades y las plagas no son las únicas causas de desórdenes y pérdidas en el frijol ejotero. Ocasionalmente se presentan desordenes causados por vientos, aire contaminado, humedad, calor, sequías, fitotoxicidad, etc. El diagnóstico resulta difícil cuando no se tiene un *record* del campo de cultivo.<sup>64</sup>

#### 1.3.5.1 Exceso de humedad o sequía

El estrés causado por el exceso de humedad o deficiencia causan desordenes fisiológicos, haciendo que las planta de frijol ejotero detenga su crecimiento y tornándose amarilla. Cuando las raíces cesan su función, los iones tóxicos de magnesio y boro se concentran y el dióxido de carbono requerido por las hojas se restringe. Altos niveles de humedad precipitan el nitrógeno dentro del suelo reduciendo su disponibilidad y dando como resultado plantas cloróticas y un pobre cuajado o prendimiento de las flores, reduciendo la producción de vainas y semillas.<sup>65</sup>

---

<sup>63</sup>Schaaart Lopez, G.A. Sistematización de experiencias en ejote francés. 2 012. <http://www.bibliotecausac.edu.gt>. (5 de Mayo de 2 014).

<sup>64</sup> Figueroa, L. Manual del manejo integrado de plagas y enfermedades del cultivo de frijol ejotero. Guatemala. Editorial Mag, 2 006.

<sup>65</sup> *Ibíd.*

### 1.3.5.2 Temperatura

Las plantas de frijol ejotero son susceptibles a las temperaturas extremas especialmente las bajas. Si se siembra en suelo muy fríos las germinaciones son pobres. Las temperaturas entre 2 °C y 8 °C causan quemaduras del follaje. Las altas temperaturas durante la polinización pueden causar aborto de la floración o reducir la fertilidad del polen. Las temperaturas altas muy prolongadas pueden causar quemaduras a los tallos a nivel del cuello de la raíz.<sup>66</sup>

### 1.3.5.3 Quemaduras por luz solar

Cuando se presenta periodos de intensa luz solar, con viento seguido de humedad y días nublados, aparecen los daños sobre las vainas como escaldaduras de color café rojizo. Las hojas terminales se queman de los bordes confundiendo el daño con ataque de araña roja.<sup>67</sup>

### 1.3.5.4 Vientos

Los vientos de más de 40 km/h, causan daños en el follaje del frijol ejotero, tales como: quemaduras de los tallos, desprendimiento de las flores, lesiones en las vainas causadas por grava y partículas lanzadas por el viento.<sup>68</sup>

### 1.3.5.5 Humedad

La humedad relativa óptima del aire en el invernadero durante la primera fase de cultivo es del 60 %

---

<sup>66</sup>Ruiz L. Et Al. *Requerimientos agroecológicos de los cultivos*. <http://www.Inifap.cirpac.gob.mx/PotencialProductivo/Jalisco/Norte/RegionNorteReqAgroecologicos.pdf> (15 de mayo de 2014).

<sup>67</sup>Ibíd.

<sup>68</sup>Ibíd.

al 65 %, y posteriormente oscila entre el 65 % y el 75 %. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y dificultan la fecundación. Mientras que atmósferas muy secas afectan el desarrollo del cultivo. Es importante que se mantenga sin excesivas oscilaciones de humedad.<sup>69</sup>

#### 1.3.5.6 Luminosidad

Es una planta de día corto, aunque en las condiciones de invernadero no le afecta la duración del día. No obstante, la luminosidad condiciona la fotosíntesis, soportando temperaturas más elevadas cuanto mayor es aquella, siempre que la humedad relativa sea adecuada.<sup>70</sup>

#### 1.3.6 Cosecha

Los ejotes tipo amarillo, verde o púrpura se cosechan en plena fase de rápido crecimiento y desarrollo. Los ejotes típicos se cortan aproximadamente 8-10 días después de la floración. Se les debe cosechar cuando el fruto es de color verde brillante, la vaina esta succulenta y las semillas son pequeñas y verdes. Después de este estado, el desarrollo de la semilla reduce la calidad y la vaina se vuelve esponjosa, correosa y pierde su color verde. La recolección es la labor más costosa en cultivo de ejote, siendo de gran importancia el momento fisiológico de recolección para aumentar el rendimiento comercial, ya que el mercado es muy exigente y demanda frutos con vainas tiernas (pero no demasiado), con el grano poco marcado. La frecuencia con que se realiza esta

---

<sup>69</sup>Ruiz L. Et Al. *Requerimientos agroecológicos de los cultivos*. <http://www.Inifap.cirpac.gob.mx/PotencialProductivo/Jalisco/Norte/RegionNorteReqAgroecologicos.pdf> (15 de mayo de 2014).

<sup>70</sup> Figueroa, L. Manual del manejo integrado de plagas y enfermedades del cultivo de frijol ejotero. Guatemala. Editorial Mag, 2006.

operación oscila entre 3 y 7 días, dependiendo de la variedad y el ciclo de cultivo.<sup>71</sup>

### **1.3.7 Índices de calidad**

Los ejotes deben estar bien formados y rectos, brillantes, de apariencia fresca y tiernos pero firmes. Se deben quebrar fácilmente al ser doblados. Las hojas, tallos, ejotes quebrados, residuos florales y frutos dañados por insectos están considerados como defectos por lo que se les debe eliminar. La disminución de la calidad durante el manejo post-cosecha a menudo se asocia con pérdida de agua, daño por frío y pudriciones.<sup>72</sup>

---

<sup>71</sup> Figueroa, L. Manual del manejo integrado de plagas y enfermedades del cultivo de frijol ejotero. Guatemala. Editorial Mag, 2 006.

<sup>72</sup>Ibíd.



## II. HIPÓTESIS

1. La solución nutritiva Chapingo posee un balance de nutrientes más preciso para cada etapa fenológica del cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris L.*), por lo que proporcionará mejores resultados en cuanto a rendimiento y calidad (la que abarca: rango de dimensiones, rango de curvatura, limpieza del producto e inocuidad) de la vaina de ejote francés.
2. Las variedades Auni y Claudine reportan los rendimientos promedio más altos, por lo que al desarrollarse en condiciones de hidroponía, proporcionarán mejores resultados en cuanto a rendimiento y calidad (la que abarca: rango de dimensiones, rango de curvatura, limpieza del producto e inocuidad) de la vaina de ejote francés.



### **III. MARCO REFERENCIAL**

#### **3.1 Ubicación**

El experimento se desarrolló en un invernadero de techo circular cuyas dimensiones son 14 m de ancho por 15 m de largo. El cual se encuentra ubicado en una finca jurisdicción de la aldea Yojbatz que está localizada a 1 km del parque central de San Pedro Carchá, A.V.

#### **3.2 Estructuras**

Para la siembra de las plantas se utilizaron canales con una pendiente del 1 %, los cuales estaban conformados de base de metal y recubrimiento plástico interno, en donde se colocó un tubo de una pulgada de diámetro en uno de los extremos. Las dimensiones de los canales fueron 0,50 m de ancho, 3,15 m de largo y 0,20 m de profundidad. Estos se ubicaron atornillados a bases de madera a una altura de 0,50 m sobre el nivel del suelo.

#### **3.3 Sustrato**

El sustrato utilizado fue piedra pómez, el cual después de ser lavado con una solución de hipoclorito de sodio al 1 %, se vertió en los canales de recubrimiento plástico hasta una altura de 18 cm.

#### **3.4 Tamaño del experimento**

La siembra se realizó en canales a doble hilera con un distanciamiento de 0,30 m entre hileras y 0,30 m entre posturas, efectuando cuatro repeticiones por cada tratamiento y se dejaron 0,60 m entre cada canal. La medida total del experimento fue de 10,5 m de ancho por 13 m de largo.

### **3.5 Implementación del sistema de riego**

Para cada tratamiento se implementó un sistema de riego independiente. Este consistió en un sistema de riego por goteo el cual era alimentado por un tinaco. Las soluciones nutritivas fueron introducidas a los sistemas por medio de un tubo venturi. Véase el modelo en la sección de anexos.

## IV. MARCO METODOLÓGICO

### 4.1 Diseño experimental

El experimento consistió en evaluar el rendimiento y calidad del producto (dimensiones de largo y peso de 100 ejotes) de tres materiales de ejote francés (*Phaseolus vulgaris L.*) bajo la influencia de tres soluciones hidropónicas. El diseño utilizado fue bifactorial completamente al azar con cuatro repeticiones por tratamiento.

Para el proyecto se utilizó el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{iJ} = \mu + T_i + Y_j + B_{ij} + E_{ijk}$$

Donde:

$Y_{iJ}$  = Variable respuesta del i-ésimo tratamiento, en la j-ésima repetición.

$\mu$  = Condiciones homogéneas antes de implementar el experimento.

$T_i$  = Efecto de las soluciones hidropónicas

$Y_j$  = Efecto de las variedades

$B_{ij}$  = Interacción entre soluciones y variedades

$E_{ijk}$  = Efecto agregado al error

### 4.2 Factores

#### A. Soluciones

S1: Solución de Hoagland y Arnon

S2: Solución CIAT

S3: Solución Chapingo

## **B. Variedades**

V1: Ejote francés 4X4

V2: Ejote francés tipo Claudine

V3: Ejote francés tipo Auni

### **4.2.1 Descripción de soluciones utilizadas**

#### **4.2.1.1 Solución de Hoagland y Arnon**

Es una solución muy rica en nutrientes la cual se ha evaluado en una gran diversidad de cultivos, obteniendo buenos resultados.

#### **4.2.1.2 Solución CIAT**

Es una solución que posee los requerimientos mínimos de nutrientes del cultivo, la cual se ha utilizado en otras variedades del cultivo obteniendo buenos resultados, esta se evaluó en las variedades descritas en el presente trabajo estableciendo cómo se desarrollan.

#### **4.2.1.3 Solución Chapingo**

Es una solución diseñada en base a la concentración de nutrientes requerida para el ejote francés. Definiendo una solución nutritiva diferente para cada una de las etapas fenológicas del cultivo.

### **4.2.2 Descripción de material utilizado**

Los materiales utilizados fueron tres variedades de ejote francés las que se identifican como Claudine y 4X4 de la empresa *Corona seeds* y Auni de *Superbseeds*. Estos materiales se eligieron debido a que son los más comunes y que mejores resultados han dado en la zona.

#### **4.2.2.1 Ejote francés Claudine**

Es una variedad de ejote francés ampliamente cultivado en la zona, distribuido en Guatemala por Agrosemillas S. A., se caracteriza por poseer plantas muy vigorosas que alcanzan entre 55 cm y 65 cm de altura, es un ejote muy fino, de 12 cm a 15 cm de largo y 0,5 cm de diámetro, el primer corte se realiza entre los 50 y 55 días. La variedad Claudine además de presentar buenos rendimientos, posee un ejote extra fino lo cual lo hace ideal para condiciones de invernadero, por producir ejote dentro de los rangos de exportación.

Otras características adicionales de esta variedad se describen a continuación:

- a. Hábito de crecimiento arbustivo.
- b. Bajo buenas condiciones de cultivo se obtienen de 18 000 lb a 20 000 lb de vainas por manzana.
- c. Duración de la cosecha de 3 a 4 semanas.

#### **4.2.2.2 Ejote francés Auni**

Es una variedad de ejote francés introducida a Guatemala mucho más recientemente que el Claudine, distribuido en Guatemala por Superb S. A., se caracteriza por poseer plantas con un buen rebrote de floración, alcanzan entre los 50 cm y 60 cm de altura. Es un ejote muy fino, de 12 cm a 15 cm de largo y 0,5 cm de diámetro, el primer corte se da entre los 45 y 50 días. La variedad Auni, al igual que Claudine, además de presentar buenos rendimientos, posee un ejote extra fino lo cual lo hace ideal para condiciones de invernadero, por producir ejote dentro

de los rangos de exportación.

Otras características adicionales de esta variedad se describen a continuación:

- Hábito de crecimiento arbustivo.
- Bajo buenas condiciones de cultivo se obtienen de 18 000 lb a 20 000 lb de vainas por manzana.
- Duración de la cosecha de 3 a 4 semanas

#### **4.2.2.3 Ejote francés 4X4**

Esta variedad se caracteriza por poseer plantas rústicas, las cuales se desarrollan bien incluso en condiciones poco favorables de temperatura y humedad. En Guatemala esta variedad es distribuida por Agrosemillas S.A. Las plantas alcanzan una altura promedio de 50 cm, es un ejote que alcanza la longitud de 10 cm a 14 cm de largo y 4 mm a 7 mm de diámetro, de color de vaina verde oscuro. La variedad 4X4, actualmente ha surgido como reemplazo de una variedad muy utilizada anteriormente conocida como Palermo.

Otras características adicionales de esta variedad se describen a continuación:

- Hábito de crecimiento arbustivo.
- Bajo buenas condiciones de cultivo se obtienen de 15 000 a 18 000 lb. de vainas por manzana.
- Duración de la cosecha de 3 a 4 semanas.

### **4.3 Variables respuesta**

#### **4.3.1 Rendimiento de los materiales**

Para el rendimiento del cultivo, se obtuvo el peso en fresco de cada uno de los materiales, pesando la totalidad de vainas cosechadas en cada una de las repeticiones, transformado posteriormente dicho peso a kilogramos por hectárea (kg/ha).

#### **4.3.2 Número de cortes**

Se contabilizaron los cortes que se realizaron en el cultivo, así como la diferencia en días entre cada uno de ellos.

