

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO  
UNIVERSITARIO DEL NORTE  
CARRERA DE TÉCNICO EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**



**PROYECTO PRODUCTIVO DE *PAK CHOI* (*BRASSICA CHINENSIS L.*)  
MEDIANTE HIDROPONÍA EN CONDICIONES DE INVERNADERO EN EL  
MUNICIPIO DE TACTIC, ALTA VERAPAZ**

**ELDER GONZALO SACUL SAQUIJ**

**COBÁN, ALTA VERAPAZ, AGOSTO DE 2018**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE  
CARRERA DE TÉCNICO EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**PROYECTO PRODUCTIVO DE *PAK CHOI* (*BRASSICA CHINENSIS L.*)  
MEDIANTE HIDROPONÍA EN CONDICIONES DE INVERNADERO EN EL  
MUNICIPIO DE TACTIC ALTA VERAPAZ**

**COMO REQUISITO A OPTAR AL TÍTULO DE  
TÉCNICO EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

**POR  
ELDER GONZALO SACUL SAQUIJ  
CARNÉ: 201445640**

**COBÁN, ALTA VERAPAZ, AGOSTO DE 2018**

## **AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

### **RECTOR MAGNÍFICO**

Ing. *MSc* Murphy Olympo Paiz Recinos

### **CONSEJO DIRECTIVO**

PRESIDENTE:	Lic. Zoot. Erwín Gonzalo Eskenasy Morales
SECRETARIA:	Lcda. T.S. Floricelda Chiquin Yoj
REPRESENTANTE DE DOCENTES:	Ing. Geól. César Fernando Monterroso Rey
REPRESENTANTE DE EGRESADOS:	Lic. Abg. Not. Edwin Alcides Barrios Sosa
REPRESENTANTES ESTUDIANTILES:	PEM. Disraely Dárin Manfredy Jom Hernández Br. Karla Vanessa Barrera Rivera

### **COORDINADOR ACADÉMICO**

Ing. Ind. Francisco David Ruíz Herrera

### **COORDINADORA DE LA CARRERA**

Inga. Agr. MC. Sandra Anabella Tello Coutiño

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

COORDINADOR:	Ing. Agr. <i>MSc</i> Edgar Armando Ruiz Cruz
SECRETARIA:	Ing. Agr. Lisbeth Johana Paredes Matta
VOCAL:	Ing. Agr. MC Sandra Anabella Tello Coutiño

### **REVISOR DE REDACCIÓN Y ESTILO**

Ingeniero Civil *MSc* Julio Enrique Reynosa Mejía

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

Ing. Agr. *MSc* Edgar Armando Ruiz Cruz

### **ASESORA**

Ing. Agr. Lisbeth Johana Paredes Matta



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

**CENTRO UNIVERSITARIO DEL  
NORTE – CUNOR –  
CARRERA AGRONOMÍA**  
Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz  
PBX 79 56 66 00 Ext. 208  
Finca Sachamach, Km. 110.5 Ruta Cobán, A.V.  
Guatemala, C. A.  
E-mail: [agrocunor@gmail.com](mailto:agrocunor@gmail.com)

Cobán, A.V., 16 de febrero de 2018.  
Ref. 15-A-050/2018.

Señores:  
Miembros de la Comisión de  
Trabajos de Graduación de  
Práctica Profesional Supervisada  
Carrera Agronomía  
CUNOR.

**Estimados señores:**

Me dirijo a ustedes para informarles que he revisado el trabajo de graduación titulado:  
**“Proyecto productivo de Pak Choi (*Brassica Chinensis L.*) mediante hidroponía en  
condiciones de invernadero en el municipio de Tactic, Alta Verapaz.”**

Al respecto como asesor puedo indicar que, a mi juicio, el informe reúne las calidades  
requeridas por la Carrera, por lo que recomiendo se le dé el trámite respectivo para ser  
aprobado como Informe Final de Práctica Profesional Supervisada, del estudiante **Elder  
Gonzalo Sacul Saquij.**

Atentamente,



*“Id y enseñad a todos”*

Inga. Agr. Lisbeth Johana Paredes Matta  
Asesor Principal

c.c. archivo



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

**CENTRO UNIVESITARIO DEL  
NORTE – CUNOR –  
CARRERA AGRONOMÍA**  
Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz  
PBX 79 56 66 00 Ext. 208  
Finca Sachamach, Km. 110.5 Ruta Cobán, A.V.  
Guatemala, C. A.  
E-mail: [agrocunor@gmail.com](mailto:agrocunor@gmail.com)

Cobán, A. V., 30 de abril de 2018.  
Ref. 15-A-083/2017

Señores:  
Miembros de la Comisión de  
Trabajos de Graduación de  
Práctica Profesional Supervisada  
Carrera Agronomía  
CUNOR.

Estimados señores:

Por este medio remito el Informe Final de Investigación de Práctica Profesional Supervisada titulado: **“Proyecto productivo de Pak Choi (*Braswsica Chinensis L.*) mediante hidroponía en condiciones de invernadero en el municipio de Tactic, Alta Verapaz.”**.

Dicho trabajo es presentado por el estudiante **Elder Gonzalo Sacul Saquij** y de acuerdo a mi opinión cumple con las sugerencias y/o correcciones formuladas por la Comisión de PPS, por lo que se solicita continuar con el trámite respectivo.

Atentamente,

  
Ing. Agr. Roberto Rafael Ordóñez Tello  
Revisor de Informes Finales Trabajos de Graduación a Nivel Técnico  
Carrera Agronomía  
CUNOR- USAC

*“Id y enseñad a todos”*

c.c. archivo



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

**CENTRO UNIVESITARIO DEL  
NORTE – CUNOR –  
CARRERA AGRONOMÍA**  
Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz  
PBX 79 56 66 00 Ext. 208  
Finca Sachamach, Km. 110.5 Ruta Cobán, A.V.  
Guatemala, C. A.  
E-mail: [agrocunor@gmail.com](mailto:agrocunor@gmail.com)

Cobán, A.V., 31 de mayo de 2018  
Ref. 15-A-142/2018

Señores:  
Miembros de la Comisión de  
Trabajos de Graduación de  
Práctica Profesional Supervisada  
Carrera Agronomía  
CUNOR.

Estimados señores:

Por este medio remito el Informe Final de Investigación de Práctica Profesional Supervisada titulado: **“Proyecto productivo de Pak Choi (*Brassica Chinensis L.*) mediante hidroponía en condiciones de invernadero en el municipio de Tactic, Alta Verapaz.”**

Dicho trabajo es presentado por el estudiante **Elder Gonzalo Sacul Saquij** y de acuerdo a mi opinión cumple satisfactoriamente con las normas de redacción y estilo; por lo que se solicita continuar con el trámite respectivo.

Atentamente



*“Id y enseñad a todos”*

Ing. Civil MSc. Julio Enrique Reynosa Mejía  
Revisor de Redacción y Estilo  
Informes Finales Trabajos de Graduación a Nivel Técnico  
Carrera Agronomía –CUNOR–

c.c. archivo



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

**CENTRO UNIVESITARIO DEL  
NORTE – CUNOR –  
CARRERA AGRONOMÍA**

Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz  
PBX 79 56 66 00 Ext. 208

Finca Sachamach, Km. 110.5 Ruta Cobán, A.V.  
Guatemala, C. A.

E-mail: [agrocunor@gmail.com](mailto:agrocunor@gmail.com)

Cobán, A.V., 06 de agosto de 2018  
Ref. 15-A-143/2018

**Licenciado Zootecnista:**  
**Erwin Gonzalo Eskenasy Morales**  
**Director del Centro Universitario del Norte,**  
**CUNOR - USAC**

Señor director:  
Saludos cordiales

Adjunto remito el Trabajo de Graduación del Informe de Práctica Profesional Supervisada titulado **“Proyecto productivo de Pak Choi (*Brassica chinensis L.*) mediante hidroponía en condiciones de invernadero en el municipio de Tactic, Alta Verapaz.”**

Dicho trabajo es presentado por estudiante **Elder Gonzalo Sacul Saquij** y de acuerdo a la opinión de las diferentes comisiones responsables de su revisión y del suscrito, cumple con los requisitos para ser aceptado como tesis de pre-grado; por lo que solicito se le dé el trámite correspondiente a fin de que el estudiante Sacul Saquij, pueda someterse al examen para optar al título de Técnico en Producción Agrícola.

Atentamente,



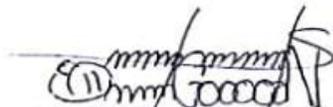
*“Id y enseñad a todos”*

Ing. Agr. MSc. Edgar Armando Ruiz Cruz  
Coordinador Comisión de Trabajos de Graduación a Nivel Técnico  
Carrera de Agronomía  
CUNOR- USAC

c.c. archivo

## HONORABLE COMITÉ EXAMINADOR

En el cumplimiento a lo establecido por el estatus de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a consideración de ustedes el trabajo de graduación titulado: PROYECTO PRDUCTIVO DE *PAK CHOI* (*BRASSICA CHINENSIS L.*) MEDIANTE HIDROPONÍA EN CONDICIONES DE INVERNADERO EN EL MUNICIPIO DE TACTIC, ALTA VERAPAZ, como requisito para optar al título profesional de Técnico en Producción Agrícola.



Elder Gonzalo Sacul Saquij  
/201445640

## **RESPONSABILIDAD**

"La responsabilidad del contenido de los trabajos de graduación es: Del estudiante que opta el título, del asesor, y del revisor; la Comisión de Redacción y Estilo de la 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** Por permitirme la vida y poder disfrutar esta meta alcanzada con las personas que quiero.
- Mis padres** Por su apoyo y amor incondicional, que a pesar de las adversidades han estado conmigo en todo momento. Les debo todo lo que soy.
- Mi Hermana** Keidy, por ser el motor que me impulsa cada día de mi vida.
- Mis Hermanos** Angel, Herberth por cada momento a su lado. Sean felices y cumplan todas sus metas.
- Mis amigos** Por compartir grandiosos momentos juntos y contar con su ayuda cuando más la necesité.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

### **Mi asesora**

Ing. Agr. Lisbeth Johana Paredes Matta por su disponibilidad y apoyo en el desarrollo de este trabajo de graduación.

### **Mis catedráticos**

Por compartirme sus conocimientos y con ello darme las herramientas necesarias para la realización de este trabajo.

### **Universidad de San Carlos de Guatemala**

Por ser mi casa de estudios y darme la oportunidad de desarrollarme profesionalmente.

### **Mi familia**

Por siempre apoyarme en los buenos y malos momentos.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
JUSTIFICACIÓN	5
OBJETIVOS	7
GENERAL	7
ESPECÍFICO	7
MARCO TEÓRICO	9
ANTECEDENTES	9

## CAPÍTULO 1

### REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1	Concepto de hidroponía	11
1.2.	Sustrato	11
1.3.	Características de un buen sustrato	11
1.4.	Sustrato piedra pómez	12
1.5.	Riego en cultivo hidropónico	12
1.6.	Luz	13
1.7.	Humedad	13
1.8.	Temperatura	13
1.9.	Ventajas y desventajas del sistema hidropónico	14
1.9.1	Ventajas	14
1.9.2	Desventajas	14
1.10.	Solución nutritiva para hidroponía	15
1.11.	Ventajas y desventajas con respecto a la agricultura tradicional	15
1.12.	Generalidades del cultivo de <i>Pak Choi</i> ( <i>Brassica chinensis</i> L.)	17
1.12.1	Origen	17
1.12.2	Características	17
1.12.3	Morfología y taxonomía	18
1.12.4	Planta	18
1.12.5	Sistema radicular	18
1.12.6	Tallo	19
1.12.7	Hojas	19
1.12.8	Flores	19
1.12.9	Clima y temperatura	20
1.12.10	Desarrollo fenológico	20

1.13. Prácticas culturales	21
1.13.1 Siembra	21
1.13.2 Riego	22
1.13.3 Fertilización	22
1.13.4 Plagas y enfermedades	22

## **CAPÍTULO 2**

### **MARCO REFERENCIAL**

2.1. Ubicación geográfica	23
2.2. Accesibilidad	23
2.3. Características ecológicas	23
2.4. Características climáticas	24

## **CAPÍTULO 3**

### **MARCO METODOLÓGICO**

3.1. Metodología	25
3.2. Instalaciones	25
3.3. Construcción de la estructura hidropónica	25
3.4. Sustrato	26
3.5. Riego y drenaje	26
3.6. Sombra	26
3.7. Ventilación	26
3.8. Solución nutritiva	27
3.9. Preparación de soluciones	27
3.10. Aplicación de la solución	28
3.11. Materiales para la implementación de cultivo hidropónico	28
3.12. Manejo agronómico	28
3.12.1 Producción de semillas	28
3.12.2 Semilleros	28
3.12.3 Trasplante	29
3.12.4 Riego	29
3.12.5 Lavado de sustrato	29
3.12.6 Control de plagas y enfermedades	29
3.12.7 Cosecha	30
3.12.8 Comercialización	30
3.13. Siembra, distanciamiento y número de plantas	30

## **CAPÍTULO 4**

4.1. Resultados	31
4.2. Presentación y discusión de resultados	33
4.3. Amortización del capital	35
4.3.1 Depreciación del invernadero	35
4.4. Costo de utilización del invernadero	36
4.5. Análisis del costo de la implementación del invernadero	36
4.5.1 Depreciación de la cama	37

4.5.2 Depreciación de la arena	37
4.5.3 Depreciación de los tubos <i>PVC</i>	37
4.6. Análisis del costo de la implementación del proyecto	38
4.7. Ingreso bruto	40
4.8. Análisis del ingreso bruto	41
CONCLUSIONES	43
RECOMENDACIONES	45
BIBLIOGRAFÍA	47
ANEXOS	49

## **ÍNDICE DE TABLAS**

1 Comparación entre siembra en suelo y sin suelo	16
2 Etapas fenológicas de <i>Pak Choi</i>	20
3 Gastos de la implementación del invernadero	35
4 Costo de la implementación del proyecto	39
5 Venta del producto	40



## LISTADO DE SIMBOLOS, ABREVIACIONES Y DIMENSIONALES DEL SI UTILIZADOS EN ESTE TRABAJO

<b>%</b>	por ciento
<b>°C</b>	grado centígrado
<b>°F</b>	Grado <i>Fahrenheit</i>
<b>d</b>	día
<b>g</b>	gramo
<b>GTM</b>	Guatemala <i>transversa Mercator</i>
<b>h</b>	hora
<b>kg</b>	kilogramo
<b>km</b>	kilómetro
<b>L</b>	litro
<b>m</b>	metro
<b>m<sup>2</sup></b>	metro cuadrado
<b>ml</b>	mililitro
<b><i>NFT</i></b>	<i>nutrient film technique</i>
<b>s/m</b>	<i>siemens</i> por metro

<b>pH</b>	potencial de hidrógeno
<b>ppm</b>	partes por millón
<b>PVC</b>	tubo plástico ( <i>Plastic vinyl construction</i> )
<b>Q</b>	quetzal
<b>Q/mes</b>	quetzal por mes
<b>Q/año</b>	quetzal por año

## RESUMEN

El proyecto consistió en la implementación del cultivo de *Pack Choi* (*Brassica chinensis L.*) mediante el método de hidroponía en condiciones de invernadero. Se utilizaron tubos *PVC* en el cual se colocó piedra pómez (sustrato). Se sembraron un total de 227 plantas a las cuales se les aplicó la solución nutritiva universal para su desarrollo, a cada planta se le aplicaron diariamente después del séptimo día del trasplante, 85 ml de solución.

Se construyó un invernadero de 68,75 m<sup>2</sup> en Tactic, A.V., en el cual se llevó a cabo el proyecto productivo. Los tubos *PVC* se colocaron en una cama construida a base de madera, se acoplaron un total de 9 tubos en la cama. Existió mucha necesidad de riego ya que en el invernadero se acumulaba demasiado calor, por lo tanto, se optó por regar durante la mañana y por la tarde, la cosecha se realizó a los 28 d después del trasplante, se produjeron un total de 217 plantas. Las plantas cosechadas que se obtuvieron fueron colocadas en bolsas de *nylon*, en cada bolsa se colocaron 3 unidades.

La comercialización se llevó a cabo en hoteles de la región, obteniéndose una rentabilidad del 70,79 %.

En base a los resultados obtenidos del proyecto el productor tiene información necesaria sobre el manejo y la producción en condiciones de invernadero de *Pack Choi*. Es pues una alternativa para producción debido a que se demostró que este es un cultivo de ciclo corto y que cuenta con mercado para llevar a cabo la comercialización.

Como conclusión general se puede afirmar que la hidroponía es un método de producción eficiente, debido a que se le da a cada planta la cantidad necesaria de nutrientes para que se desarrolle óptimamente. Además de haber realizado el proyecto en invernadero contribuyó a que el cultivo estuviera protegido del ataque de plagas y enfermedades. Es de recalcar que el tiempo de cosecha se redujo en 30 d con respecto a la siembra en suelo, con lo cual se demuestra la eficiencia de la hidroponía.

## INTRODUCCIÓN

El *Pak Choi* (*Brassica chinensis L.*) es una col china que se adapta bien a climas templados y fríos, en climas muy cálidos tiende a florecer rápidamente debido a esto es recomendable colocarlo bajo sombra o semi sombra. En la región de Alta Verapaz no existe información sobre el manejo agronómico de éste debido a que es un cultivo exótico. Por ello puede ser una buena alternativa de producción para productores locales ya que actualmente en Alta Verapaz no se cultiva.