#### **4.3.3 Duración de cada etapa fenológica del cultivo**

Consistió en contabilizar la cantidad de días que dura cada una de las etapas fenológicas del cultivo; clasificadas en base a la codificación de los estados fenológicos del ejote francés (*Phaseolus vulgaris L.*) realizada por Feller Et. Al., la cual se describe en la sección de anexos.

#### **4.3.4 Altura de la planta**

Se midió la altura de una muestra equivalente al 15 % del total de plantas en el momento en que se realizó la tercera cosecha en el cultivo; desde el cuello de la raíz hasta la yema terminal.

#### **4.3.5 Clasificación del producto de acuerdo a la calidad**

La calidad del producto es uno de los factores más importantes, ya que limita la aceptación del producto para las exportaciones. A su vez incluye diversos aspectos evaluados en esta investigación:

#### **4.3.5.1 Curvatura**

Se determinó el porcentaje en peso de vainas cosechadas que poseía más de 5 cm de desviación con respecto al eje principal.

#### **4.3.5.2 Largo**

Se midió el porcentaje en peso de vainas cosechadas que se encontraron fuera del rango de exportación, el cual va de 12 cm a 15 cm.

#### **4.3.5.3 Grosor**

Se midió el porcentaje en peso de vainas cosechadas que se encontraron fuera del rango de exportación, el cual va de 3 mm a 5 mm.

#### **4.3.5.4 Presencia de manchas**

Se midió el porcentaje en peso de vainas cosechadas que presentaron manchas las cuales restringen la exportación.

#### **4.3.5.5 Presencia de daños provocados por insectos**

Se midió el porcentaje en peso de vainas cosechadas que presentaron rugosidades u otros daños provocados por insectos los cuales restringen la exportación.

#### **4.3.5.6 Peso de 100 vainas**

Se midió el peso de 100 vainas para cada repetición, a fin de relacionar el número de vainas cosechadas por planta con el peso total.

#### **4.3.6 Costes de producción**

Para el cálculo de los costes de producción, se tomaron en cuenta todos los costes relacionados al cultivo, incluyendo costo fijo y variable. Como una herramienta de comparación entre los distintos tratamientos a evaluar.

#### **4.3.7 Variables relacionadas**

##### **4.3.7.1 Identificación de plagas y enfermedades**

Durante el desarrollo del cultivo se monitoreó la presencia de plagas y enfermedades, por medio de la observación directa, así como la utilización de red entomológica y trampas amarillas y azules en el caso de los insectos. Las metodologías utilizadas para medir la incidencia, fueron: observación directa, trampas de diversas coloraciones y utilización de net.

##### **4.3.7.2 Variables climáticas**

Se obtuvieron los datos de la estación meteorológica del INSIVUMEH localizada en Cobán, A.V., a fin de determinar las condiciones climáticas en la época en que se realizó el experimento. Registrando en su momento las temperaturas, para relacionarlas con las obtenidas en el invernadero.

#### **4.4 Manejo del experimento**

##### **4.4.1 Preparación de soluciones**

**a) La solución del CIAT**

Esta se preparó, disolviendo cada una de las sales que lo componen para preparar dos soluciones concentradas en relación 1:100, es decir se utilizó 10 ml de solución concentrada por cada litro de solución diluida, tal como se describe a continuación.

Sol A.

$K_2SO_4$  — 21, 7812 g

$NO_3NH_4$  — 16, 0086 g

$CaCl_2$  — 36, 6247 g

Sol B.

$MgSO_4 \cdot 7H_2O$  — 24,6367 g

Fe (quelato) — 5 g

$H_3BO_3$  — 0,2844 g

$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  — 0,0129 g

$CuCO_4 \cdot 5H_2O$  — 0,0002 g

Las sales básicas que componen la solución, así como sus concentraciones en solución diluida se describen a continuación:

$K_2SO_4$  — 1,25 mM/L

$NO_3NH_4$  — 2 mM/L

$CaCl_2$  — 3,3 mM/L

$MgSO_4 \cdot 7H_2O$  — 1 mM/L

Fe(quelato) — 5 gr/L

$H_3BO_3$  — 0,046 mM/L

$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  — 0,0008 mM/L

$CuCO_4 \cdot 5H_2O$  — 0,0003 mM/L

$H_2MoO_4 \cdot H_2O$  — 0,00001 mM/L

## b) La solución Chapingo

Esta se preparó, disolviendo cada una de las sales que lo componen para preparar dos soluciones concentradas en relación 1:100, es decir se utilizó 10 ml de solución concentrada por cada litro de solución diluida, tal como se describe a continuación.

Sol A.

CaNO<sub>3</sub>—46,9291 g (etapa 1), 81,22 g (etapa2)

KNO<sub>3</sub>— 31,3419 g (etapa 1), 20,2206 g (etapa2)

Sol B.

KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>— 12,9281g (etapa 1), 22,4541g (etapa2)

KSO<sub>4</sub>— 86,5029 g (etapa 1), 77,0417 g (etapa2)

MgSO<sub>4</sub>— 22,8848 g (etapa 1), 26,4808 g (etapa2)

Fe (quelato)— 5 g

H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>—0,2844 g

ZnSO<sub>4</sub>\*7H<sub>2</sub>O —0,0129 g

CuCO<sub>4</sub>\*5H<sub>2</sub>O—0.0002 g

Las sales básicas que componen la solución, así como sus concentraciones en solución diluida se describen a continuación:

CaNO<sub>3</sub>—2,86 mM/L (Etapa 1), 4,95 mM/L (Etapa 2)

KNO<sub>3</sub>—3,1 mM/L (Etapa 1), 2 mM/L (Etapa 2)

KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>—0,95 mM/L (Etapa 1), 1,65 mM/L (Etapa 2)

KSO<sub>4</sub>—6,4 mM/L (Etapa 1), 5,7mM/L (Etapa 2)

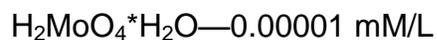
MgSO<sub>4</sub>\*--1,9 mM/L (Etapa 1), 2,2 mM/L (Etapa 2)

Fe (quelato) —5 g/L

H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>—0,046 mM/L

ZnSO<sub>4</sub>\*7H<sub>2</sub>O—0,0008 mM/L

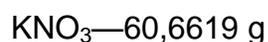
CuCO<sub>4</sub>\*5H<sub>2</sub>O—0,0003 mM/L



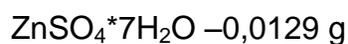
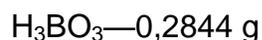
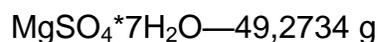
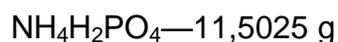
### c) La solución de Hoagland y Arnon

Esta se preparó, disolviendo cada una de las sales que lo componen para preparar dos soluciones concentradas en relación 1:100, es decir se utilizó 10 ml de solución concentrada por cada litro de solución diluida, tal como se describe a continuación.

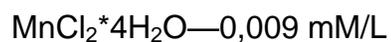
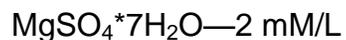
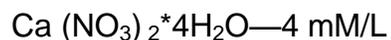
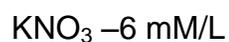
Sol A.



Sol B.



Las sales básicas que componen la solución, así como sus concentraciones en solución diluida se describen a continuación:



$\text{CuCO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ —0,0003 mM/L

$\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ —0,00001 mM/L

#### **4.4.2 Siembra del cultivo**

Se realizó a dos semillas por postura a una profundidad de 1,5 cm manteniendo húmedo el sustrato hasta el momento de la emergencia. Para la realización de dicho proceso, se procedió a introducirlas en el sustrato a la profundidad correcta, dejándolas cubiertas por él.

Asimismo para mantener la densidad correcta de siembra de la evaluación, se procedió a la elaboración de 200 pilones de cada variedad, previendo el porcentaje de semilla que no geminó, el cual osciló entre el 5 % y 8 %.

#### **4.4.3 Aplicación de las soluciones**

Las soluciones se aplicaron diariamente por medio del sistema de riego, se inició con media dosis durante seis días. Posteriormente se administró la dosis completa.

#### **4.4.4 Lavado del sustrato**

Se realizó una vez por semana aplicando agua hasta saturar el sustrato a manera de poder eliminar todos los excedentes de solución presentes en la piedra pómez. Para ello se utilizó riego por tres horas.

#### **4.4.5 Regulación del pH y conductividad eléctrica**

Se realizaron monitoreos semanales, tanto de pH como de conductividad eléctrica. Esto se realizó por medio de un dispositivo multisonda.

El pH se monitoreo tanto en la solución que se aplicó así como en los excedentes que drenaron del sustrato, se manteniéndolo entre 5,8 y 6. En diversas ocasiones se encontró muy alto por lo que se procedió a acidificarlo agregando HCl al 0,1 %.

En relación a la conductividad eléctrica a lo largo del experimento en la solución aplicada así como en los excedentes que drenan del sustrato, se mantuvo en un rango entre 1,5  $\mu\text{S}/\text{cm}^2$  y 2  $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ .

#### **4.4.6 Cosecha**

Se realizó en base a la observación de la maduración fisiológica de los frutos, cosechándose en promedio dos veces por semana.

#### **4.4.7 Control de plagas y enfermedades**

En cuanto al control de plagas y enfermedades, se colocaron trampas amarillas y azules especialmente para control de mosca blanca (*bemisia spp.*) y trips (*trips spp.*). Asimismo se observó periódicamente el cultivo a intervalos de tres días a fin de determinar la presencia de plagas y/o enfermedades.

## **V. RECURSOS**

### **5.1 Recurso humano**

Para la realización de la investigación se contó con cuatro empleados a tiempo parcial, que se dedicaron a la construcción de las estructuras y al manejo agronómico del experimento, bajo la supervisión del técnico encargado del estudio.

### **5.2 Recursos físicos**

Se detallan a continuación los recursos utilizados en el desarrollo de la investigación.

- Invernadero de techo circular, con cortinas de agryl.
- Semilla de variedad Claudine
- Semilla de variedad Auni
- Semilla de variedad 4X4
- Fertilizantes químicos hidrosolubles
- Rafia blanca
- Equipo de riego (manguera, conectores, tubo venturi y filtro)



## VI. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados, así como su respectiva discusión, para las variables evaluadas.

### 6.1 Rendimiento

Esta variable se obtuvo por medio de la sumatoria del peso de los frutos obtenidos, que cumple con los requisitos de calidad que el mercado externo exige, en los diferentes cortes realizados en cada repetición de los tratamientos.

Por medio de esta investigación, se pudo conocer la expresión de la capacidad productiva de cada uno de los materiales de ejote francés (*Phaseolus vulgaris L.*), evaluados en condiciones de hidroponía, bajo la interacción de tres diferentes soluciones nutritivas.

A continuación se presenta el siguiente cuadro resumen, en donde se describen los tratamientos con sus repeticiones y promedios para la variable rendimiento en kg/ha.

#### CUADRO 4

Rendimiento (kg/ha) en los tratamientos y repeticiones, de la evaluación del cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris L.*) en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2 014

Variedad	Solución	Repeticiones				Promedios
		I	II	III	IV	
Claudine	H. y A.	25 883, 69	27 167, 80	29 345, 76	26 425, 03	27 205, 56
Auni	H. y A.	26 538, 33	30 655, 05	30 000, 40	29 232, 45	29 106, 56
4X4	H. y A.	23 730, 91	21 401, 88	23 693, 14	19 563, 84	22 097, 44
Claudine	Chapingo	22 195, 01	27 482, 54	22 547, 51	25 896, 28	24 530, 33
Auni	Chapingo	23 944, 93	24 372, 97	28 250, 49	25 065, 38	25 408, 44
4X4	Chapingo	21 766, 97	27 281, 11	26 903, 43	24 284, 84	25 059, 08
Claudine	CIAT	20 281, 43	25 959, 22	23 680, 55	24 435, 91	23 589, 28
Auni	CIAT	27 142, 62	26 752, 35	28 766, 65	23 718, 32	26 594, 98
4X4	CIAT	19 803, 04	21 049, 38	24 259, 66	20 482, 86	21 398, 73

Fuente: Investigación de campo, noviembre 2 014

En el cuadro anterior se detallan los resultados obtenidos para los tratamientos en estudio, los tratamientos consistieron en combinar tres variedades del cultivo, con tres soluciones nutritivas. Se puede observar el rendimiento que se obtuvo en cada una de las repeticiones por tratamiento, cuatro en total, así como las medias de producción.

#### CUADRO 5

Análisis de varianza para el rendimiento (kg/ha), de la evaluación del cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris L.*) en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2 014

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	192 189 239, 76	8	24 023 654, 97	5, 3	0, 0005
Variedad	105 296 318, 76	2	52 648 159, 38	11, 62	0, 0002
Solución	31 068 063, 62	2	15 534 031, 81	3, 43	0, 0471
Variedad-Solución	55 824 857, 38	4	13 956 214, 34	3, 08	0, 0327
Error	122 308 033, 86	27	4 529 927, 18		
Total	314 497 273, 61	35			

Fuente: Investigación de campo, noviembre 2 014

De acuerdo al análisis de varianza (con un alfa de 0,05) existe diferencia significativa de rendimiento entre las soluciones evaluadas (0,04), de la misma manera existe diferencia significativa entre las variedades de ejote francés (0,0002), así como en la interacción de las variedades con las soluciones (0,03).

La prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5 %, se realizó en el rendimiento debido a las diferencias significativas reportadas en las variedades, soluciones y en la interacción de estas, se llevó a cabo una prueba múltiple de medias, para determinar en cada una de las variables independientes, cual fue estadísticamente mejor.

#### CUADRO 6

Prueba de Tukey para las variedades y su rendimiento (kg/ha), de la evaluación del cultivo de ejote frances (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2 014

Variedad	Medias	n	E.E.		
Auni	27 036, 66	12	614, 41	A	
Claudine	25 108, 39	12	614, 41	A	
4X4	22 851, 76	12	614, 41		B
Alfa= 0, 05; DMS= 2 154, 36696					
Error: 4 529 927, 1 799; gl: 27					

Fuente: Investigación de campo, noviembre 2 014

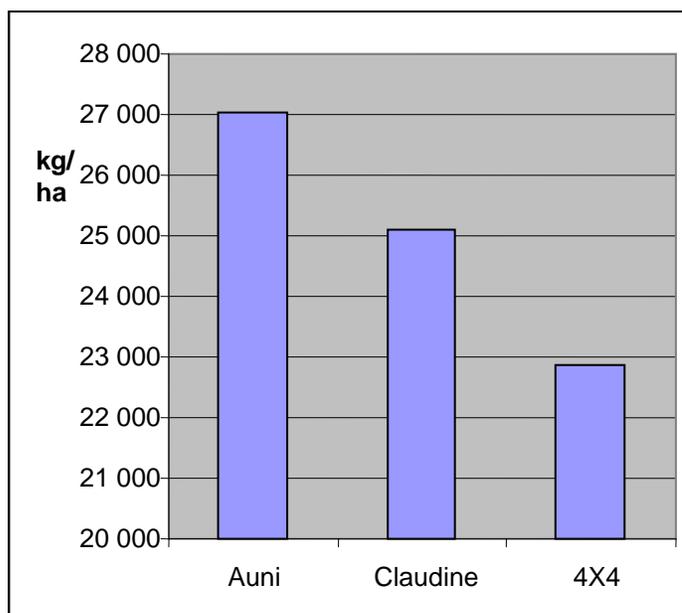
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

En el cuadro anterior se puede observar (prueba de Tukey) que la variedad Auni y Claudine, superan significativamente a la variedad 4X4. También se puede observar que la variedad Auni no presenta diferencia significativa, en relación con la variedad Claudine.

El resultado obtenido con la variedad 4X4 se atribuye a que esta se caracteriza por no presentar el más alto rendimiento; sin embargo es ampliamente recomendado en condiciones poco favorables para el cultivo, tal como lo son grandes variaciones de humedad del suelo (baja o excesiva) y temperaturas extremas (altas o bajas), lo que le permite obtener rendimientos aceptables aun en esas circunstancias. Al implementar esta variedad en hidroponía, la variedad se ve limitada de acuerdo al potencial genético que posee. Mientras que las variedades Auni y Claudine son variedades de alto rendimiento y poseen un alto potencial que se logra al mejorar las condiciones en que se desarrolla el cultivo y esto se puede lograr por medio de la técnica de hidroponía.<sup>73</sup>

### GRÁFICA 2

Variedades y su rendimiento (kg/ha) de la evaluación del cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris L.*), en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2 014



Fuente: Investigación de campo, noviembre 2 014

La variedad Auni fue la que obtuvo mayor rendimiento, debido a

<sup>73</sup>Cultivo de Ejote Francés. <http://www.Agrosemillasa.com.gt> (19 de Noviembre 2014)

que es una variedad que se caracteriza por poseer una alta capacidad de rebrote, lo que dio lugar al desarrollo de yemas, las que a su vez incrementan el área foliar de la planta y con esta, una mayor producción de botones florales. En el caso de la variedad Claudine que ocupa el segundo lugar en los promedios, sin diferencia estadística significativa de acuerdo a la prueba de Tukey, es una variedad que posee una etapa de floración prolongada, sin embargo con una menor capacidad para el desarrollo de yemas laterales. En el caso de la variedad 4X4 su rendimiento se vio limitado por el potencial que la variedad posee, ya que la capacidad para el desarrollo de yemas laterales es casi nula.<sup>74</sup>

### CUADRO 7

Prueba de Tukey para las soluciones y su rendimiento (kg/ha), de la evaluación del cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris L.*) en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2 014

Solución	Medias	n	E.E.		
H. Y A.	26 136,52	12	614,41	A	
Chapingo	24 999,29	12	614,41	A	B
CIAT	23 861,00	12	614,41		B
Alfa=0,05; DMS=2 154,36696					
Error: 4 529 927,1799; gl: 27					

Fuente: Investigación de campo, noviembre 2014

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

La diferencia mínima significativa (DMS) de 2 154, 36 para el análisis de soluciones, establece que si existe diferencia significativa entre la solución Hoagland y Arnon con respecto a la solución CIAT, al mostrarse significativamente mayor. En el caso de la comparación Chapingo-CIAT y Chapingo H. y A., no existe diferencia significativa entre sus medias que permita atribuirle la mejora en el rendimiento a la

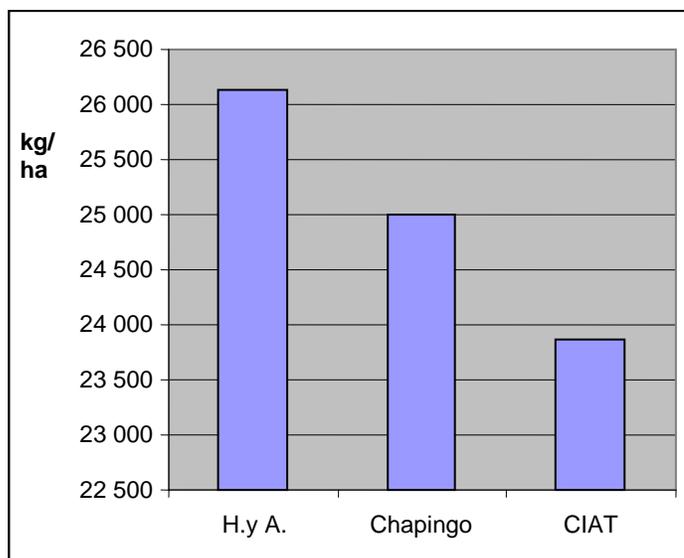
<sup>74</sup>Cultivo de Ejote Francés. <http://www.Agrosemillassa.com.gt> (19 de Noviembre 2014)

solución.

La solución CIAT es una solución diseñada en base a los requerimientos mínimos del cultivo, y su composición es más pobre en nutrientes comparada con las otras dos soluciones; lo que en la evaluación manifestó una baja significativa en el rendimiento por no ser suficiente para cubrir con los requerimientos del cultivo.<sup>75</sup>

### GRÁFICA 3

Soluciones y su rendimiento (kg/ha) de la evaluación del cultivo de ejote francés (*Phaseolus Vulgaris L.*), en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2 014



Fuente: Investigación de campo, noviembre 2014

Para el cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris L.*) en condiciones de hidroponía, se puede observar que la solución H. y

<sup>75</sup>Hernández, G. Et. Al. Efecto de las concentraciones de fosforo en tres genotipos. [http://www.mag.go.cr/rev\\_meso/v07n01\\_080.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_meso/v07n01_080.pdf) (5 de octubre de 2 013).

A. con un promedio de 26 136, 52 kg/ha que fue evidentemente mejor que la solución CIAT con un promedio de 23 861, 00 kg/ha, lo que al realizar un prueba múltiple de medias, por medio de la prueba de Tukey, resultado estadísticamente significativa.

La solución Hoagland y Arnon le proporcionó al cultivo un mayor suministro de nutrientes, los que al ser asimilados por la planta dieron como resultado una respuesta positiva, lo que incremento el rendimiento del cultivo. En segundo lugar se encuentra la solución Chapingo con un rendimiento promedio de 24 999, 29 kg/ha que es una solución equilibrada en base a los requerimientos en cada etapa fenológica del cultivo, sin embargo en términos generales posee un contenido nutricional intermedio, con respecto a las tres soluciones evaluadas y por lo tanto provoco que obtuviera un promedio de rendimiento intermedio, en relación a los tratamientos evaluados.<sup>76</sup>

---

<sup>76</sup> García Esteva, A. Et. Al. Rendimiento y asignación de materia seca en sistema hidropónico y suelo. <http://books.google.com.gt/> (21 de octubre de 2 013).

**CUADRO 8**

Prueba de Tukey para la interacción variedades-soluciones y su rendimiento (kg/ha), de la evaluación del cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris L.*) en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2 014

<b>Variedad</b>	<b>Solución</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>				
Auni	H. Y A.	29 106, 56	4	1 064, 18	A			
<u>Claudine</u>	H. Y A.	27 205, 57	4	1 064, 18	A	B		
Auni	CIAT	26 594, 99	4	1 064, 18	A	B	C	
Auni	Chapingo	25 408, 44	4	1 064, 18	A	B	C	D
4X4	Chapingo	25 059, 09	4	1 064, 18	A	B	C	D
<u>Claudine</u>	Chapingo	24 530, 34	4	1 064, 18	A	B	C	D
<u>Claudine</u>	CIAT	23 589, 28	4	1 064, 18		B	C	D
4X4	H. Y A.	22 097, 44	4	1 064, 18			C	D
4X4	CIAT	21 398, 74	4	1 064, 18				D
Alfa=0,05 DMS=5 063,80057								
Error: 4 529 927,1799 gl: 27								

Fuente: Investigación de campo, noviembre 2 014

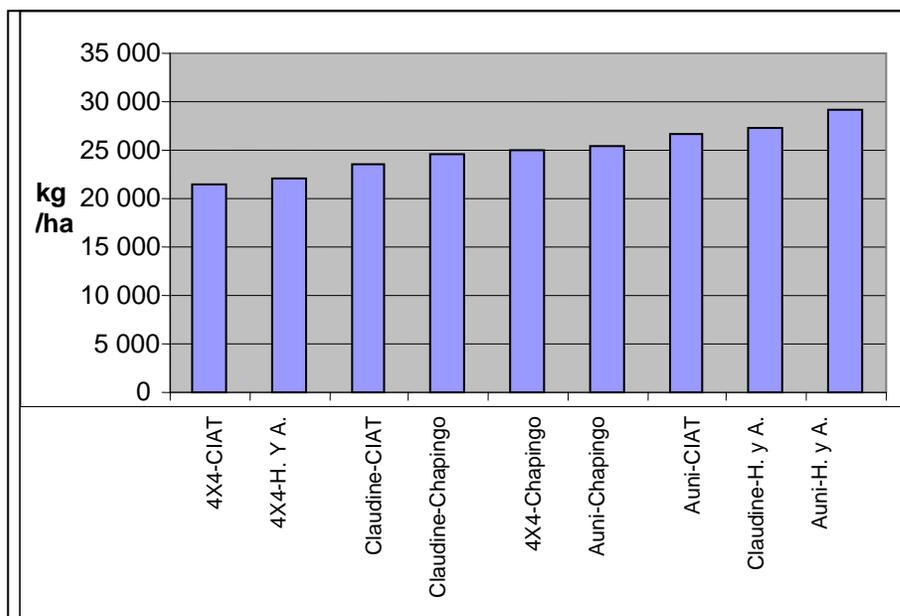
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

La prueba de Tukey de la interacción entre las soluciones y variedades al 5 % indica la existencia de cuatro grupos estadísticos, y una diferencia mínima significativa (DMS) de 5 063,80. En base al promedio general; la solución Hoagland y Arnon con la variedad Auni proporcionó el mejor rendimiento; sin embargo únicamente posee diferencia estadística significativa con respecto a las tres últimas interacciones.

La interacción entre la variedad Auni y la solución Hoagland y Arnon respondió positivamente, debido a que se le proporcionó una solución muy rica en nutrientes a una variedad altamente productiva que se caracteriza por experimentar una excelente floración, la que en condiciones adecuadas de nutrición y sanidad vegetal, tiende a prolongarse. Y en el caso de esa interacción, se puede concluir que la variedad reaccionó positivamente al incremento de nutrientes presentes.

### GRÁFICA 4

Interacción variedades-soluciones y su rendimiento (kg/ha) de la evaluación del cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris L.*), en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2 014.



Fuente: Investigación de campo, noviembre 2014

En la gráfica 3 se puede observar que la interacción entre la solución H. y A. y Auni, es la que proporcionó un mejor rendimiento en la evaluación, al ser significativamente mayor, en términos estadísticos. Con respecto a las últimas tres interacciones.

Un rendimiento al cual vale la pena brindar especial atención, es el obtenido en la interacción de la variedad Auni con la solución CIAT, el cual ocupó el tercer lugar en el promedio de los rendimientos. El desempeño de la variedad Auni es claramente comprensible, ya que fue la que mejor se comportó en la evaluación, al tener diferencia estadística significativa en comparación con las medias de rendimiento entre ésta y la variedad 4X4. Sin embargo el hecho de que al interactuar con la solución más pobre en nutrientes haya superado los promedios de las otras seis

interacciones, incluidas entre estas una interacción de esta misma variedad con una solución en términos generales más rica en nutrientes puede ser atribuido a una compensación de los bajos niveles nutritivos de esta solución, con el aporte de una forma específica de nutrientes.

La solución CIAT aporta todo el nitrógeno a la planta en forma amoniacal por medio de urea lo que posee diversas ventajas entre ellas: la absorción por la planta de forma pasiva y la acidificación de la solución nutritiva. Lo que permitió a la variedad Auni superar otras interacciones que poseían un suministro mayor de nutrientes.<sup>77</sup>

Otra interacción de interés, es la que se dio entre la solución Chapingo y la variedad 4X4. La variedad 4X4 fue la única de las evaluadas, que expresó su máximo rendimiento con la solución Chapingo, que es una solución diseñada en base a los requerimientos de las etapas fenológicas del cultivo.

## 6.2 Número de cortes

Para esta variable se evaluó el número de cortes que se realizó en cada uno de los tratamientos, así como las fechas en las que se efectuó cada uno de éstos.