La falta de información sobre el manejo agronómico de este cultivo es un problema agregado al producirla al aire libre, dado que no se sabe cómo se desarrollará. Por tanto, se debe optar por un método de siembra que garantice el completo desarrollo del *Pak Choi*. La producción de este cultivo se llevó a cabo mediante el método de la agricultura protegida con el fin de demostrar las ventajas de este método en comparación a la siembra tradicional.

Se utilizó el sistema de hidroponía bajo invernadero, se trabajó con ese sistema para observar el desarrollo óptimo de cultivo, y en base a ello obtener información significativa para futuros productores interesados en producir *Pak Choi*. Es necesario que los productores conozcan el manejo agronómico del cultivo y las condiciones adecuadas para su desarrollo y con ello intensificar su producción.



## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Alta Verapaz ha sufrido en los últimos años cambios drásticos en sus condiciones climáticas debido a diversos factores como la contaminación y la tala de árboles. Anteriormente en la región se contaba con lluvias frecuentes que favorecían la producción de diversos cultivos, pero últimamente los productores son testigos de cómo se presentan periodos más largos de sequía.

Aunado al cambio climático, la degradación de los suelos provocada por la erosión ha hecho que los suelos se vuelvan menos fértiles, afectando así la producción de los cultivos, entre otras causas antropogénicas.

Los factores anteriores son la causa principal que en la siembra a campo abierto se vean disminuidos los rendimientos de los cultivos ya que las plantas no cuentan con las condiciones óptimas para su máximo desarrollo. Por lo tanto, existe la necesidad de implementar métodos de siembra en las cuales se intensifique la producción, donde se permita cultivar todo el año, se posibilite sembrar fuera de temporada y sobre todo aumentar los rendimientos por unidad de superficie.



## JUSTIFICACIÓN

El cultivo de *Pak Choi* (*Brassica chinensis* L.) presenta una gran oportunidad para los productores de la región de Alta Verapaz ya que es un cultivo de fácil producción y de ciclo corto. Se considera como una col China, fuente de nutrientes importantes para los consumidores. Por ser de origen oriental, en la región es nula la información sobre el manejo agronómico para su producción. Razón por la cual es importante llevar a cabo el presente proyecto productivo, para generar información técnica para futuros productores que se interesen en el cultivo.

Para lograr el desarrollo ideal del cultivo de *Pak Choi* (*Brassica chinensis* L.) es necesario otorgar las condiciones adecuadas. Producirlo a campo abierto conlleva lidiar con problemas de clima y falta de nutrientes en el suelo. Debido a esto la implementación de la agricultura protegida mediante el método de hidroponía bajo invernadero para su producción es la ideal. Este sistema ayuda a que el cultivo se desarrolle de manera óptima ya que las condiciones climáticas están controladas, se tiene control para evitar el desarrollo de plagas y enfermedades y los nutrientes estarán completamente disponibles para la planta.

Otro factor de beneficio con este sistema es que se obtienen mayores cosechas, pues se aprovecha de mejor manera el espacio disponible para producirlo, que es el fin máximo de toda producción, obtener mayores rendimientos.



## OBJETIVOS

### GENERAL

Producir *Pak Choi* a través de la implementación de un sistema hidropónico mediante sustrato sólido en el municipio de Tactic, departamento de Alta Verapaz.

### ESPECÍFICOS

1. Determinar el rendimiento del cultivo de *Pak Choi* mediante condiciones hidropónicas
2. Obtener información sobre el manejo y comercialización del cultivo de *Pak Choi*
3. Identificar las ventajas de la producción en un sistema hidropónico mediante sustrato sólido
4. Proponer el cultivo de *Pak Choi* como una alternativa más para la producción de hortalizas en la región de Alta Verapaz



## MARCO TEÓRICO ANTECEDENTES

En el año 2000 Scibona Jorgelina<sup>1</sup>, indica que la siembra directa en el cultivo de *Pak Choi* tiende a superar a la siembra por trasplante en peso por planta y rendimiento por hectárea en condiciones de Partido de Luján, provincia de Buenos Aires en tres fechas de siembra y de tres distancias entre plantas 0,20 m, 0,30 m y 0,40 m.

En el año 2012 Dixon Herber, evaluó tres variedades genéticas de *Pak Choi* las cuales son *Mei Qing Choi*, *Joi Choi* y *San Fan* bajo los abonos orgánicos lombricompost y gallinaza en las condiciones del departamento de Sololá. Recomienda para la producción de *Pak Choi* (*Brassica chinensis* L.) el empleo del material genético *San Fan* y *Joi Choi* combinado con cualquiera de los dos abonos orgánicos (lombricompost y/o gallinaza).<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Scibona, Jorgelina. Evaluación del comportamiento y rendimiento del cultivo de Pak choi (*Brassica rapa* L. grupo *Chinensis*) en el área de Luján, en el período otoñal. <http://www.hort.unlu.edu.ar/sites/www.hort.unlu.edu.ar/files/site/Tesis%20Scibona.pdf> (26 de Marzo 2017)

<sup>2</sup> Dixon, H. Evaluación de tres materiales genéticos de Pak Choi *Brassica chinensis* (*Brassicaceae* *Brassica*), bajo dos abonos orgánicos, en dos localidades del departamento de Sololá. En dos localidades del departamento de Sololá. 2013 <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2013/06/14/Dixon-Herber.pdf> (13 de marzo de 2017).



## **CAPÍTULO 1**

### **REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

#### **1.1. Concepto de hidroponía**

Se define como la técnica agrícola que permite producir plantas sin emplear el suelo. Se incorporan los nutrientes mediante una solución nutritiva a través del riego.<sup>3</sup>

#### **1.2. Sustrato**

Un sustrato es un medio sólido e inerte, que protege y da soporte a la planta para el desarrollo de la raíz en las hortalizas y flores, permite que la solución nutritiva se encuentre disponible para su desarrollo.

#### **1.3. Características de un buen sustrato**

- a. Buena retención de humedad
- b. Capilaridad
- c. Capacidad de aireación en la raíz
- d. Estabilidad física
- e. Liviano
- f. Buen drenaje

---

<sup>3</sup> Cosechando natural del huerto a la sopa [https://www.cosechandonatural.com.mx/que\\_es\\_hidroponiaarticulo2.html](https://www.cosechandonatural.com.mx/que_es_hidroponiaarticulo2.html) ( 26 de Marzo 2017)

- g. Químicamente inerte
- h. Biológicamente inerte
- i. Disponibilidad
- j. Bajo costo<sup>4</sup>

#### 1.4. Sustrato arena piedra pómez

Es un material disponible en países con yacimientos volcánicos. Posee una retención de agua de un 38 %, tiene una buena estabilidad física y gran durabilidad y desde el punto de vista biológico es un material completamente libre de microorganismos, lo que le hace atractivo para el uso en cultivos muy delicados y susceptibles a agentes biológicos parasitarios como las flores.<sup>5</sup>

#### 1.5. Riego en el cultivo hidropónico

En hidroponía es necesario contar con un sistema riego por el cual las raíces de los cultivos reciben una solución nutritiva equilibrada disuelta en agua con todos los elementos químicos necesarios para el desarrollo de las plantas, las cuales pueden crecer directamente sobre la solución mineral, o bien en un sustrato o medio inerte.<sup>6</sup>

---

<sup>4</sup> Que es un sustrato. [http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main\\_page=page&id=31](http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=31) (26 de Marzo 2017)

<sup>5</sup> Mauricio Benavides. Conoce los tipos de sustrato para tu cultivo hidropónico. <http://www.ecosiglos.com/2013/07/tipos-de-sustratos-para-cultivo-hidroponico.html> (26 de Marzo 2017)

<sup>6</sup> *Riego hidropónico*. <http://www.novedades-agricolas.com/es/riego/sistemas-deriego/riego-hidroponico> (26 de Marzo 2017).

## 1.6. Luz

La luz solar está directamente relacionada con la temperatura en el medio ambiente, entonces, al tener días largos se tienen altas temperaturas y al carecer de ésta implica bajas temperaturas, lo que afecta el desarrollo de la planta por una deshidratación severa o quemaduras por bajas temperaturas; debido a estos parámetros se sabe que rangos de 20 °C a 25 °C la planta se desarrolla saludablemente.<sup>7</sup>

## 1.7. Humedad

Se recomienda manejar entre 60 % al 70 % de humedad relativa (vapor de agua presente en el medio en donde se tiene la planta), no se debe perder de vista la humedad en raíz sin importar cual técnica hidropónica se maneje ya sea sustrato o *NFT* ya que al no tener la humedad adecuada la raíz no toma los elementos que se encuentran solubles dando como resultado planta débiles.<sup>8</sup>

## 1.8. Temperatura

La temperatura juega un papel importante por eso se recomienda que estén en un rango 20 °C a 25°C ya que afecta directamente los valores de pH y electroconductividad por eso es ideal controlar el pH en un rango de 5,5 a 6,5 en el cual tiene los elementos solubles y asimilables algunas veces varía según la especie,

---

<sup>7</sup> Requerimientos básicos para la planta. [http://hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main\\_page=page&id=29](http://hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=29) (26 de Marzo 2017).