Se presenta la tabla en la cual se describen los cortes realizados. Cabe resaltar que únicamente se describen las variedades evaluadas, ya que para esta variable no hubo diferencia aportada por las soluciones o las repeticiones.

---

<sup>77</sup>Hernández, G. Et. Al. Efecto de las concentraciones de fósforo en tres genotipos. [http://www.mag.go.cr/rev\\_meso/v07n01\\_080.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_meso/v07n01_080.pdf) (5 de octubre de 2013).

### CUADRO 9

Número de cortes en la evaluación del cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2 014.

No. corte/ Fecha corte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Claudine	21/9	26/9	30/9	4/10	7/10	11/10	17/10	20/10	24/10	28/10
Auni	22/9	27/9	30/9	4/10	7/10	11/10	17/10	20/10	24/10	28/10
4X4	22/9	27/9	30/9	4/10	7/10	11/10	17/10	20/10	24/10	28/10

Fuente: Investigación de campo, noviembre 2 014

La variable número de cortes presentó los mismos valores en los tres materiales evaluados, difiriendo únicamente, la variedad Claudine y las variedades Auni y 4X4 por diferencia de un día en el primer corte, posteriormente a partir del tercer corte por practicidad se homogenizaron los cortes realizados en cada variedad. En esta variable se puede observar que hubo un prolongamiento significativo de la fase de producción en el cultivo y a su vez en el número de cortes, ya que en las mejores condiciones a campo abierto se llegan a obtener hasta ocho cortes. Esto se atribuye a que al brindarle al cultivo condiciones adecuadas de nutrición, temperatura y sanidad vegetal, se le permitió expresar de una mejor manera su potencial genético dando como resultado un mayor número de cortes, lo que repercute en una cosecha más abundante.

Conforme transcurrió el tiempo la cantidad de vainas decreció paulatinamente, por lo que se consideró que era preferible iniciar un nuevo ciclo ya que esperar un rebrote sería poco rentable a pesar de que los materiales evaluados tienen diferentes capacidades de rebrote por medio de yemas laterales.

### **6.3 Etapas fenológicas**

En esta variable se monitoreo a lo largo del desarrollo del cultivo, la cantidad de días que tardó en llegar a una determinada fase fenológica, al entenderse por ella al período durante el cual aparecen, se transforman o desaparecen los órganos de las plantas. También puede entenderse como el tiempo de una determinada manifestación biológica.

A continuación se presenta la tabla en donde se describe la duración de cada una de las fases y subfases fenológicas para tres variedades del cultivo de ejote francés, basados en la clasificación BBCH realizada por Feller Et. Al.

**CUADRO 10**

## Etapas fenológicas cultivo ejote francés

Código	Descripción	Var. Claudine	Var. Auni	Var. 4X4
<b>0</b>	<b>Estadio principal 0: Germinación</b>			
<b>0,1</b>	Semilla, seca	0	0	0
<b>0,2</b>	Comienzo de la imbibición de la semilla	1	1	1
<b>0,3</b>	Imbibición de la semilla, terminada	2	2	2
<b>0,4</b>	La radícula (raíz embrional) sale de la semilla	3	3	3
<b>0,5</b>	El hipocotilo, con cotiledones rompiendo el tegumento seminal	4	4	4
<b>0,6</b>	El hipocotilo, con cotiledones crecen hacia la superficie del suelo	5	5	5
<b>0,7</b>	Emergencia: los cotiledones rompen la superficie del suelo	5	5	5
<b>1</b>	<b>Estadio principal 1: Desarrollo de las hojas</b>			
<b>1,1</b>	Cotiledones, desplegados completamente	6	6	6
<b>1,2</b>	2 hojas enteras (1er. par de hojas), desplegadas	7	7	7
<b>1,3</b>	3a hoja verdadera (1ª hoja trifoliada), desplegada	9	9	9
<b>1,4</b>	9 o más hojas (2 hojas enteras y 7 o más hojas trifoliadas), desplegadas	12	12	12
<b>2</b>	<b>Estadio principal 2: Formación de brotes laterales</b>			
<b>2,1</b>	1er. brote lateral, visible	13	13	13
<b>2,2</b>	2o brote lateral, visible	15	15	15
<b>2,3</b>	3er brote lateral, visible	17	17	17
<b>5</b>	<b>Estadio principal 5: Aparición del órgano floral</b>			
<b>5,1</b>	1os. botones florales, visibles fuera de las hojas	31	31	31
<b>5,2</b>	1os. botones florales individuales, visibles fuera de las hojas, pero cerrados todavía	33	33	33
<b>5,3</b>	1os. pétalos, visibles; muchos botones florales individuales, cerrados todavía	35	35	35
<b>6</b>	<b>Estadio principal 6: Floración</b>			
<b>6,1</b>	Primeras flores abiertas (esporádicamente)	36	36	36
<b>6,2</b>	Comienzo de la floración	36	36	36
<b>6,3</b>	Periodo de plena floración	44	47	46
<b>7</b>	<b>Estadio principal 7: Formación del fruto</b>			
<b>7,1</b>	Las vainas comienzan a crecer	41	41	40
<b>7,2</b>	Período principal de crecimiento de las vainas	43	44	44

Fuente: Investigación de campo Noviembre 2014

Los días descritos para cada una de las etapas fenológicas, hacen referencia al periodo en el cual del 50% al 75% de las plantas se

encontraban en esta fase.

Los resultados obtenidos de los materiales evaluados de ejote francés bajo condiciones de hidroponía en un invernadero parcialmente controlado y el uso de riego por goteo son prometedores ya que para los tres materiales evaluados la cantidad de días al primer corte, estuvieron por debajo del promedio en condiciones de campo abierto, el cual se ubica a los 50 días para los tres materiales. Se logró reducirlos a 43 días para la variedad Claudine y 44 días para la variedad Auni y 4X4. Esto se debió a que se le proveyó al cultivo un adecuado balance de nutrientes, temperatura y sanidad

Bajo condiciones de hidroponía se logró un ciclo más corto a floración (subfase 5,3), ya que la manifestación de los primeros pétalos se dio a los 35 días, mientras que la literatura reporta que los días a primeras flores son 45 en buenas condiciones de temperatura. Esta reducción acarrea un beneficio directo en la reducción de tiempo y costos de mantenimiento del mismo.

Entre la subfase 5,3 caracterizada por la manifestación de los primeros pétalos visibles y la subfase 7,2 conocida como el periodo principal de crecimiento de las vainas, hubo una reducción de tiempo, entre el promedio normal reportado en la literatura que es de 10 días y el obtenido en el invernadero que fue de 8 días para la variedad Claudine y en 9 días para la variedad Auni y 4X4. Lo que se atribuye principalmente al incremento y estabilidad de la temperatura proporcionada por el invernadero, por lo que es recomendable implementar el cultivo en época donde las temperaturas son mayores y contar con un buen sistema de ventilación, ya que un incremento excesivo de la temperatura podría acarrear problemas relacionados con mal desarrollo de los frutos y aborto de flor.

#### 6.4 Altura de la planta

Para esta variable se midió la altura del 15 % de las plantas de cada unidad experimental. Esta medición se realizó en el momento del tercer corte en el cultivo.

Se presenta la tabla en la cual se describen los promedios de altura en cada uno de los tratamientos.

**CUADRO 11**

Altura de plantas en la evaluación del cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2 014

<b>Variedad/solución</b>	<b>Claudine</b>	<b>Auni</b>	<b>4X4</b>	<b>Promedio</b>
<b>H. y A.</b>	0,530 m	0,550 m	0,480 m	0,520 m
<b>Chapingo</b>	0,510 m	0,530 m	0,490 m	0,510 m
<b>CIAT</b>	0,550 m	0,520 m	0,510 m	0,526 m
<b>Promedio</b>	0,530 m	0,533 m	0,493 m	

Fuente: Investigación de campo, noviembre 2 014

Con respecto a la altura de las plantas, las tres variedades evaluadas se mantuvieron dentro del promedio del alto reportado en condiciones de campo. En base a ello se puede afirmar que no hubo un excesivo suministro de nitrógeno y/o temperatura elevada que diera como resultado un crecimiento vegetativo excesivo y que afectara la producción.

La altura de la planta es una variable muy importante ya que se relaciona directamente con la calidad del ejote. Debido a que cuando las plantas no alcanzan un buen porte, es decir entre 0,3 m y 0,4 m, esto ocasiona que los frutos queden muy cercanos al sustrato, lo que provoca la curvatura de los mismos o bien la propiciación del desarrollo de patógenos.

De acuerdo a los promedios presentados en la tabla se puede decir con respecto a las variedades, que la variedad Auni y Claudine se comportaron de manera similar, reportando los promedios más altos, mientras que la variedad 4X4 se ubicó por debajo de los otros dos materiales evaluados.

En relación a los promedios de altura alcanzados por las soluciones. Se puede observar que la solución CIAT fue la que presentó un promedio más alto. Lo que de alguna manera es contradictorio debido a que esta solución es la que presenta el menor contenido de nitrógeno. Sin embargo todo el nitrógeno es suministrado por urea, en forma amoniacal, el que es absorbido de manera pasiva y fue sujeto de excelente asimilación para las plantas.

## **6.5 Clasificación del producto de acuerdo a la calidad**

La calidad del producto es uno de los factores más importantes, ya que esto limita la aceptación del producto por el mercado externo. A su vez este incluye diversos aspectos, los cuales fueron evaluados en esta investigación.

### **6.5.1 Curvatura del ejote**

En esta variable se debía de medir el porcentaje en peso, de ejote cosechado, que no cumplía con los rangos de curvatura requeridos por el mercado externo, es decir, que presentara una desviación de más de cinco centímetros con respecto al eje principal. Sin embargo a lo largo de la evaluación, no se obtuvo ejote curvo.

La necesidad de obtener ejotes con rangos adecuados de curvatura, se debe a que el empacado de los frutos exportados de ejote francés, se realiza en bandejas, en las cuales son ubicados los

ejotes; por lo que al obtener ejotes con excesiva curvatura, dificultaría el empaque y a la vez reduce la calidad con respecto a la apariencia de los mismos.

Las producciones de altos porcentajes de ejote con excesiva curvatura en campo se deben a muchas causas; sin embargo, se pueden clasificar en dos grupos principales: las que se deben a un mal manejo del cultivo por parte del agricultor y las provocadas por condiciones ambientales adversas.

Dentro de las primeras se encuentran las siguientes: mal tuteo del cultivo, ya que cuando las plantas no poseen tutores adecuados, las mismas se caen lo que provoca el mal desarrollo de los frutos; mala nutrición del cultivo, ya que las deficiencias nutricionales, en especial de boro y zinc se relacionan directamente con un mal desarrollo de los frutos.

Las segundas incluyen: bajas temperaturas, que influyen directamente en el cultivo lo que limita el desarrollo de los frutos y las plantas; intensificación de plagas, en especial los trips (*Trips spp.*), ya que estos succionan la sabia en los frutos tiernos lo cual provoca una cicatriz en los mismos que tiende a provocar su curvatura.

Debido a que al implementar el cultivo en hidroponía fue posible controlar los problemas que en campo provocan la curvatura de los frutos, no hubo porcentaje de ejote descartado para fines de exportación a causa de esta variable.

### 6.5.2 Largo del ejote

Esta variable se obtuvo por medio de la sumatoria del peso de los frutos obtenidos en los diferentes cortes realizados en cada repetición de los tratamientos, que no cumplen con los requisitos de calidad que el mercado externo exige. En específico lo referente al rango aceptado de largo, el cual va de 12 cm a 15 cm.

#### CUADRO 12

Análisis de varianza para ejote de largo fuera del rango requerido por el mercado externo (kg/ha), de la evaluación del cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2014

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
<b>Modelo</b>	1 095,68	8	136, 96	0, 27	0, 969
<b>Variedad</b>	79,99	2	39, 99	0, 08	0, 9233
<b>Solución</b>	717,52	2	358, 76	0, 72	0, 4969
<b>Variedad-Solución</b>	298,17	4	74, 54	0, 15	0, 9618
<b>Error</b>	13 495,22	27	499, 82		
<b>Total</b>	14 590,9	35			

Fuente: Investigación de campo, noviembre 2014

De acuerdo al análisis de varianza (con un alfa de 0,05) no existe diferencia significativa de rendimiento entre las soluciones evaluadas con un p-valor de 0,49, de la misma manera no existe diferencia significativa entre las variedades de ejote francés (0,92), y por lo tanto no existe en la interacción de las variedades con las soluciones (0,96).

El largo del ejote que exige el mercado externo se encuentra entre el rango de los 12 cm como el mínimo y de 15 cm como el máximo. Los ejotes descartados por esta variable, fue debido a una longitud menor a los 12 cm, esto es atribuible a la pérdida de la capacidad de la planta para traslocar los nutrientes, dentro de la misma y poder nutrir los frutos en la parte terminal de las inflorescencias, es decir los más alejados del tallo.

**CUADRO 13**

Ejote de largo fuera del rango requerido por el mercado externo (% de ejotes inferiores a 12 cm) en los tratamientos y repeticiones, por cada corte, de la evaluación del cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris L.*) en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2014

Fecha de corte	22/9	27/9	30/9	4/10	7/10	11/10	17/10	20/10	24/10	28/10
V1S1	0,00	0,00	0,00	9,19	10,72	12,63	16,55	7,15	15,32	12,93
V2S1	0,00	0,00	0,00	11,39	6,92	13,64	4,13	4,77	9,57	17,01
V3S1	0,00	0,25	0,00	22,79	9,91	3,92	19,08	15,14	7,13	14,33
V1S2	0,00	0,09	0,00	12,16	11,18	25,64	19,20	10,88	21,21	15,53
V2S2	0,00	0,13	0,00	10,28	11,81	4,41	8,12	1,11	9,56	14,95
V3S2	0,00	0,00	0,00	12,78	12,38	19,67	10,86	13,76	6,73	7,18
V1S3	0,00	0,10	1,04	19,28	18,76	7,12	5,42	2,31	8,01	9,91
V2S3	0,00	0,25	0,20	27,37	9,93	16,69	3,33	3,55	14,52	16,53
V3S3	0,00	0,00	0,00	16,78	10,95	13,53	20,87	25,70	8,80	10,19
<b>Promedio corte</b>	0	0,09	0,14	15,78	11,39	13,03	11,95	9,37	11,21	13,17

Fuente: Investigación de campo, noviembre 2014

Tal como lo muestra la tabla anterior, el porcentaje de frutos cortos en cada corte, se encuentra directamente relacionada con el tiempo que tienen las plantas de estar en su fase productiva, ya que en los primeros tres cortes, el porcentaje más alto de ejotes cortos fue de 0,14 %. A partir del cuarto corte el porcentaje de ejote corto se incrementó, su valor máximo fue al cuarto corte donde se obtuvo un porcentaje promedio de 15,78 %. Esto se atribuye a que la inflorescencia en el cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris L.*) es del tipo racimosa, es decir que madura de abajo hacia arriba, lo que provoca que los frutos que maduran por último en las inflorescencias no tengan suficiente provisión de fotoasimilados, lo que resulta en baja de la calidad de los frutos. Las exportadoras aceptan un rango menor del 15 % de ejote que no cumple con las cualidades de exportación, sin afectar el pago. Por lo cual, a partir del cuarto corte el porcentaje de ejote rechazado fue menor al 1 %.

### **6.5.3 Grosor del ejote**

En esta variable se debía de medir el porcentaje en peso, de ejote cosechado, que no cumplía con los rangos de grosor del ejote requeridos por el mercado externo, es decir, que presentara una dimensión fuera de los 3 mm a 5 mm de diámetro. Sin embargo a lo largo de la evaluación, no se obtuvo ningún porcentaje de ejotes con diámetros inadecuados.

Las causas de la producción de altos porcentajes de ejote con un diámetro inadecuado se debe a diversos factores, los principales son: frutos no cosechados en el momento adecuado, lo que provoca que los granos de frijol se empiecen a desarrollar, cuando la cosecha se realiza a destiempo provocando un incremento excesivo en el diámetro; asimismo cuando los frutos son cosechados antes de llegar a su punto de madurez se obtienen frutos inferiores a las dimensiones requeridas.

Entre las ventajas de la implementación del cultivo en hidroponía se encuentra que la siembra fue realizada en estructuras que se ubicaron a 0,5 m del suelo, lo que facilitó el proceso de cosecha en el cultivo. El cual incrementó la cantidad de producto cosechado por jornal y mejoró la visibilidad para el cosechador, por lo que se cosechaba la totalidad del producto que ya presentaba el estado correcto de madurez. Característica más difícil de lograr en campo, ya que al encontrarse el cultivo a nivel del suelo, dificulta más observar los frutos.

### **6.5.4 Presencia de manchas y daños provocados por insectos en el ejote**

En esta variable se debía de medir el porcentaje en peso, de ejote cosechado, que presentaba manchas o algún daño provocado

por insecto. Sin embargo a lo largo de la evaluación, no se obtuvo ejotes con problemas de manchas o daños causados por insectos.

En condiciones de campo abierto los altos porcentajes de ejote de mala calidad provocado por manchas o daños realizados por insectos. Es un problema serio que reduce significativamente los ingresos obtenidos en el cultivo.

En condiciones de hidroponía se tiene la ventaja de desarrollar el cultivo en un medio parcialmente aislado de su entorno. Por lo que permite reducir e incluso eliminar, los problemas provocados por plagas insectiles, al restringir el ingreso de los insectos. En el caso de las manchas provocadas en los frutos por problemas de origen fungoso y/o bacteriano, también son solventados, al no exponer los frutos a humedad excesiva provocada comúnmente por la exposición del cultivo a la lluvia.

No hubo presencia de plagas y enfermedades que desmerecieran la calidad del fruto, lo que además le da un valor agregado al cultivo al no usar plaguicidas. Por lo que se reduce la presencia de los mismos en el cultivo y se cuida el ambiente.

#### **6.5.5 Peso de 100 vainas**

Esta variable se obtuvo por medio del conteo de 100 frutos obtenidos por cada repetición, en cada corte y el peso de los mismos. Finalmente se realizó un promedio de todos los cortes realizados en cada repetición. Datos que se procedieron a analizar mediante el análisis de varianza.

**CUADRO 14**

Peso en gramos por 100 vainas, en los tratamientos y repeticiones, de la evaluación del cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris L.*) en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2 014

Variedad	Solución	Repeticiones				Promedios
		I	II	III	IV	
Claudine	H.y.A	308, 59	317, 06	298, 50	287, 67	302, 95
Auni	H.y.A	305, 76	327, 15	302, 45	307, 10	310, 61
4X4	H.y.A	291, 25	294, 68	282, 44	303, 01	292, 84
Claudine	Chapingo	306, 77	308, 78	294, 41	313, 54	305, 87
Auni	Chapingo	307, 93	312, 96	314, 52	314, 28	312, 42
4X4	Chapingo	301, 64	313, 28	318, 37	310, 75	311, 00
Claudine	CIAT	301, 46	314, 48	302, 97	357, 15	319, 01
Auni	CIAT	309, 40	313, 39	331, 29	319, 61	318, 42
4X4	CIAT	306, 81	303, 12	299, 25	283, 69	298, 21

Fuente: Investigación de campo, noviembre 2014

En el cuadro anterior se puede observar los resultados obtenidos para los tratamientos en estudio. Se detalla el rendimiento que se obtuvo en cada una de las repeticiones por tratamiento, cuatro en total, así como las medias del peso de 100 ejotes.

**CUADRO 15**

Análisis de varianza para peso (g) de 100 vainas, de la evaluación del cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris L.*) en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2 014

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
<b>Modelo</b>	2 483, 33	8	310, 42	2, 06	0, 0773
<b>Variedad</b>	1 067, 34	2	533, 67	3, 53	0, 0433
<b>Solución</b>	630, 78	2	315, 39	2, 09	0, 1434
<b>Variedad-Solución</b>	785, 21	4	196, 30	1, 30	0, 2949
<b>Error</b>	4 076, 6	27	150, 99		
<b>Total</b>	6 559, 93	35			

Fuente: Investigación de campo, noviembre 2 014

De acuerdo al análisis de varianza (con un alfa de 0,05) existe diferencia significativa en el peso de 100 ejotes entre las variedades evaluadas (0,04), mientras que no existe diferencia significativa entre las soluciones (0,14), así como en la interacción de las variedades con las soluciones (0,29).

La prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5 %, fue llevada a cabo en el peso de 100 ejotes, debido a las diferencias significativas reportadas en las variedades.

### CUADRO 16

Prueba de Tukey para las variedades y su peso por 100 ejotes (g/100 vainas), de la evaluación del cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris L.*) en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2 014

Variedad	Medias	N	E.E.		
<b>Auni</b>	313, 82	12	3, 55	A	
<b>Claudine</b>	309, 28	12	3, 55	A	B
<b>4X4</b>	300, 69	12	3, 55		B
Alfa=0,05; DMS=12,43774					
Error: 150,9853; gl: 27					

Fuente: Investigación de campo Noviembre 2014

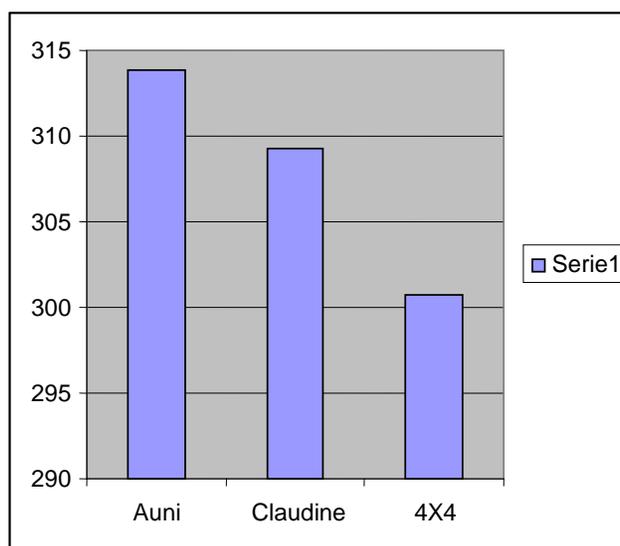
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

La diferencia mínima significativa (DMS) de 12,43 para el análisis de variedades, establece que si existe diferencia significativa entre la variedad Auni con respecto a la variedad 4X4, al mostrarse significativamente superior. En el caso de las variedades Auni y Claudine, con respecto a 4X4 no existe diferencia significativa entre sus medias que permita atribuirle la mejora en el peso de las vainas a la variedad.

El resultado obtenido con la variedad Auni explica en gran parte el buen desempeño de esta, en la variable rendimiento. Ya que además de presentar una excelente floración y rebrote de yemas. Esta variedad presenta el mayor peso por ejote entre las tres evaluadas, siendo significativamente mayor a la variedad 4X4.<sup>78</sup>

### GRÁFICA 5

Variedades y el peso de 100 ejotes en gramos, de la evaluación del cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2 014



Fuente: Investigación de campo, noviembre 2 014

La gráfica viene a enriquecer la información obtenida en la prueba de Tukey, en esta se hace evidente que la variedad Auni con un promedio de 313,82 g, supera ampliamente a la variedad 4X4 con un promedio de 300,69 g en base a las medias pero sin diferencia significativa atribuible a la variedad, Claudine con un promedio de 309,28 g, ocupa el segundo puesto.

La variedad Auni fue la que obtuvo mayor peso por ejote, debido a que es una variedad que se caracteriza por ser altamente

<sup>78</sup>Cultivo de Ejote Frances. <http://www.Agrosemillasa.com.gt> (19 de Noviembre de 2 014)

productiva, esto dio como resultado una gran cantidad de frutos de excelentes características, y un alto peso sin salirse de los rangos requeridos por el mercado externo. Esto provee la ventaja de brindar al productor una mayor rentabilidad en el cultivo. Ya que el incremento en peso de los ejotes cosechados repercute positivamente, lo que incrementa los ingresos obtenidos.<sup>79</sup>

## 6.6 Variables relacionadas

### 6.6.1 Identificación de plagas y enfermedades

Durante el desarrollo del cultivo se monitoreo la presencia de plagas y enfermedades, por medio de la observación directa, así como el paso de la red entomológica, por sobre las repeticiones a razón de dos veces por semana. Asimismo se ubicaron seis trampas amarillas y seis azules dentro del invernadero.

Durante el desarrollo de la evaluación no se observaron manchas foliares que se pudieran atribuir a algún patógeno. En relación a los insectos no se manifestó presencia de éstos por medio de observaciones del follaje, ni utilización de la red entomológica. Únicamente durante las últimas dos semanas del cultivo se observó escasa presencia de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y trips (*Trips spp.*). En promedio de 3 a 5 por trampa. Lo que no afectó en el desarrollo del cultivo por lo que no se implementó ningún tipo de control.

Al establecer el cultivo en condiciones parcialmente controladas por medio de la hidroponía, le proporcionó al mismo la ventaja de poder desarrollarse en un medio aislado de insectos que afecten al cultivo. El motivo de que se haya manifestado presencia

---

<sup>79</sup>Cultivo de Ejote Francés.[http://: www.Agrosemillasa.com.gt](http://www.Agrosemillasa.com.gt) (19 de Noviembre de 2014)

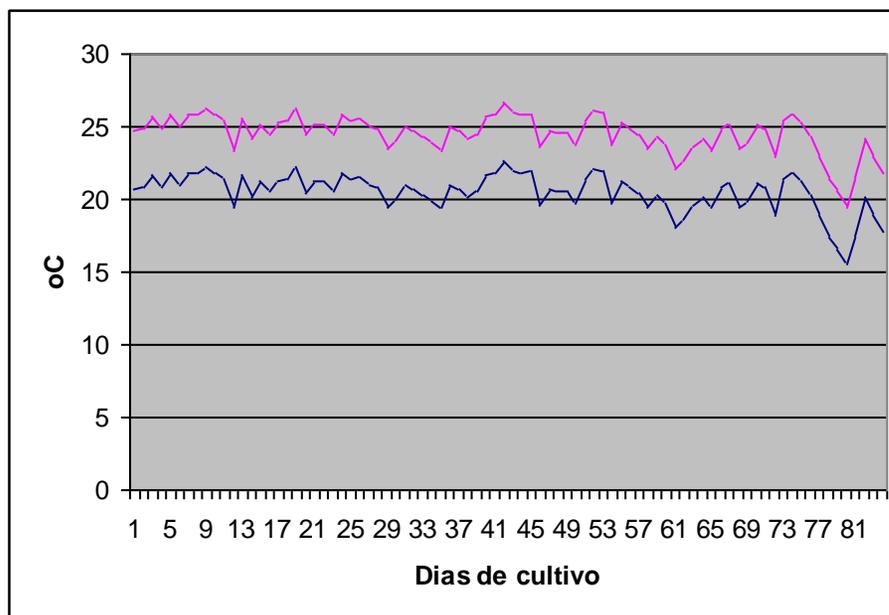
de trips y mosca blanca durante las últimas semanas del cultivo, se puede atribuir al ingreso de dichos insectos al momento de ingresar el personal al invernadero, ya que las trampas se encontraban perpendiculares con respecto a la entrada del invernadero, lo que provocó que los insectos fueran atraídos a éstas.