<sup>8</sup> Ibid

para la electro conductividad se recomienda un rango de 1,5 s/m a 3 s/m o de 750 ppm a 1 500 ppm.<sup>9</sup>

## **1.9. Ventajas y desventajas del sistema hidropónico**

### **1.9.1 Ventajas**

- a. Con este sistema se puede producir alimentos en zona áridas.
- b. Requiere de menor espacio superficial
- c. Producir alimento en condiciones de clima templado y frío
- d. No se usa maquinaria agrícola
- e. Mayor higiene de los cultivos
- f. Su riego no erosiona la tierra
- g. Producir en lugares donde el suelo es de mala calidad
- h. Producir hortalizas en las ciudades
- i. Producir flores y plantas ornamentales
- j. Para realizar investigaciones ecológicas

### **1.9.2 Desventajas**

- a. Requiere de cuidados especiales
- b. A nivel comercial el gasto inicial es relativamente alto
- c. Requiere un abastecimiento continuo de agua.<sup>10</sup>

---

<sup>9</sup> Requerimientos básicos para la planta. [http://hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main\\_page=page&id=29](http://hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=29) (26 de Marzo 2017).

<sup>10</sup> Cultivo hidropónico. <http://cultivohidroponicopucv.blogspot.com/2009/11/ventajasydesventajas-de-un-huerto.html> (26 de Marzo 2017).

### **1.10. Solución nutritiva para hidroponía**

Los nutrientes para las plantas cultivadas son suministrados en forma de soluciones nutritivas concentradas. Estas soluciones de nutrientes pueden ser preparadas por los propios hidrocultores cuando ya han adquirido suficiente experiencia en el manejo de los cultivos o cuando tienen áreas lo suficientemente grandes como para justificar una inversión en materias primas para su preparación.<sup>11</sup>

Las soluciones nutritivas concentradas, contienen todos los elementos químicos que las plantas necesitan para su desarrollo y adecuada producción de raíces, bulbos, tallos, hojas, flores, frutos o semillas.<sup>12</sup>

Si cualquiera de los elementos de las soluciones se agrega al medio en proporciones inadecuadas, estos elementos pueden ser tóxicos para la planta. En el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP) se preparan y venden a bajo costo a las personas interesadas en la hidroponía popular. Éstas también se han probado con muy buenos resultados en varios países de América Latina y el Caribe, con más de 30 especies de hortalizas y plantas ornamentales.<sup>13</sup>

### **1.11. Ventajas y desventajas con respecto a la agricultura tradicional**

La siembra en hidroponía al ser comparada con la siembra directa en suelo presenta varias ventajas en diferentes aspectos como: nutrición, espaciamiento, malezas y otros. Esto debido a que a través de esta técnica se trabaja bajo condiciones controladas.

---

<sup>11</sup> Castañeda, Francisco. *Manual técnico de hidropnia popular*. (En línea). 1997. Consultado 1 de Abril de 2017. Disponible en <http://bvssan.incap.org.gt/local/file/MDE104.pdf>.

<sup>12</sup> ibid

<sup>13</sup> ibid

**TABLA 1**  
**COMPARACIÓN ENTRE SIEMBRA EN SUELO**  
**Y SIN SUELO**

<b>Características esenciales</b>	<b>Sobre suelo</b>	<b>Sin suelo</b>
Nutrición de la planta	Es difícil controlar debido a su variabilidad por el medio ambiente	Se tiene estabilidad permitiendo monitorear y corregir
Espaciamiento	Se limita su fertilidad y la densidad de plantación es menor	Altas densidades y mayor aprovechamiento de espacio y luz
Control de maleza	Se tiene mayor presencia de malezas	Disminuye la población y resultan casi inexistentes
Enfermedades y patógenos en el suelo	Son propensas a enfermedades producidas por el suelo	No existen patógenos debido a que se sustituye el suelo
Agua	Tiende a un estrés hídrico debido que, aunque el suelo tenga agua no está disponible en su totalidad	No existe tal estrés ya que las técnicas hidropónicas tienen siempre disponible el agua

Fuente: ¿Qué es la hidroponía?. [http://hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main\\_page=pag&id=27](http://hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=pag&id=27) . Consultado 26 de Marzo 2017

## 1.12. Generalidades del cultivo de *Pak Choi* (*Brassica chinensis* L.)

### 1.12.1 Origen

El *Pak Choi* se originó en China donde se cultiva desde hace más de 1 500 años. Fue introducido en los Estados Unidos de Norte América a finales del siglo XIX por los inmigrantes chinos. Desde entonces, ha ganado renombre, aunque en la mayoría de las áreas del país, todavía se considera algo exótico. Se conocen muchas variedades cultivadas de *Pak Choi* que presentan diferentes ciclos de madurez, así como tamaño, color y capacidad para tolerar calor y frío.<sup>14</sup>

### 1.12.2. Características

Es una planta herbácea que llega a desarrollar un tallo compacto del cual emergen hojas redondeadas de color verde oscuro, de peciolo ancho y blanco, que conforme crecen se empiezan a juntar hacia el centro entre sí; la planta puede alcanzar una altura de 20 cm a 30 cm antes de ser cosechada, si esto no sucede el brote central empezará a alargarse y florecer, por lo que la calidad comestible de las hojas se perderá (sabor amargo).<sup>15</sup>

---

<sup>14</sup> Dixon, H. 2013. Evaluación de tres materiales genéticos de Pak Choi *Brassica chinensis* (Brassicaceae Brassica), bajo dos abonos orgánicos, en dos localidades del departamento de Sololá. En dos localidades del departamento de Sololá. Tesis. Ingeniero agrónomo con énfasis en gerencia agrícola. Quetzaltenango GT.

<sup>15</sup> Cultivo de Pak Choi. <http://ecosiembrablogspot.com/2016/03/cultivo-de-pak-choi-bok-choy.html> ( 12 de Marzo de 2017)

### 1.12.3. Morfología y taxonomía

**División:** *Magnoliophyta*

**Clase:** *Magnoliopsida*

**Orden:** *Capparales*

**Familia:** *Brassicaceae*

**Género:** *Brassica*

**Especie:** *Brassica chinensis* L.<sup>16</sup>

### 1.12.4. Planta

Se trata de plantas anuales de hojas redondeadas, de peciolo ancho y blanco. Con nerviaciones muy marcadas, alargadas o redondeadas, limbo crispado, irregularmente dentado. Que conforme crecen se empiezan a juntar hacia el centro entre sí; la planta puede alcanzar una altura de 20 cm a 30 cm antes de ser cosechada.<sup>17</sup>

### 1.12.5. Sistema radicular

Sistema de raíces poco desarrollado y situada principalmente en la capa de suelo comprendida entre 20 cm a 25 cm de profundidad, solo algunas raíces laterales se extienden a 60 cm a 90 cm este carácter del sistema radicular determina las grandes exigencias de esta planta con relación al riego.<sup>18</sup>

---

<sup>16</sup> Dixon, H. 2013. *Evaluación de tres materiales genéticos de Pak Choi Brassica chinensis (Brassicaceae Brassica), bajo dos abonos orgánicos, en dos localidades del departamento de Sololá*. En dos localidades del departamento de Sololá. Tesis. Ingeniero agrónomo con énfasis en gerencia agrícola. Quetzaltenango GT.

<sup>17</sup> Otros cultivos Hortícolas. <http://www.publicacionescajamar.es/uploads/cultivos-hortícolas-al-aire-libre/26-cultivos-hortícolas-al-aire-libre.pdf> ( 26 de Marzo de 2017).