En el caso de la ausencia de manchas foliares en el cultivo se puede atribuir a que al estar el cultivo bajo techo plástico, este le protegió de la lluvia lo que evitó la humedad excesiva en el follaje. Asimismo al contar con un buen sistema de ventilación por medio de cortinas de agryl, permitió que la humedad relativa no se elevara demasiado; lo que no favoreció el desarrollo de patógenos.

#### **6.6.2 Variables climáticas**

Se obtuvieron los datos de la estación meteorológica del INSIVUMEH localizada en Cobán, Alta Verapaz. A fin de relacionarlas con tres lecturas tomadas dentro del invernadero los días 41, 45 y 47 después de la siembra; siendo estas 22 °C, 22 °C y 21 °C respectivamente; y así obtener un estimado del comportamiento del mismo con relación al medio externo.

**GRÁFICA 6**  
Temperatura agosto-octubre



Fuente: Investigación de campo, noviembre 2014

Fecha de siembra: 9 de Agosto de 2014

Se puede observar en la gráfica como la temperatura del invernadero se mantuvo en promedio 4 °C por encima del exterior; esto es debido al incremento de la temperatura asociado al invernadero. Asimismo cabe resaltar que además del incremento de la temperatura que le confiere el invernadero, también presenta la ventaja de tener una mayor homogeneidad en la temperatura por lo que no presento cambios bruscos, lo que favorece el desarrollo del cultivo.



## VII. ANÁLISIS ECONÓMICO

El objetivo fundamental que se persiguió con este proyecto productivo fue obtener el mayor rendimiento, con el menor costo posible, en el caso particular del cultivo de ejote francés, se requiere un producto de alta calidad que cumpla con las características que el mercado externo exige.

Debido a ello las mejoras tecnológicas relacionadas con la implementación del cultivo, repercuten positivamente al garantizar la obtención de un producto de alta calidad al brindar un ambiente que permita un mayor control, da la posibilidad de obtenerlo con un menor uso de pesticidas, lo que reduce costos y proporciona un mejor cuidado del ambiente.

Para el análisis de costos de producción en cada uno de los tratamientos se procedió al análisis de los costos fijos y variables. Como una herramienta para determinar cuál de los tratamientos había resultado más provechoso, económicamente hablando.

En el cuadro a continuación se presentan los costos variables asociados a la utilización de cada material de ejote francés con cada solución.

**CUADRO 17**

Costos variables (quetzales por hectárea) en la evaluación del cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris L.*) en condiciones de hidroponía, año 2 014

<b>Tratamiento</b>	<b>Costos Variables (Q)</b>
H. y A.-Claudine	69 209, 53714
H. y A.-Auni	67 509, 41714
H. y A.-4X4	66 010, 01714
Chapingo-Claudine	64 498, 38429
Chapingo-Auni	62 498, 38429
Chapingo-4X4	62 498, 38429
Ciat-Claudine	60 726, 31768
Ciat-Auni	58 651, 34768
Ciat-4X4	56 777, 09768

Fuente: Investigación de campo, noviembre 2 014

Una vez obtenidos estos datos se relacionaron con el rendimiento experimental, a fin de determinar cuál de los tratamientos había brindado el mejor resultado.

Para determinar el ingreso bruto se procedió a multiplicar el rendimiento bruto de cada tratamiento por el precio de la cotización (precio de agroexportadora al momento de comercialización) de ejote francés. El precio se encontraba a Q 410,00 por quintal, menos las deducciones de impuestos, que en este caso es el ISR al 5 %.

Los costos variables se encuentran directamente relacionados con la compra de semilla de ejote francés de cada variedad, el valor de las diferentes sales requeridas por cada una de las soluciones hidropónicas y la cosecha en cada tratamiento.

El ingreso neto se obtiene al restar al beneficio bruto los costos relacionados a la producción, así como las deducciones de impuestos.

**CUADRO 18**

Rendimiento medio (kg/ha), ingreso bruto (Q), costos variables (Q), ingreso neto (Q) y rentabilidad (%) para el análisis económico en la evaluación del cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris L.*) en condiciones de hidroponía, año 2014

Tratamiento	H. y A.- Claudine	H. y A. -Auni	H.y A. - 4X4	Chapingo- Claudine	Chapingo- Auni
<b>Rendimiento</b>	27 205, 56	29 106, 56	22 097, 44	24 530, 33	25 408, 44
<b>Ingreso bruto</b>	247 205, 97	256 584, 52	196 151,33	226 139, 88	225 199, 17
<b>Costos variables</b>	69 209, 54	67 509, 42	66 010, 02	64 498, 38	62 498, 38
<b>Ingreso neto</b>	135 880, 18	146 489, 92	90 577, 79	120 578, 54	121 684, 87
<b>Rentabilidad (%)</b>	37, 30	50, 61	-5, 42	27, 93	31, 90
Tratamiento	Chapingo-4X4	Ciat- Claudine	Ciat-Auni	Ciat-4X4	
<b>Rendimiento</b>	25 059, 08	23 589, 28	26 594, 98	21 398, 73	
<b>Ingreso bruto</b>	223 773, 86	229 874, 19	224 942,61	149 486, 64	
<b>Costos variables</b>	62 498, 38	60 726, 32	58 651, 35	56 777, 10	
<b>Ingreso neto</b>	120 330, 83	127 898, 21	125 288,18	55 479, 25	
<b>Rentabilidad (%)</b>	30, 43	41, 35	41, 72	-35, 89	

Fuente: Investigación de campo, noviembre 2014

De acuerdo al análisis anterior, se puede observar que el uso de un material de alto rendimiento es fundamental para obtener un buen ingreso. Ya que de lo contrario a pesar de brindar buenas condiciones al cultivo por medio de la técnica hidropónica, el cultivo no rendirá lo suficiente para recuperar el monto invertido, tal como se dio en dos interacciones con el material 4X4, como lo fueron con la solución Hoagland y Arnon y la solución CIAT.

En base a los resultados obtenidos, se recomienda la variedad Auni, implementada con la solución Hoagland y Arnon. Ya que esta interacción presentó el mayor porcentaje de rentabilidad dentro del análisis económico del cultivo.

Al implementar el cultivo de ejote francés en hidroponía, esta técnica le brinda ventajas al cultivo, de las que se puede mencionar:

- Mayor precocidad del cultivo, al reducir los días al primer corte.
- Incremento del rendimiento del cultivo.
- Reducción de los costos asociados al uso de plaguicidas.
- Facilita el proceso de cosecha en el cultivo.
- Minimiza los riesgos asociados a la pérdida o deterioro de la cosecha por condiciones climáticas desfavorables.
- Obtención de producto de calidad superior, al encontrarse libre de plaguicidas.

Asimismo la hidroponía acarrea consigo algunas desventajas en la implementación del cultivo, entre las que están:

- Costo alto al iniciar, por la implementación de las estructuras.
- Necesidad de tierras con pendientes moderadas, o bien construcción de estructuras especializadas en terrenos con alta pendiente.

## VIII. CONCLUSIONES

- a) La mejor expresión del rendimiento del cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris* L.), se obtuvo al aplicarle la solución de Hoagland y Arnon, a la variedad Auni, alcanzando un rendimiento de 29 106, 16 kg/ha. Por lo que se rechaza la hipótesis 1. El rendimiento alcanzado por el material Auni fue superior al reportado en condiciones de campo abierto, este se le atribuye al alto potencial genético de la variedad, la que mejora su rendimiento al incrementar el nivel de nutrientes en la solución.
- b) Al desarrollar el cultivo de ejote francés en condiciones de hidroponía, la calidad del fruto se ve afectada únicamente por el largo del ejote. Lo que dio lugar a un porcentaje de ejotes que no cumplen con el largo mínimo requerido por el mercado externo. Sin embargo al realizar la prueba de Tukey se determinó que no existen diferencias significativas entre variedades, ni entre soluciones. Por lo que se le atribuye a características propias de la inflorescencia del cultivo, que es del tipo racimosa.
- c) Al analizar las etapas fenológicas del cultivo en condiciones hidropónicas, se estableció que en términos generales el cultivo experimenta un aceleramiento de sus fases, lo que provoca una disminución en los días al primer corte, siendo 43 en el caso de la variedad Claudine y 44 en el caso de las variedades Auni y 4X4.
- d) Al brindarle al cultivo de ejote francés condiciones parcialmente controladas por medio de la técnica de hidroponía, se le permite expresar al máximo su potencial genético y realizar un control eficiente de plagas y

enfermedades, lo que provoca aumento en el rendimiento, reduce el uso de agroquímicos y disminuye a su vez la contaminación del ambiente.

- e) La interacción entre la variedad Auni y la solución Hoagland y Arnon, fue la que expresó la mayor rentabilidad, entre todos los tratamientos evaluados. Presentando una rentabilidad del 50,61 %, seguido por la interacción entre el material Auni con la solución CIAT, con una rentabilidad de 41,72 %.
  
- f) La solución Hoagland y Arnon fue estadísticamente superior a la solución CIAT, también supero a la solución Chapingo pero sin diferencia significativa. Únicamente la variedad 4X4 obtuvo los mejores resultados con la solución Chapingo. Por lo que se descarta parcialmente la hipótesis 1 que establece que la solución Chapingo daría mejores resultados en cuanto a rendimiento y calidad, por estar balanceada en base a las etapas fenológicas del cultivo.
  
- g) Las variedades Auni y Claudine brindaron los mejores resultados en las tres soluciones evaluadas, por lo que se acepta la hipótesis 2 planteada en esta investigación. Auni fue superior a Claudine, sin diferencia estadística significativa; razón por la que se acepta la hipótesis planteada, en la que se establece que las variedades Auni y Claudine al desarrollarse en condiciones de hidroponía, proporcionarían mejores resultados en cuanto a rendimiento y calidad del producto.

## IX. RECOMENDACIONES

- a) Utilizar la variedad Auni, con la solución Hoagland y Arnon para su implementación en hidroponía por su alto rendimiento y rentabilidad alcanzada en la presente evaluación.
- b) Evaluar la respuesta del material Auni en condiciones de hidroponía, al suministrarle una solución más rica en nutrientes que las evaluadas en esta investigación, para determinar si esto conlleva un incremento significativo en la producción y calidad del producto.
- c) Al realizar la implementación del cultivo de ejote francés en hidroponía en época en que las temperaturas son más elevadas (superiores a 30 °C), se recomienda contar con un invernadero con un buen sistema de ventilación para evitar el incremento excesivo de temperatura dentro del invernadero, lo que podría llevar al aborto de flores.
- d) Evaluar el comportamiento del cultivo en condiciones de hidroponía, durante otra época del año, debido a las variaciones de temperatura y humedad relativa.



## BIBLIOGRAFÍA

- Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo-USAID-. *Desarrollo agroindustrial de Guatemala*. <http://www.usaid.gov> ( 3 de mayo de 2 014).
- Antillon, LA. *Hidroponía*. <http://books.google.com.gt/> (8 de octubre de 2 013).
- Barbado, JL. *Hidroponia*. <http://books.google.com.gt/> (2 de octubre de 2 013).
- Calderon Saenz, F. *Solución nutritiva*. <http://www.drcalderonlabs.com> (5 de octubre de 2 013).
- . *Sustratos*. <http://www.drcalderonlabs.com> (15 de octubre de 2 013).
- . *Hidroponia*. <http://www.drcalderonlabs.com> (15 de octubre de 2 013).
- Figueroa, L. *Manual del manejo integrado de plagas y enfermedades del cultivo de fríjol ejotero*. Guatemala. Editorial Mag, 2 006.
- Fundación Soros. *Hidroponía*. <http://www.altiplano.uvg.edu.gt/> (8 de octubre de 2 013).
- Gamboa, W. *Producción agroecológica*. Universidad de Costa Rica. Editorial Universitaria, 2 012.
- García Esteva, A. Et. Al. *Rendimiento y asignación de materia seca en sistema hidropónico y suelo*. <http://books.google.com.gt/> (21 de octubre de 2 013).
- Gilsanz, JC. *Hidroponía*. <http://www.inia.org.uy/> (13 de octubre de 2 013).
- Hernández, G. Et. Al. *Efecto de las concentraciones de fosforo en tres genotipos*. [http://www.mag.go.cr/rev\\_meso/v07n01\\_080.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_meso/v07n01_080.pdf) (5 de octubre de 2 013).
- Hidroponia*. [http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichas\\_aapt/Hidroponia%20R%C3%Bastica.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichas_aapt/Hidroponia%20R%C3%Bastica.pdf) (7 de mayo de 2 014).

- Instituto Nacional de Tecnología Agrícola -INTA-. *Plan de manejo integrado de cultivos para el desarrollo tecnológico promovido por INTA, Base conceptual y elementos asociado*. Managua, Nicaragua: INTA., 2 005.
- Jaramiño Norella, J. *Impacto climático en los cultivos*. <http://www.larepublica.com> (8 de agosto de 2 014).
- Mora, L. *Sustratos para hidroponía*. [http://www.mag.go.cr/congreso\\_agronomico\\_i/a50-6907-III\\_095.pdf](http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_i/a50-6907-III_095.pdf) (10 de mayo de 2 014).
- Ruiz L. Et Al. *Requerimientos agroecológicos de los cultivos*. <http://www.inifap.cirpac.gob.mx/PotencialProductivo/Jalisco/Norte/RegionNorteReqAgroecologicos.pdf> (15 de mayo de 2 014).
- Ryan, BC. *Genotipo y fenotipo*. 2012. <http://www.slideshare.net/ryanbrancroft/genotipo-y-fenotipo-14807087> (15 de mayo de 2 015).
- Samperio Ruiz, G. *Un paso más en la hidroponía*. México: Editorial Diana, 2 009.
- Sanchez Garcia, P. *Hidroponía orgánica*. <http://www.itson.mx/> (8 de octubre de 2 013).
- Schaaart Lopez, G.A. *Sistematización de experiencias en ejote francés*. 2 012. <http://www.bibliotecausac.edu.gt>. (5 de mayo de 2 014).
- Yzarra Tito, WJ, Et. Al. *Manual de observaciones fenológicas*: Perú: Ministerio de Agricultura, 2 008.