<sup>18</sup> Pak Choi. [https://www.ecured.cu/Pak\\_Choi](https://www.ecured.cu/Pak_Choi) ( 16 de Marzo de 2017)

### **1.12.6. Tallo**

Sus tallos usualmente son blancos o verdes, se parecen a los del apio, pero menos fibrosos. Su altura puede ser de 25 cm a 50 cm y de 15 cm a 30 cm de ancho.<sup>19</sup>

### **1.12.7. Hojas**

Hojas glaucas de color verde claro o verde brillante, pecíolos largos que alcanza aproximadamente 10 cm a 15 cm; anchos y de color que va del blanco a blanco amarillento.<sup>20</sup>

### **1.12.8. Flores**

Las flores son color amarillo con cuatro pétalos que salen de un tallo central que puede medir hasta el doble de la planta.<sup>21</sup>

---

<sup>19</sup> Como cultivar Bok Choi Orgánico en casa. <http://viaorganica.org/15037-2/> ( 26 de Marzo de 2017)

<sup>20</sup> Pak Choi. [https://www.ecured.cu/Pak\\_Choi](https://www.ecured.cu/Pak_Choi) ( 26 de Marzo de 2017)

<sup>21</sup> Como cultivar Bok Choi Orgánico en casa. <http://viaorganica.org/15037-2/> ( 26 de Marzo de 2017)

### 1.12.9 Clima y temperatura

Las temperaturas medias de 55 °F a 70 °F (13 °C a 21 °C), son favorables. Temperaturas superiores a 75 °F (24 °C) puede causar la quema de hojas, temperaturas prolongadas inferiores a 13 °C pueden causar espigado prematuro. El *Pak Choi* es también muy sensible a fotoperiodos de la floración. Días largos (16 h al día durante un mes) induce la floración en algunos cultivares.<sup>22</sup>

### 1.12.10 Desarrollo fenológico

**TABLA 2**  
**ETAPAS FENOLÓGICAS PAK CHOI**

Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
<b>Etapas de desarrollo</b>	Etapa de semillero			Etapa juvenil					Etapa de formación			

Fuente: *El cultivo de crucíferas Brocoli, Coliflor, Repollo, Col China.*

<https://es.scribd.com/doc/167807362/El-Cultivo-Cruciferas> Consultado 26 de Marzo 2017

<sup>22</sup> Dixon, H. 2013. *Evaluación de tres materiales genéticos de Pak Choi Brassica chinensis (Brassicaceae Brassica), bajo dos abonos orgánicos, en dos localidades del departamento de Sololá.* En dos localidades del departamento de Sololá. Tesis. Ingeniero agrónomo con énfasis en gerencia agrícola. Quetzaltenango GT.

## 1.13. Prácticas culturales

### 1.13.1 Siembra

La siembra de esta hortaliza se realiza en semillero. Las semillas del *Pak Choi* son pequeñas esferas color negro rojizo, con un diámetro de aproximadamente de 2 mm. Es muy importante mantener la humedad del semillero, pero también evitar el exceso de agua. Las plántulas brotarán aproximadamente a los 4 d a 8 d después de la siembra. Antes del trasplante, debe preparar las camas de cultivo, huacales o macetas

. El sustrato o suelo donde se siembre debe de tener composta y un buen drenaje. La profundidad de siembra es 0,5 cm a 1 cm de profundidad, o tres veces el tamaño de la semilla. El suelo debe estar suelto y tener un buen drenaje, puede utilizarse una mezcla de tierra negra y tierra de hoja. También puede mezclar el suelo con una capa de 5 cm de composta e incorporarla. Los espacios de la planta pueden variar desde 15 cm a 30 cm, dependiendo de la variedad.

Utilizar el método de siembra cercana o en zigzag para que aproveche mejor el espacio. La profundidad del espacio es de aproximadamente 8 cm a 10 cm. Las plántulas estarán listas para el trasplante cuando comience a brotar el segundo par de hojas verdaderas.<sup>23</sup>

---

<sup>23</sup> Como cultivar bok choy orgánico en casa. <http://viaorganica.org/15037-2/> ( 26 de Marzo de 2017)

### 1.13.2 Riego

El *Pak Choi* es exigente con relación a la humedad del suelo en sus primeros estadios, por lo cual debe regarse bien, el rango debe estar entre 60 % a 70 % de la capacidad de campo, durante las etapas iniciales de desarrollo del cultivo, los riegos serán a intervalos cortos, 7 d.<sup>24</sup>

### 1.13.3 Fertilización

Se recomienda la aportación de abonado de fondo por hectárea de 70 kg a 100 kg de Nitrógeno, 65 kg a 85 kg de Fósforo y 150 kg a 200 kg de Potasio y abonado de cobertura de 50 kg de Nitrógeno, el *Pak Choi* es una planta con altas necesidades de Boro y que no tolera la falta de Manganeso en el suelo.<sup>25</sup>

### 1.13.4 Plagas y enfermedades

Las plagas frecuentes son:

- Gallina ciega.
- Gusano trozador.
- Falso medidor.

Asi también es propenso a enfermedades como:

- *Damping-off*.
- Tizón temprano.
- Mildiu.<sup>26</sup>

---

<sup>24</sup> Pak Choi. [https://www.ecured.cu/Pak\\_Choi](https://www.ecured.cu/Pak_Choi) ( 12 de Marzo de 2017)

<sup>25</sup> YUSTE (2007). Biblioteca de la agricultura. Editorial IDEA BOOKS S.A., Barcelona, España.

<sup>26</sup> Dixon, H. 2013. *Evaluacion de tres materiales genéticos de Pak Choi Brassica chinensis (Brassicaceae Brassica), bajo dos abonos orgánicos, en dos localidades del departamento de Sololá*. En dos localidades del departamento de Sololá. Tesis. Ingeniero agrónomo con énfasis en gerencia agrícola. Quetzaltenango GT.

## **CAPÍTULO 2 MARCO REFERENCIAL**

### **2.1. Ubicación geográfica**

El proyecto productivo se ejecutó en un invernadero ubicado en el municipio de Tactic, departamento de Alta Verapaz, exactamente en el kilómetro 184 Barrio Chamché, este se encuentra aproximadamente a 1 km del centro de la ciudad de Tactic. Se localiza geográficamente en las coordenadas GTM -101896444649855 longitud y 461048.522278406 latitud.<sup>27</sup>

### **2.2. Accesibilidad**

El área donde se estableció el invernadero cuenta con buenas vías de acceso ya que se encuentra a un costado de la ruta CA-14. Lo cual facilita el ingreso de cualquier tipo de vehículo como también el transporte de materiales e insumos.

### **2.3 Características ecológicas**

De acuerdo con la clasificación de zonas de vida, basada en el sistema de Holdridge y adaptada para Guatemala por de la Cruz, la región se encuentra dentro de la zona del bosque muy húmedo sub-tropical (frío) (bmh-S(f)) y bosque húmedo subtropical (templado) (bmh-S(t)), la cual se caracteriza por una bio temperatura media anual de 25 °C , temperatura máxima promedio de 27,6 °C y temperatura mínima promedio de 16,8 °C.

---

<sup>27</sup> Tactic. <https://es.wikipedia.org/wiki/Tactic> (18 de marzo del 2017)

## 2.4. Características climáticas

La localidad se encuentra a 1 465,92 msnm, las zonas climáticas van de templado a frío con una temperatura media anual de 20 °C.<sup>28</sup>

---

<sup>28</sup> financiamiento de unidades pecuarias (crianza de ganado porcino) y proyecto: producción de brócoli. [http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03\\_0721\\_v3.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03_0721_v3.pdf) ( 18 de marzo del 2017)

## **CAPÍTULO 3**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1 Metodología**

Para la implementación del sistema hidropónico en el cultivo de *Pak Choi* (*Brassica chinensis L.*), se llevaron a cabo los siguientes pasos, los cuales consisten en la construcción del invernadero, el manejo agronómico del cultivo, cosecha y la comercialización del cultivo.

#### **3.2 Instalaciones**

Se utilizó un invernadero de 8,5 m de largo por 7,5 m de ancho, con un área total de 63,75 m<sup>2</sup>. El invernadero se construyó en base a una estructura de madera, con un techo a dos aguas con abertura cenital para la ventilación, forrado con *nylon* transparente de calibre (grosor del *nylon*) 6. A la superficie del suelo del invernadero se le agregó arena para evitar que la maleza se desarrollara rápidamente.

#### **3.3 Construcción de la estructura hidropónica**

Se construyó 1 cama de 3 m de largo por 1,20 m de ancho, con una pendiente de 5 %. Para que la solución se depositara en un recipiente ubicado al final de la cama por medio del sistema de drenaje. En la cama se ubicaron 9 tubos *PVC* de 3" de diámetro, el largo de cada tubo fue de 3,8 m de largo.

Se lavó el invernadero con cloro y detergente. Después de lavar el invernadero se fumigó con Triadimenol (Bayfidan) a razón de 1,795 g/m<sup>2</sup> para erradicar cualquier tipo de microorganismo.

### **3.4. Sustrato**

Como sustrato se utilizó piedra pómez el cual se colocó en los tubos *PVC*. Se cernió la arena pómez para eliminar partículas muy grandes, posteriormente se lavó con 10 ml de hipoclorito comercial por un litro de agua durante 30 min finalizado este proceso se extendió al aire libre la arena pómez por 24 h para que el hipoclorito se volatilizara.

### **3.5. Riego y drenaje**

La aplicación de riego al sustrato se realizó dos veces al día, una por la mañana y la otra por la tarde. Con la finalidad de que contara con la suficiente humedad aprovechable para las plantas y evitar así la deshidratación.

La cama donde se ubicaron los tubos *PVC* contaba con un sistema de drenaje, en el cual drenaban todos los residuos (restos de solución, agua de riego) y se captaban mediante un recipiente plástico.

### **3.6. Sombra**

El cultivo de *Pak Choi* en climas cálidos tiende a florecer rápidamente, por tal razón es recomendable que se cuente con sombra. Sin embargo, no fue necesaria la implementación de sombra al cultivo, ya que se desarrolló de manera apropiada en las condiciones del invernadero donde se llevó a cabo el proyecto productivo.

### **3.7. Ventilación**

Para evitar que el calor en el invernadero se acumulara, se construyó con ventanas que permitían la entrada y salida de aire. El invernadero disponía de una abertura cenital y dos ventanas en la parte superior de los costados de la estructura, que se protegieron con cedazo con la finalidad de evitar el

ingreso de insectos a la estructura. La ventilación es necesaria ya que el cultivo tiende a florecer antes de tiempo en climas cálidos.

### **3.8. Solución nutritiva**

Para el cultivo de *Pak Choi* (*Brassica chinensis* L.) se utilizó la solución de la Huerta Hidropónica Popular, clasificada en macronutrientes (solución A) y micronutrientes (solución B). Con base al Manual técnico de hidroponía popular se recomienda la aplicación de la solución de nutrientes a plantas pequeñas (del primer al sexto día después del trasplante) se debe emplear la concentración media (2,5 ml de solución A y 1,5 ml de solución B por cada litro de agua) utilizando dos litros por metro cuadrado de sustrato sólido. El área total de cultivo fue de 5 m<sup>2</sup>. En total se colocaron 217 plantas. Según lo anterior se obtuvo que a cada planta se aplicarían 50 ml de solución diarios después de trasplante. Para el séptimo día después de ser trasplantadas se recomienda que debe de usarse la solución completa (5 ml de solución A y 2,5 ml de solución B por cada litro de agua), debido a que se encuentran más vigorosas y con una mejor adaptación a la solución. Se aplicó a partir del séptimo día a cada planta la cantidad de 85 ml de solución. Ya que el total de plantas fue 217, este dato se multiplicó por la cantidad de agua que recomienda la solución completa, que es de 85 ml, entonces diariamente se aplicaron 17,5 L de solución nutritiva.<sup>29</sup>

### **3.9. Preparación de soluciones**

La solución nutritiva que se utilizó fue comprada en una empresa dedicada a su comercialización. La solución que se utilizó fue la solución nutritiva universal A y B.

---

<sup>29</sup> Castañeda, Francisco. Manual técnico de hidroponía popular. (En línea). 1997. Consultado 1 de Abril de 2017. Disponible en <http://bvssan.incap.org.gt/local/file/MDE104.pdf> Preparación de soluciones

### **3.10. Aplicación de la solución**

La solución se aplicó a cada planta en forma manual diariamente después de haber realizado el trasplante.

### **3.11. Materiales para la implementación de cultivo hidropónico**

1. Arena pómez
2. *Peat moss*
3. Bandejas para semilleros
4. Tubos *PVC* de cuatro pulgadas
6. Semillas de *Pak Choi*
7. Tubos *PVC* de media pulgada
8. Solución A y B
9. Contenedores de plástico para las soluciones

### **3.12 MANEJO AGRONÓMICO**

#### **3.12.1 Producción de semillas**

La semilla de *Pak Choi*, se obtuvo a través de una empresa dedicada a la comercialización de semillas, ubicada en el departamento de Sacatepéquez. Se adquirió una onza de semilla.

#### **3.12.2. Semilleros**

No se realizó semillero. Las semillas de *Pak Choi* fueron enviadas a una pilonera ubicada en el municipio de Tactic, Alta Verapaz. Allí las semillas fueron germinadas para obtener los pilones que posteriormente fueron trasplantados.

### **3.12.3 Trasplante**

En el trasplante se dejó el *Peat moss* que los pilones contenían en el sistema radicular, se logró con eso que las plántulas se adaptaran bien al nuevo sustrato. Al finalizar la siembra se aplicó riego a cada plántula.

### **3.12.4 Riego**

Durante las primeras etapas de desarrollo del cultivo únicamente se realizó riego por la mañana, sin embargo, conforme la planta se fue desarrolló se estresaba debido a las altas temperaturas. A consecuencia de lo anterior fue necesaria la aplicación de riego durante la mañana y tarde, al sustrato y al follaje.

### **3.12.5 Lavado de sustrato**

Se realizó una vez a la semana con agua, con el propósito de que las sales en el sustrato no se acumularan. Diariamente se aplicaban 17,4 L de solución, durante el lavado del sustrato se aplicó el doble de volumen del que se utilizó diariamente. Se utilizaron entonces 34,8 L de agua para el lavado del sustrato.

### **3.12.6. Control de plagas y enfermedades**

Se tuvo la incidencia de dos plagas durante el ciclo del cultivo estas fueron: las larvas de *Plutella xylostella* y presencia de *Aphididae* (pulgones). Estas plagas fueron detectadas antes de que provocaran daño significativo. Se eliminaron de forma manual.

### **3.12.7 Cosecha**

El *Pak Choi* se cosechó a los 28 d después de realizado el trasplante. Se utilizó un cuchillo y se cortó el tallo a ras del sustrato. Luego de haber retirado todas las plantas del sustrato se colocaron en recipientes con agua para mantenerlas frescas. Las plantas estuvieron un día en los recipientes con agua antes del empaque.

### **3.12.8. Comercialización**

Se colocaron 3 plantas en bolsas de *nylon* y fueron vendidas en dos hoteles de la región.

## **3.13 Siembra, distanciamiento y número de plantas**

El trasplante hacia el sustrato ubicado en los tubos *PVC* se realizó con distanciamiento de 0,17 m x 0,17 m, 207 plantas en total.

## CAPÍTULO 4

### 4.1 Resultados

Para la germinación de los pilones se utilizó *Peat moss* como sustrato, al ser retiradas las plántulas de la bandeja de germinación estas contenían *Peat moss* en su sistema radicular. Al momento de realizar el trasplante hacia la arena pómez ubicada en los tubos *PVC* se optó por dejar el *Peat moss* del sistema radicular de las plantas, logrando una mejor adaptación al sustrato.

Durante los primeros dos días después de realizado el trasplante se aplicó riego a las plantas, éste se realizó dos veces al día, una por la mañana y otra por la tarde durante todo el ciclo del cultivo. Se aplicó a cada planta 85 ml de agua, esto se realizó con la finalidad de aclimatar las plantas.

A los 2 d de riego, se procedió a aplicar solución nutritiva a las plantas. A cada planta se le aplicó 85 ml de solución nutritiva durante toda la etapa juvenil (tabla 2) la cual fue de 28 d.

Diariamente se realizó la preparación de la solución, se suministraban 87,5 ml de solución A y 35 ml de solución B, diluidos en 17,5 L de agua en un recipiente de plástico.

Por medio de un conductivímetro diariamente se midió la conductividad eléctrica de la solución preparada, oscilaba entre 2 sm/m a 2,5 sm/m.

Una vez empezada la aplicación de la solución nutritiva durante la primera semana se notó marchitamiento de la mayoría de las plantas durante la mañana.

A partir de segunda semana de la etapa de crecimiento fueron encontradas larvas *Plutella xylostella* que deterioraron las hojas. También se encontraron pulgones en el envés de las hojas de algunas plantas.

No hubo presencia de algún tipo de enfermedad durante el ciclo del cultivo de *Pak Choi*.

La cosecha se llevó a cabo a las 4 semanas de haber realizado el trasplante, mediante la ayuda de un cuchillo con el cual se cortó el tallo de cada planta para extraerla del sustrato.

Al finalizar la cosecha de todas las plantas, se colocaron en recipientes plásticos llenos de agua, durante una noche.

Se retiraron las plantas de los recipientes para colocar en cada bolsa plástica, con la finalidad de facilitar su transporte para la comercialización.

El ciclo del cultivo total en el sistema hidropónico fue de 50 d. La etapa de semillero fue de 22 d y la etapa de crecimiento de la planta hasta la cosecha fue de 28 d.

Se produjeron un total de 220 plantas de Pack Choi, en la tabla 2 se muestran el costo total del proyecto de productivo. En base a ello se tuvo una rentabilidad del 70,79 %.

## 4.2 Presentación y discusión de resultados

El trasplante resultó completamente efectivo debido que se dejó aún el *Peat moss* en el sistema radicular, que permitió mejor adaptación al sistema radicular de las plantas en el nuevo sustrato.

La realización de riego durante los primeros dos días fue de vital importancia ya que se logró aclimatar a las plantas al nuevo ambiente de colocación.

A cada planta se le suministró la cantidad de solución de nutrientes en base al Manual de Hidroponía Popular. En el cual se establece que por cada metro cuadrado se aplica 3,5 L de solución de nutrientes, de la cual se utilizó la concentración completa que indica una relación de 5 ml de solución A y 2 ml de solución B por cada litro de agua. Con base en los criterios, se obtuvo que la cantidad de solución suministrada a cada planta de fue de 85 ml de solución nutritiva.