V. P. B. Q.  
*[Handwritten signature]*

---

Adán García Véliz  
Licenciado en Pedagogía e Investigación Educativa  
Bibliotecario

## X. ANEXO

- **Codificación BBCH de los estadios fenológicos del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), Feller Et. Al. 1 995**

### **Código descripción**

#### **Estadio principal 0: Germinación**

- 00 Semilla, seca
- 01 Comienzo de la imbibición de la semilla
- 03 Imbibición de la semilla, terminada
- 05 La radícula (raíz embrional) sale de la semilla
- 07 El hipocotilo, con cotiledones rompiendo el tegumento seminal
- 08 El hipocotilo, con cotiledones crecen hacia la superficie del suelo
- 09 Emergencia: los cotiledones rompen la superficie del suelo

#### **Estado principal 1: Desarrollo de las hojas**

- 10 cotiledones, desplegados completamente
- 12 2 hojas enteras (1er. Par de hojas), desplegadas
- 13 3a hoja verdadera (1a hoja trifoliada), desplegada
- 1 Los estadios continúan hasta...
- 19 9 o más hojas (2 hojas enteras y 7 o más hojas trifoliadas), desplegadas

#### **Estadio principal 2: Formación de brotes laterales**

- 21 1er. Brote lateral, visible
- 22 2o brote lateral, visible
- 23 3er brote lateral, visible
- 2. Los estadios continúan hasta...

29 9 o más brotes laterales, visibles

### **Estadio principal 5: Aparición del órgano floral**

51 1os. Botones florales, visibles fuera de las hojas

55 1os. Botones florales, individuales, visibles fuera de las hojas, pero cerrados todavía

59 1os. Pétalos, visibles; muchos botones florales individuales, cerrados todavía

### **Estadio principal 6: Floración**

60 primeras flores abiertas (esporádicamente)

61 Comienzo de la floración: 10% de las flores abiertas 1, comienzo de la floración 2)

62 20% de las flores abiertas 1)

63 30% de las flores abiertas 1)

64 40% de las flores abiertas 1)

65 plena floración: 50 % de las flores abiertas 1)

Periodo de plena floración 1)

67 Floración decae: la mayoría de los pétalos, caídos o secos 1)

69 Fin de la Floración: primeras vainas, visibles 1)

### **Estadio principal 7: Formación del fruto**

71 El 10 % de las vainas alcanza la longitud típica 1)

Las vainas comienzan a crecer 2)

72 El 20 % de las vainas alcanza la longitud típica 1)

73 El 30 % de las vainas alcanza la longitud típica 1)

74 El 40 % de las vainas alcanza la longitud típica 1)

75 El 50 % de las vainas alcanza la longitud típica, las judías empiezan a Rellenarse 1)

Periodo principal de crecimiento de las vainas 2)

76 El 60 % de las vainas alcanza la longitud típica 1)

77 El 70 % de las vainas alcanza la longitud típica, las vainas aun rompen limpiamente 1)

78 El 80 % de las vainas alcanza la longitud típica 1)

79 Vainas: las judías son fácilmente visibles individualmente 1)

### **Estadio principal 8: Maduración de frutos y semillas**

81 El 10 % de las vainas, maduras (judías, duras) 1)

Las semillas comienzan a madurar 2)

82 El 20 % de las vainas, maduras (judías, duras) 1)

83 El 30 % de las vainas, maduras (judías, duras) 1)

84 El 40 % de las vainas, maduras (judías, duras) 1)

85 El 50 % de las vainas, maduras (judías, duras) 1)

Periodo principal de maduración 2)

86 El 60 % de las vainas, maduras (judías, duras) 1)

87 El 70 % de las vainas, maduras (judías, duras) 1)

88 El 80 % de las vainas, maduras (judías, duras) 1)

89 Madures completa: vainas, maduras (judías, duras) 1)

Las semillas comienzan a madurar 2)

### **Estadio principal 9: Senescencia**

97 Plantas, muertas

99 partes cosechadas

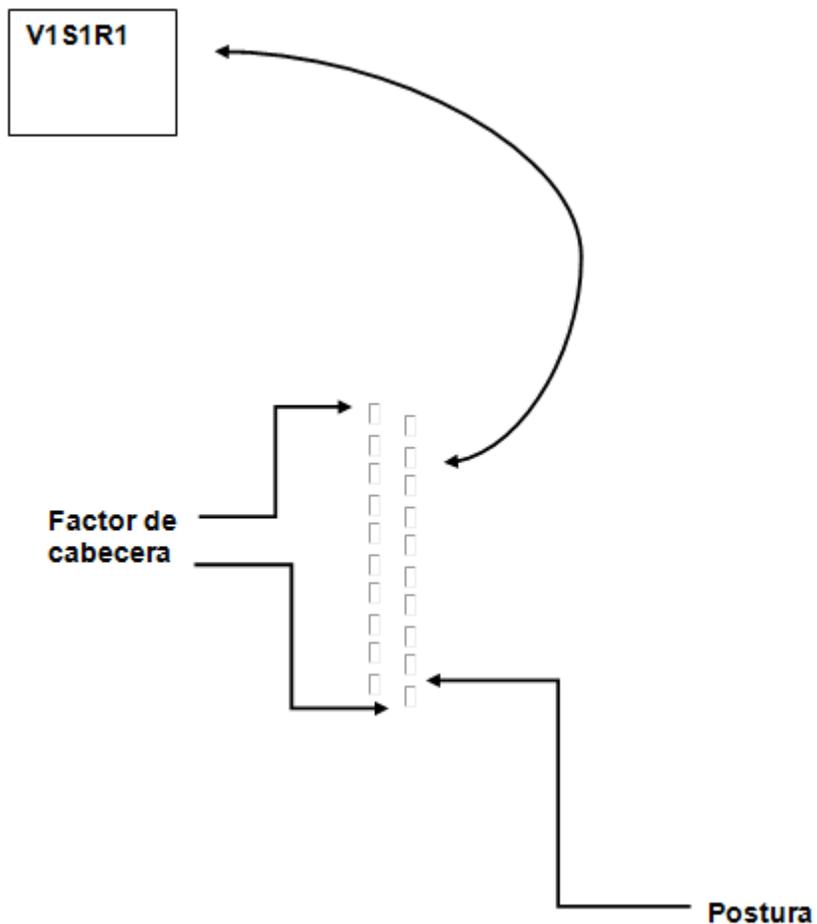
Nota:

1) Para variedad con un periodo de floración limitado

2) Para variedad en que el periodo de floración no es limitado

**GRÁFICA 7**

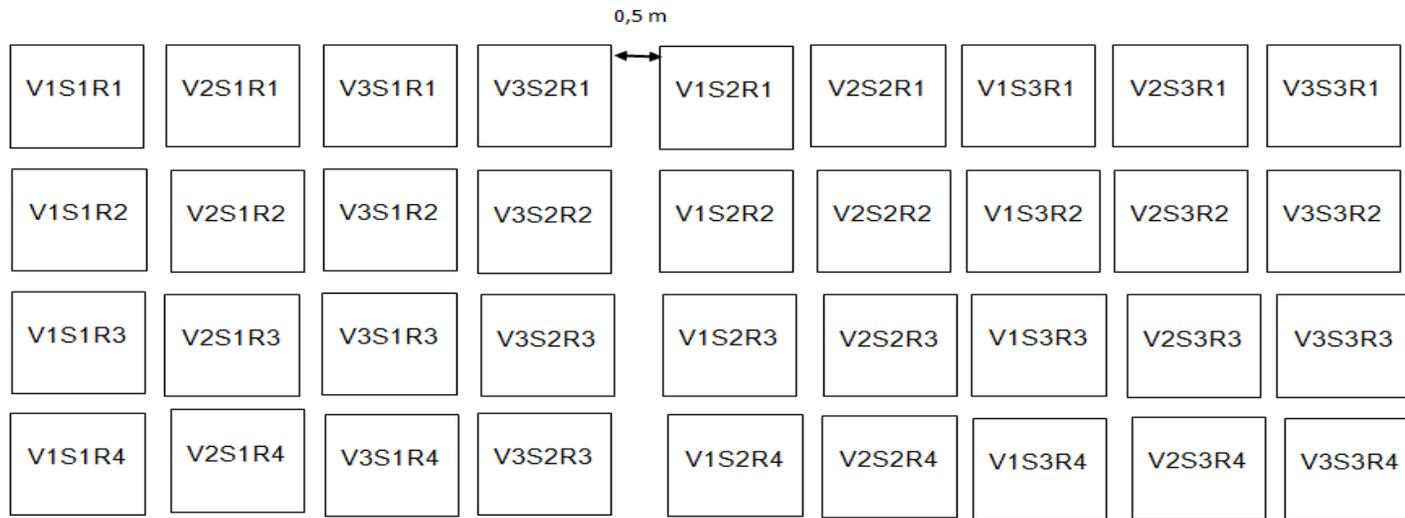
Esquema de una repetición, de la evaluación del cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris L.*) en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2 014



**Fuente:** Investigación de campo, noviembre 2 014

### GRÁFICA 8

Esquema de campo, de la evaluación del cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris L.*) en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2 014



Fuente: Investigación de campo, noviembre de 2 014

Disposición de las repeticiones en donde:

V1: Ejote francés variedad Claudine

V1: Ejote francés variedad Auni

V1: Ejote francés variedad 4X4

S1: Solución Hoagland y Arnon

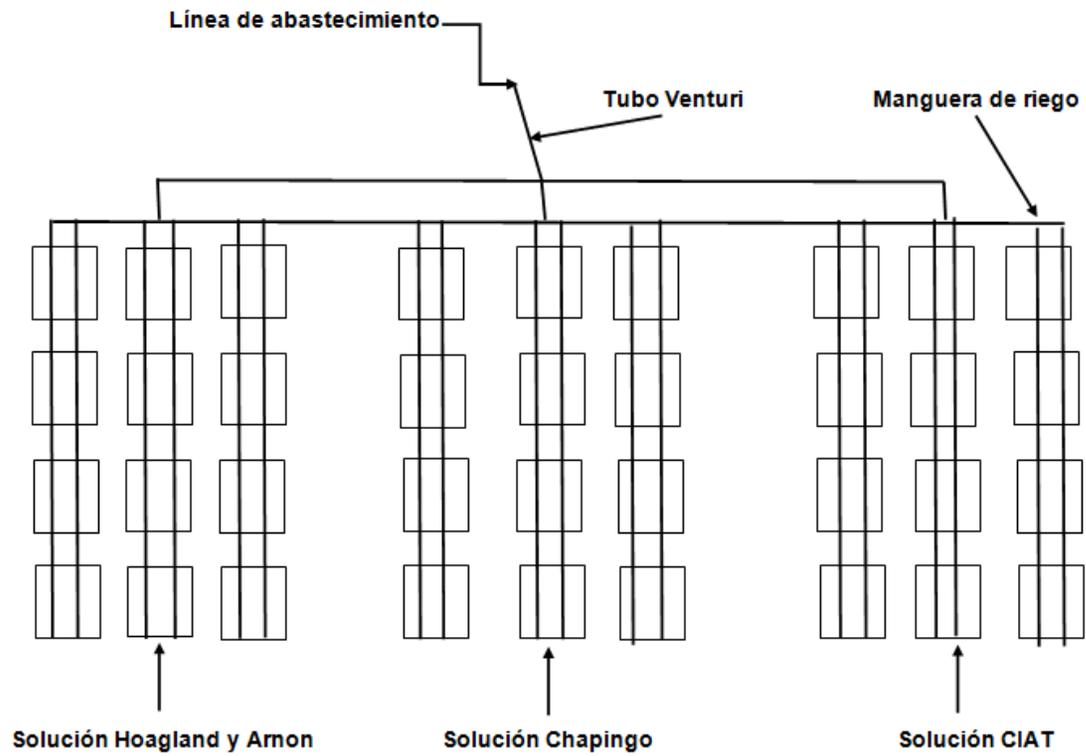
S1: Solución Chapingo

S1: Solución CIAT

Rn: Repetición número n

**GRÁFICA 9**

Sistema de riego, de la evaluación del cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris L.*) en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2 014



Fuente: Investigación de campo, noviembre de 2 014

**CUADRO 19**

Cronograma de actividades, de la evaluación del cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris L.*) en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2 014

Actividades		Julio				Agosto				Septiembre				Octubre			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1	<b>Construcción y elaboración de sistema</b>			X	X	X	X										
2	<b>Lavado de sustrato</b>			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	<b>Siembra de cultivo</b>						X										
4	<b>Riego con la solución nutritiva</b>						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	<b>Control de pH y Ce</b>						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6	<b>Cosecha</b>										X	X	X	X	X	X	X
7	<b>Recolección de datos</b>						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Fuente: Investigación de campo, noviembre de 2 014

- **Análisis Económico**

Costos fijos y variables de la producción por hectárea de la interacción de tres variedades con tres soluciones

**CUADRO 20**

Análisis económico solución Hoagland y Arnon con variedad Claudine, de la evaluación del cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris L.*) en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2 014