La conductividad eléctrica ideal para el cultivo de *Pack Choi* está en el rango de 2 sm/m a 2.5 sm/m; es importante mantener estable la conductividad entre esos valores, dado que esto indica que tan disponibles estaban los iones de la solución para ser aprovechados por la planta.

Si la conductividad eléctrica fuese mayor a los rangos indicados se recomienda agregar agua, si fuese menor se recomienda agregar más solución. No se tuvieron problemas con la conductividad eléctrica de la solución, ya que la solución se mantuvo en los rangos adecuados.

El marchitamiento de las plantas durante la primera semana de aplicación se debió a que se dejó de aplicar riego por la mañana, únicamente se aplicaba la solución nutritiva. El riego por la tarde se mantuvo constante, sin embargo, no era suficiente para evitar el marchitamiento de las plantas. Se optó entonces volver a

aplicar riego por la mañana, antes de la aplicación nutritiva, con ello se erradicó el problema de marchitamiento.

Las plagas que existieron fueron a causa de que el invernadero se construyó en un terreno con suelo arcilloso, al suelo no se colocó ninguna cobertura (arena). El suelo muy húmedo permitió crecimiento de maleza rápida y frecuentemente, que aunado a la temperatura alta propició un ambiente favorable para la aparición de plagas. Se eliminaron las plagas de forma manual dado que no eran demasiadas.

La acumulación de humedad en las hojas de *Pack Choi* es una de las razones más comunes por la cual el cultivo puede ser susceptible a alguna enfermedad. Al no existir acumulación de humedad en las hojas no hubo presencia de alguna enfermedad.

Durante la cosecha se puede dejar alguna porción del tallo para obtener brotes pequeños. En este caso no se realizó, si no que se optó por cortar al ras alrededor del cuello de la raíz, el sistema radicular fue retirado después del sustrato, manualmente. No se obtuvieron brotes debido a que se dio por finalizado el proyecto.

La colocación de las plantas en agua y posteriormente en bolsas plásticas fue para mantenerlas frescas y evitar que se deshidrataran. Lo anterior se realizó con el fin de comercializarlas antes de una semana pues es el tiempo máximo que la planta puede mantenerse fresca. Se logró la venta completa de las plantas a los 4 d de la cosecha.

El ciclo de cultivo en la siembra en suelo de *Pack Choi* es de 80 d, mediante el método hidropónico se redujo a 50 d. Haber realizado el proyecto mediante el sistema hidropónico en invernadero fue la clave para que se lograra el desarrollo de planta en forma más rápida; este método le otorga grandes ventajas a la

planta, nutrientes necesarios, aprovechamiento de espacio y luz, así como inexistencia de malezas y patógenos en el sustrato.

**TABLA 3**  
**GASTO EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL INVERNADERO**

<b>GASTOS</b>	<b>SUB-TOTAL (Q)</b>	<b>TOTAL (Q)</b>
Compra de madera	2 150,00	2 060,00
<i>Nylon</i>	1 290,00	2 580,00
Materiales de construcción	1 824,50	1 824,50
Mano de obra	920,00	920,00
<b>Total del costo del invernadero</b>		<b>7 384,50</b>

FUENTE: Elaboración propia en base a datos de campo. 2017

Los datos de la tabla anterior muestran la cantidad de capital necesario para la construcción de un invernadero de 8,5 m de largo y 7,5 m de ancho, teniendo un área de 63,75 m<sup>2</sup>. La vida útil de la estructura se estima en 10 años a la cual se le cambiará el *nylon* de forrado cada 5 años. Entonces se multiplica el precio del *nylon* por 2 para obtener el costo para los 10 años.

### 4.3 Amortización del capital

#### 4.3.1. Depreciación del invernadero

Depreciación del invernadero= precio total/años de vida útil

Depreciación del invernadero=Q7384,5/10 años de vida útil= Q. 738,45

El costo por año de vida útil es de Q. 738,45

#### a. COSTO MENSUAL

Costo mensual= costo de vida útil por año/ 12 meses

Costo mensual Q.738,45/12 meses= 61,54 Q/mes

#### 4.4 Costo de utilización del invernadero

El costo de utilización del invernadero se hace en base al ciclo del cultivo de *Pak Choi*, el cual fue de 50 d que representan 1,66 meses.

Costo de utilización del invernadero= costo mensual\*ciclo del cultivo

Costo de utilización del invernadero= 61,5 \*1,66 mes de ciclo de cultivo= 102,10 Q/mes.

#### 4.5 Análisis del costo de la implementación del invernadero

El costo de la construcción de un invernadero es alto si se toma en cuenta los gastos realizados a razón de su uso para una sola vez. Sin embargo, la estructura del invernadero fue construida con madera con una vida útil de 10 años, igualmente el *nylon* con el que se forró tiene una vida útil de 5 años.

Por lo anterior los gastos tienen que hacerse en función de la vida útil que tendrá el invernadero, más el costo de la mano de obra. Según esto, se calculó el costo que tendrá la utilización del invernadero durante un mes.

Al conocer el costo de uso de la utilización de un mes del invernadero y el ciclo de cultivo de *Pack Choi* se obtuvo el costo del proyecto productivo realizado bajo invernadero.

#### 4.5.1 Depreciación de la cama

Depreciación de la cama= precio total/años de vida útil

Depreciación de la cama= Q.183,00/2 años

Depreciación de la cama= Q. 91,50/año

##### a. Costo mensual

Costo mensual= costo de vida útil por año/ 12 meses

Costo mensual= Q. 91.50/ 12meses

El costo mensual es Q. 7,62/mes

##### b. Costo de utilización de la cama

Costo de utilización de la cama = costo mensual\*ciclo del cultivo

Costo de utilización de la cama = Q. 7.62 \*1.66 mes de ciclo de cultivo=  
12,65 Q/mes

#### 4.5.2 Depreciación de la arena

Depreciación de la arena= precio total/años de vida útil

Depreciación de la arena= Q.175,00/ 12 meses (1 año)

Depreciación de la arena= Q. 14.58 mensual

#### 4.5.3 Depreciación de los tubos PVC

Depreciación de los tubos PVC= precio total/años de vida útil

Depreciación de los tubos PVC= Q.392.00/ 10 años

Depreciación de los tubos PVC= Q. 39.2 al año

Depreciación de los tubos PVC= 39.2/12 meses

Depreciación de los tubos PVC= 3,26 Q/mes

#### 4.6 Análisis del costo de la implementación del proyecto

Para conocer el precio total de lo gastado en el proyecto, igualmente se tuvo que calcular la depreciación de la cama donde se ubicó el cultivo, los tubos *PVC* y la arena pómez, dado que cuentan con una vida útil determinada.

Luego de calcular la depreciación se conoce el dato de a cuánto equivale la utilización de estos materiales durante un mes.

El ciclo de cultivo de *Pack Choi* se multiplica por el equivalente en dinero a utilizar durante mes los tres materiales anteriores.

La suma total del costo de proyecto se hizo en base a los datos de la depreciación del invernadero, arena, tubos *PVC* y la cama; más los insumos, la mano de obra y los gastos de cosecha.

**TABLA 4**  
**COSTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO**

CONCEPTO	VALOR UNITARIO (Q)	CANTIDAD	SUB TOTAL (Q)	TOTAL (Q)
<b>AMORTIZACIÓN DEL INVERNADERO</b>	61,50 /mensual	1 mes y 20 días	102,10	
				102,10
<b>MANO DE OBRA</b>				
Preparación de la estructura (cama)	7,62	1 cama*1.6 meses	7,62	
Limpieza del invernadero	50,00 jornal	1 jornal	50,00	
				57,62
<b>INSUMOS</b>				
Solución nutritiva (A y B)	19,00 el litro	4 litros	76,00	
Sustrato	14,58 m <sup>2</sup> /mensual	1 m <sup>2</sup> *1.66 meses	24,20	
Pilones	0,15 cada pilón	250 pilones	37,50	
Tubos pvc	3,26 mensual	9 tubos	5,41	
				143,11
<b>COSECHA</b>				
Transporte del producto	10,00 viaje	3 viajes	30,00	
				30,00
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>				
Transporte	10,00 viaje	10 viajes	100,00	
				100,00
<b>COSTO TOTAL</b>				427,42

FUENTE: Elaboración propia en base a datos de campo. 2017

#### 4.7 INGRESO BRUTO

Se obtuvieron un total de 220 plantas de *Pack Choi* para su comercialización, estas se colocaron en bolsas plásticas con 3 de cada una.