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario (Q)	Total (Q)
Costo directo				19 964,2
Invernadero				16 808,2
Estructura siembra				3156
Mano de obra	Jornal			14 019,3
Control solución	Jornal	29	74,9	2 174,1
Tutoreo	Jornal	13	74,9	974,6
Podas	Jornal	13	74,9	974,6
Cosecha	Jornal	81	74,9	6 072,5
Siembra	Jornal	12	74,9	899,6
Séptimos días	Jornal	39	74,9	2 923,8
Insumos y equipo				63 638,3
Semilla	lb	100,0	80	8 000
Solución	L	23 674,0	2,1	51 609,4
Fertilizante foliar	L	63	25	1 578,2
Equipo riego		2 083,3	0,71	1 479,1
Aspersora	Unidad	1	400,0	400
Pita	Rollo	11,4	50,0	571,4
Costo indirecto				1 343,5
Administración (5 % s/CD)				998,2
Cuota IGSS (6,67 % s/MO)				145,6
Imprevistos (1 % s/CD)				199,6
Costo total ha				98 965,4
Costo unitario (quintal)				410
Ingreso por venta: Q 410,00/qq		602,9	410	247 205,9
Ingreso neto				135 880,1
Rentabilidad (%)				37,3

Fuente: Investigación de campo, noviembre de 2 014

### CUADRO 21

Análisis económico solución Hoagland y Arnon con variedad Auni, de la evaluación del cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris L.*) en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2 014

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario (Q)	Total (Q)
Costo directo				19 964,2
Invernadero				16 808,2
Estructura siembra				3 156
Mano de obra	Jornal			14 319,2
Control solución	Jornal	29	74,9	2 174,1
Tutoreo	Jornal	13	74,9	974,6
Podas	Jornal	13	74,9	974,6
Cosecha	Jornal	85	74,9	6 372,4
Siembra	Jornal	12	74,9	899,6
Séptimos días	Jornal	39	74,9	2 923,8
Insumos y equipo				61 638,3
Semilla	lb	100,0	60,0	6 000,0
Solución	L	23 674,0	2,1	51 609,4
Fertilizante foliar	L	63,1	25,0	1 578,2
Equipo riego		2 083,3	0,71	1 479,1
Aspersora	Unidad	1	400,0	400,0
Pita	Rollo	11,4	50,0	571,4
Costo indirecto				1 343,5
Administración (5 % s/CD)				998,2
Cuota IGSS (6,67 % s/MO)				145,6
Imprevistos (1 % s/CD)				199,6
Costo total ha				97 265,3
Costo unitario (quintal)				410,0
Ingreso por venta: Q 410,00/qq		625,8	410,0	256 584,5
Ingreso neto				146 489,9
Rentabilidad (%)				50,6

Fuente: Investigación de campo, noviembre de 2 014

**CUADRO 22**

Análisis económico solución Hoagland y Arnon con variedad 4X4  
 , de la evaluación del cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris L.*)  
 en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2 014

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario (Q)	Total (Q)
Costo directo				19 964,2
Invernadero				16 808,2
Estructura siembra				315
Mano de obra	Jornal			12 819,8
Control solución	Jornal	29	74,9	2 174,1
Tutoreo	Jornal	13	74,9	974,6
Podas	Jornal	13	74,9	974,6
Cosecha	Jornal	65	74,9	7 873,0
Siembra	Jornal	12	74,9	899,6
Séptimos días	Jornal	39	74,9	2 923,8
Insumos y equipo				61 638,3
Semilla	lb	100,0	60,0	6 000,0
Solución	L	23 674,0	2,1	51 609,4
Fertilizante foliar	L	63,1	25,0	1 578,2
Equipo riego		2 083,3	0,71	1 479,1
Aspersora	Unidad	1	400,0	400,0
Pita	Rollo	11,4	50,0	571,4
Costo indirecto				1 343,5
Administración (5 % s/CD)				998,2
Cuota IGSS (6,67 % s/MO)				145,6
Imprevistos (1 % s/CD)				199,6
Costo total ha				95 765,9
Costo unitario (quintal)				410,0
Ingreso por venta: Q 410,00/qq		478,4	410,0	196 151,3
Ingreso neto				90 577,7
Rentabilidad (%)				-5,4

Fuente: Investigación de campo, noviembre de 2 014

**CUADRO 23**

Análisis económico solución Chapingo con variedad Claudine, de la evaluación del cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris L.*) en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2 014

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario (Q)	Total (Q)
Costo directo				19 964,2
Invernadero				16 808,2
Estructura siembra				3156
Mano de obra	Jornal			13 569,5
Control solución	Jornal	29	74,9	2 174,1
Tuturoo	Jornal	13	74,9	974,6
Podas	Jornal	13	74,9	974,6
Cosecha	Jornal	75	74,9	5 622,7
Siembra	Jornal	12	74,9	899,6
Séptimos días	Jornal	39	74,9	2 923,8
Insumos y equipo				59 377,0
Semilla	lb	100,0	60,0	8 000,0
Solución	L	23 674,0	2,0	47 348,1
Fertilizante foliar	L	63,1	25,0	1 578,2
Equipo riego		2 083,3	0,71	1 479,1
Aspersora	Unidad	1	400,0	400,0
Pita	Rollo	11,4	50,0	571,4
Costo indirecto				1 343,5
Administración (5 % s/CD)				998,2
Cuota IGSS (6,67 % s/MO)				145,6
Imprevistos (1 % s/CD)				199,6
Costo total ha				94 254,3
Costo unitario (quintal)				410,0
Ingreso por venta: Q 410,00/qq		551,5	410,0	226 139,8
Ingreso neto				120 578,5
Rentabilidad (%)				27,9

Fuente: Investigación de campo, noviembre de 2 014

**CUADRO 24**

Análisis económico solución Chapingo con variedad Auni , de la evaluación del cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris L.*) en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2 014

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario (Q)	Total (Q)
Costo directo				19 964,2
Invernadero				16 808,2
Estructura siembra				3156
Mano de obra	Jornal			13 569,5
Control solución	Jornal	29	74,9	2 174,1
Tutoreo	Jornal	13	74,9	974,6
Podas	Jornal	13	74,9	974,6
Cosecha	Jornal	75	74,9	5 622,7
Siembra	Jornal	12	74,9	899,6
Séptimos días	Jornal	39	74,9	2 923,8
Insumos y equipo				57 377,0
Semilla	lb	100,0	60,0	6 000,0
Solución	L	23 674,0	2,0	47 348,1
Fertilizante foliar	L	63,1	25,0	1 578,2
Equipo riego		2 083,3	0,71	1 479,1
Aspersora	Unidad	1	400,0	400,0
Pita	Rollo	11,4	50,0	571,4
Costo indirecto				1 343,5
Administración (5 % s/CD)				998,2
Cuota IGSS (6,67 % s/MO)				145,6
Imprevistos (1 % s/CD)				199,6
Costo total ha				92 254,3
Costo unitario (quintal)				410,0
Ingreso por venta: Q 410,00/qq		549,2	410,0	225 199,1
Ingreso neto				121 684,8
Rentabilidad (%)				31,9

Fuente: Investigación de campo, noviembre de 2 014

**CUADRO 25**

Análisis económico solución Chapingo con variedad 4X4, de la evaluación del cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris L.*) en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2 014

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario (Q)	Total (Q)
Costo directo				19 964,2
Invernadero				16 808,2
Estructura siembra				3156
Mano de obra	Jornal			13 569,5
Control solución	Jornal	29	74,9	2 174,1
Tutoreo	Jornal	13	74,9	974,6
Podas	Jornal	13	74,9	974,6
Cosecha	Jornal	75	74,9	5 622,7
Siembra	Jornal	12	74,9	899,6
Séptimos días	Jornal	39	74,9	2 923,8
Insumos y equipo				57 377,0
Semilla	lb	100,0	60,0	6 000,0
Solución	L	23 674,0	2,0	47 348,1
Fertilizante foliar	L	63,1	25,0	1 578,2
Equipo riego		2 083,3	0,71	1 479,1
Aspersora	Unidad	1	400,0	400,0
Pita	Rollo	11,4	50,0	571,4
Costo indirecto				1 343,5
Administración (5 % s/CD)				998,2
Cuota IGSS (6,67 % s/MO)				145,6
Imprevistos (1 % s/CD)				199,6
Costo total ha				92 254,3
Costo unitario (quintal)				410,0
Ingreso por venta: Q 410,00/qq		549,2	410,0	223 773,8
Ingreso neto				120 330,8
Rentabilidad (%)				30,4

Fuente: Investigación de campo, noviembre de 2 014

**CUADRO 26**

Análisis económico solución CIAT con variedad Claudine, de la evaluación del cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris L.*) en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2 014

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario (Q)	Total (Q)
Costo directo				19 964,2
Invernadero				16 808,2
Estructura siembra				3156
Mano de obra	Jornal			13 644,5
Control solución	Jornal	29	74,9	2 174,1
Tutoreo	Jornal	13	74,9	974,6
Podas	Jornal	13	74,9	974,6
Cosecha	Jornal	76	74,9	5 697,7
Siembra	Jornal	12	74,9	899,6
Séptimos días	Jornal	39	74,9	2 923,8
Insumos y equipo				55 529,9
Semilla	lb	100,0	80,0	8 000,0
Solución	L	41 429,6	1,0	43 501,1
Fertilizante foliar	L	63,1	25,0	1 578,2
Equipo riego		2 083,3	0,71	1 479,1
Aspersora	Unidad	1	400,0	400,0
Pita	Rollo	11,4	50,0	571,4
Costo indirecto				1 343,5
Administración (5 % s/CD)				998,2
Cuota IGSS (6,67 % s/MO)				145,6
Imprevistos (1 % s/CD)				199,6
Costo total ha				90 482,2
Costo unitario (quintal)				410,0
Ingreso por venta: Q 410,00/qq		560,6	410,0	229 874,1
Ingreso neto				127 898,2
Rentabilidad (%)				41,3

Fuente: Investigación de campo, noviembre de 2 014

**CUADRO 27**

Análisis económico solución CIAT con variedad Auni, de la evaluación del cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris L.*) en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2 014

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario (Q)	Total (Q)
Costo directo				19 964,2
Invernadero				16 808,2
Estructura siembra				315
Mano de obra	Jornal			13 569,5
Control solución	Jornal	29	74,9	2 174,1
Tutoreo	Jornal	13	74,9	974,6
Podas	Jornal	13	74,9	974,6
Cosecha	Jornal	75	74,9	5 622,7
Siembra	Jornal	12	74,9	899,6
Séptimos días	Jornal	39	74,9	2 923,8
Insumos y equipo				53 529,9
Semilla	lb	100,0	60,0	8 000,0
Solución	L	41 429,6	1,0	43 501,1
Fertilizante foliar	L	63,1	25,0	1 578,2
Equipo riego		2 083,3	0,71	1 479,1
Aspersora	Unidad	1	400,0	400,0
Pita	Rollo	11,4	50,0	571,4
Costo indirecto				1 343,5
Administración (5 % s/CD)				998,2
Cuota IGSS (6,67 % s/MO)				145,6
Imprevistos (1 % s/CD)				199,6
Costo total ha				88 407,3
Costo unitario (quintal)				410,0
Ingreso por venta: Q 410,00/qq		548,6	410,0	224 942,6
Ingreso neto				125 288,1
Rentabilidad (%)				41,7

Fuente: Investigación de campo, noviembre de 2 014

**CUADRO 28**

Análisis económico solución CIAT con variedad 4X4, de la evaluación del cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris L.*) en condiciones de hidroponía, San Pedro Carchá, A. V., año 2 014

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario (Q)	Total (Q)
Costo directo				19 964,2
Invernadero				16 808,2
Estructura siembra				3156
Mano de obra	Jornal			11 695,3
Control solución	Jornal	29	74,9	2 174,1
Tutoreo	Jornal	13	74,9	974,6
Podas	Jornal	13	74,9	974,6
Cosecha	Jornal	50	74,9	3 748,5
Siembra	Jornal	12	74,9	899,6
Séptimos días	Jornal	39	74,9	2 923,8
Insumos y equipo				53 529,9
Semilla	lb	100,0	60,0	6 000,0
Solución	L	41 429,6	1,0	43 501,1
Fertilizante foliar	L	63,1	25,0	1 578,2
Equipo riego		2 083,3	0,71	1 479,1
Aspersora	Unidad	1	400,0	400,0
Pita	Rollo	11,4	50,0	571,4
Costo indirecto				1 343,5
Administración (5 % s/CD)				998,2
Cuota IGSS (6,67 % s/MO)				145,6
Imprevistos (1 % s/CD)				199,6
Costo total ha				86 533,0
Costo unitario (quintal)				410,0
Ingreso por venta: Q 410,00/qq		364,6	410,0	149 486,6
Ingreso neto				55 479,2
Rentabilidad (%)				-35,8

Fuente: Investigación de campo, noviembre de 2 014



# CUNOR | CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

Universidad de San Carlos de Guatemala

El director del Centro Universitario del Norte de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer los dictámenes de la Comisión de Trabajos de Graduación de la carrera de:

## AGRONOMÍA

Al trabajo titulado:

### TESIS EVALUACIÓN DEL CULTIVO DE EJOTE FRANCÉS (*Phaseolus vulgaris L.*) EN CONDICIONES DE HIDROPONÍA

Presentado por el (la) estudiante:

**ESTUARDO JOSIMAR HERNÁNDEZ OLESINSKI**

Autoriza el

**IMPRIMASE**

Cobán Alta Verapaz 15 de Abril de 2016.

Lic. Erwin Gonzalo Eskenasy Morales  
DIRECTOR