**TABLA 5**  
**COSTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO**

CANTIDAD DE PLANTAS COSECHADAS	DE	CANTIDAD DE EMPAQUES DE 3 UNIDADES	COSTO DEL EMPAQUE DE 3 UNIDADES (Q)	COSTO TOTAL (Q)
220		73	10,00	730,00
				730,00

FUENTE: Elaboración propia en base a datos de campo. 2017

**INGRESO NETO= INGRESO BRUTO-COSTO TOTAL**

**Ingreso neto= Q. 730,00- Q.427,42 = Q. 302,58**

**Análisis de rentabilidad=** 
$$\left( \frac{\text{INGRESO NETO}}{\text{COSTO TOTAL}} \right) \times 100$$

**Análisis de rentabilidad=** 
$$\left( \frac{\text{Q.302,58}}{\text{COSTO TOTAL}} \right) \times 100$$

**RENTABILIDAD= 70,79 %**

#### **4.8 Análisis del ingreso bruto**

Se obtuvo una rentabilidad de 70,79 %, la cual se calculó en base al ingreso obtenido por la venta de las plantas menos los gastos de implementación del proyecto. Esta diferencia fue el ingreso neto, el cual se dividió dentro del costo de la implementación del proyecto para así obtener la misma. Esto indica que la implementación del proyecto productivo de *Pack Choi* es beneficioso económicamente.



## CONCLUSIONES

1. El *Peat moss* es un sustrato sumamente versátil, debido a esto se puede mezclar fácilmente con otros sustratos (arena pómez) y potenciar las propiedades del sustrato con el que se mezcla. Es por ello que, al dejar este sustrato en el sistema radicular de las plántulas durante el trasplante, resultó completamente efectivo.
2. El establecimiento del proyecto productivo de *Pak Choi* en condiciones de invernadero y el uso como sustrato de arena pómez, es conveniente para este cultivo ya que este sistema otorga las condiciones ideales para el buen desarrollo de las plantas.
3. Se obtuvo una disminución de tiempo de cosecha de 30 d con respecto a la siembra a campo abierto. Con esto queda demostrado que el método empleado para llevar a cabo el proyecto fue altamente beneficioso. Esto puede ser aprovechado por los agricultores ya que les traerá buena rentabilidad y sobre todo el conocimiento para la implementación de nuevas técnicas de cultivo.
4. La rentabilidad del cultivo de *Pak Choi* en condiciones de invernadero mediante el sustrato de arena pómez fue de 70,79%. El proyecto se estableció en un área de 5 m<sup>2</sup> con una inversión de Q.427,00. Obteniéndose una ganancia de Q.302,58.

5. El proyecto productivo de *Pak Choi* mediante hidroponía presentó grandes ventajas en comparación con lo indicado por la literatura de la siembra en campo. Se cosechó a los 28 d después del trasplante, se redujo con ello lo que se indicaba en la siembra en suelo que es de 50 d; se aprovechó mejor el espacio ya que se colocaron 217 plantas en un área de 5 m<sup>2</sup>. Además, se redujo el uso de agua, así como se eliminó la utilización de pesticidas.
6. La comercialización de *Pak Choi* se realizó a un mercado exclusivo (hoteles, restaurantes). El producto fue atractivo ya que no existen muchos lugares donde se pueda adquirir esta col.
7. El cultivo de *Pak Choi* no es producido en la región, lo que da una gran oportunidad a los productores locales. Ya que es un cultivo del cual se obtiene buen rendimiento, no es demasiado susceptible a plagas y enfermedades, es adaptable a las condiciones de la región y el mercado lo demanda cada vez más.

## RECOMENDACIONES

1. Realizar un proyecto producto productivo de *Pak Choi* a campo abierto. Con el fin de que se tenga información de cómo se desarrolla el cultivo con las condiciones de la región.
2. Colocar sombra al área donde se establezca el cultivo, para con ello mantener una temperatura adecuada para las plantas. Exponer al cultivo a temperaturas altas provoca que la planta florezca prematuramente, perjudicando la producción.
3. Utilizar otro tipo de solución nutritiva, para con ello identificar las posibles ventajas o desventajas con respecto a la solución nutritiva universal.
4. Al momento de realizar la cosecha, dejar 5 cm de tallo para poder obtener pequeños brotes
5. La implementación de un sistema de riego en el cual se tenga programado los intervalos de riego, así como también la certeza de que la solución nutritiva llegue a todas las plantas.
6. Aplicación de riego durante la mañana y por la tarde en periodos de altas temperaturas. La aplicación de riego es de vital importancia pues con ello se evita que la planta florezca antes de tiempo.



## BIBLIOGRAFIA

- Benavides, Mauricio. *Conoce los tipos de sustrato para tu cultivo hidropónico*. <http://www.ecosiglos.com/2013/07/tipos-de-sustratos-para-cultivo-hidroponico.html> (26 de marzo de 2017).
- Castañeda, Francisco. *Manual técnico de hidroponía popular*. <http://bvssan.incap.org.gt/local/file/MDE104.pdf> (26 de marzo de 2017).
- Como cultivar Bok Choi orgánico en casa*. <http://viaorganica.org/15037-2/> (26 de marzo de 2017).
- Cosechando natural del huerto a la sopa*. [https://www.cosechandonatural.com.mx/que\\_es\\_hidroponia\\_articulo\\_2.html](https://www.cosechandonatural.com.mx/que_es_hidroponia_articulo_2.html) (26 de marzo de 2017).
- Cultivo de Pak Choi*. <http://ecosiembra.blogspot.com/2016/03/cultivo-de-pak-choi-bok-choy.html> (12 de marzo de 2017).
- Cultivo hidropónico*. <http://cultivohidroponicopucv.blogspot.com/2009/11/ventajas-y-desventajas-de-un-huerto.html> (26 de marzo de 2017).
- Dixon, H. *Evaluación de tres materiales genéticos de Pak Choi Brassica chinensis (Brassicaceae Brassica), bajo dos abonos orgánicos, en dos localidades del departamento de Sololá. En dos localidades del departamento de Sololá*. 2013 <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2013/06/14/Dixon-Herber.pdf> (13 de marzo de 2017).
- El cultivo de crucíferas: brocoli, coliflor, repollo, col china*. <https://es.scribd.com/doc/167807362/El-Cultivo-Cruciferas> (26 de marzo de 2017).
- Financiamiento de unidades pecuarias (crianza de ganado porcino) y proyecto: producción de brócoli*. [http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03\\_0721\\_v3.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03_0721_v3.pdf) (18 de marzo de 2017).
- Generalidades del Pak Choi*. [https://www.ecured.cu/Pak\\_Choi](https://www.ecured.cu/Pak_Choi) (16 de marzo de 2017).
- Otros cultivos hortícolas*. <http://www.publicacionescajamar.es/uploads/cultivos-hortícolas-a-aire-libre.pdf> (26 de marzo de 2017).



*¿Qué es la hidroponía?* [http://hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main\\_page=page&id=27](http://hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=27). (26 de marzo de 2017).

*Que es un sustrato.* [http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main\\_page=page&id=31](http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=31) (26 de marzo de 2017).

*Requerimientos básicos para la planta.* [http://hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main\\_page=page&id=29](http://hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=29) (26 de marzo de 2017).

*Riego hidropónico.* <http://www.novedades-agricolas.com/es/riego/sistemas-de-riego/riego-hidropónico> (26 de marzo de 2017).

Scibona, Jorgelina. *Evaluación del comportamiento y rendimiento del cultivo de Pak choi (Brassica rapa L. grupo Chinensis) en el área de Luján, en el período otoñal.* <http://www.hort.unlu.edu.ar/sites/www.hort.unlu.edu.ar/files/site/Tesis%20Scibona.pdf> (26 de marzo de 2017).

*Ubicación geográfica de Tactic.* <https://es.wikipedia.org/wiki/Tactic> (18 de marzo de 2017).

Yuste, María. *Clima y temperatura.* [https://books.google.com.gt/books/about/Biblioteca\\_de\\_la\\_agricultura.html?id=aMuamwEACAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.gt/books/about/Biblioteca_de_la_agricultura.html?id=aMuamwEACAAJ&redir_esc=y). (19 de marzo de 2017).



Adán García Veliz  
Licenciado en Pedagogía e Investigación Educativa  
BIBLIOTECARIO









No. 180-2018

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:

**TÉCNICO EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

Al trabajo titulado:

**PROYECTO PRODUCTIVO DE PAK CHOI (*BRASSICA CHINENSIS L.*) MEDIANTE  
HIDROPONÍA EN CONDICIONES DE INVERNADERO EN EL MUNICIPIO DE TACTIC,  
ALTA VERAPAZ**

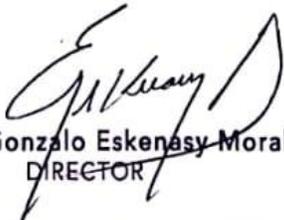
Presentado por el (la) estudiante:

**ELDER GONZALO SACUL SAQUIJ**

Autoriza el

**IMPRIMASE**

Cobán, Alta Verapaz 13 de Agosto de 2018.

  
Lic. Erwin Gonzalo Eskenasy Morales  
DIRECTOR

