

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

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**



**PROYECTO PRODUCTIVO DE ESPINACA (*Spinacia oleracea* L.)  
EN CONDICIONES DE INVERNADERO MEDIANTE LA TÉCNICA  
DE HIDROPONÍA POR MEDIO DE SUSTRATO SÓLIDO**

**JUAN PABLO JOSÉ POP CORONADO**

**COBÁN, ALTA VERAPAZ, OCTUBRE DE 2018**

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

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**PROYECTO PRODUCTIVO DE ESPINACA (*Spinacia oleracea L.*)  
EN CONDICIONES DE INVERNADERO MEDIANTE LA TÉCNICA  
DE HIDROPONÍA POR MEDIO DE SUSTRATO SÓLIDO**

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

**POR  
JUAN PABLO JOSÉ POP CORONADO  
CARNÉ: 201445190**

**COBÁN, ALTA VERAPAZ, OCTUBRE 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 F. Monterroso Rey                                      |
| REPRESENTANTE DE EGRESADOS:   | Lic. Abg. Not. Edwin A. Barrios Sosa                                    |
| REPRESENTANTES ESTUDIANTILES: | PEM Disraely Dárin M. Jom Hernández<br>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:  | Inga. Agr. Lisbeth Johana Paredes Matta      |
| VOCAL:       | Inga. 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. Roberto Rafael Ordoñez Tello

### **ASESORA**

Inga. 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., 20 de marzo de 2018  
Ref. 15-A-146/2018.

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

**Estimados señores:**

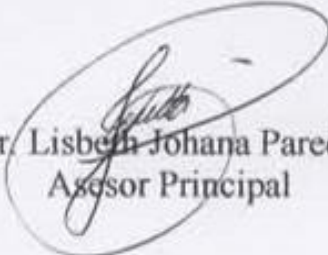
Me dirijo a ustedes para informarles que he revisado el trabajo de graduación titulado:  
**“Proyecto productivo de espinaca (*Spinacia oleracea L.*) en condiciones de invernadero mediante la técnica de hidroponía por medio de sustrato sólido”.**

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 **Juan Pablo José Pop Coronado**.

Atentamente,



*“Id y enseñad a todos”*

Inga. Agr.   
Asesor Principal



**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., 29 de agosto de 2018  
Ref. 15-A-161/2018

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 espinaca (*Spinacia oleracea L.*) en condiciones de invernadero mediante la técnica de hidroponía por medio de sustrato sólido”**.

Dicho trabajo es presentado por el estudiante **Juan Pablo José Pop Coronado** 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,



*“D y enseñad a todos”*

Ing. Agr. Roberto Rafael Ordóñez Tello

Revisor de Informes Finales Trabajos de Graduación a Nivel Técnico

Carrera Agronomía  
CUNOR- USAC



**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., 26 de agosto de 2018  
Ref. 15-A-184/2018

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 espinaca (*Spinacia oleracea* L.) en condiciones de invernadero mediante la técnica de hidroponía por medio de sustrato sólido”**.

Dicho trabajo es presentado por el estudiante **Juan Pablo José Pop Coronado** 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–



**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., 27 de septiembre de 2018  
Ref. 15-A-192/2018

**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 espinaca (*Spinacia oleracea L.*) en condiciones de invernadero mediante la técnica de hidroponía por medio de sustrato sólido.”**

Dicho trabajo es presentado por estudiante **Juan Pablo José Pop Coronado** 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 Pop Coronado, pueda someterse al examen para optar al título de Técnico en Producción Agrícola.

Atentamente,



*“Dad 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

## 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 PRODUCTIVO DE ESPINACA (*Spinacia oleracea L.*) EN CONDICIONES DE INVERNADERO MEDIANTE LA TÉCNICA DE HIDROPONÍA POR MEDIO DE SUSTRATO SÓLIDO, como requisito para optar al título profesional de Técnico en Producción Agrícola.



Juan Pablo José Pop Coronado  
201445190



## **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**

Por la vida, el conocimiento que me concede y por permitirme alcanzar esta meta en mi vida, al lado de mis seres queridos.

### **Mis padres**

Por conducirme por la vida con amor, paciencia y sabiduría. Por el apoyo para llegar a esta instancia de mi formación académica.

### **Hermanos**

Daniel, Ronald, Mersi y Esdras, por el apoyo incondicional a lo largo de mi vida.

### **Mis amigos**

Por cada uno de los momentos vividos, por el apoyo incondicional y por ser grandes personas que trascienden en mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

- Mi asesora** Ing. Agr. Lisbeth Johana Paredes Matta, por su apoyo y tiempo dedicado en el desarrollo de este trabajo de graduación.
- Mis catedráticos** Por compartir conmigo sus conocimientos y darme las herramientas necesarias para la realización del presente 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 |
| ANTECEDENTES               | 9 |

### **CAPÍTULO 1 MARCO TEÓRICO**

|  |    |
|--|----|
| 1.1. Hidroponía                                | 11 |
| 1.1.1. Concepto                                | 11 |
| 1.1.2. Sistemas de cultivo                     | 12 |
| 1.1.3. Sistema de sustrato sólido              | 13 |
| 1.1.4. Sustratos                               | 14 |
| 1.1.5. Riego en el cultivo hidropónico         | 15 |
| 1.1.6. Nutrición hidropónica                   | 16 |
| 1.1.7. Ventajas y desventajas de la hidroponía | 18 |
| 1.2. Espinaca                                  | 19 |
| 1.2.1. Características                         | 19 |
| 1.2.2. Morfología y taxonomía                  | 20 |
| 1.2.3. Variedades                              | 21 |
| 1.2.4. Climas                                  | 23 |
| 1.2.5. Temperatura                             | 23 |
| 1.2.6. Prácticas culturales                    | 23 |
| 1.2.7. Plagas y enfermedades                   | 25 |
| 1.2.8. Cosecha                                 | 26 |

### **CAPÍTULO 2 METODOLOGÍA**

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 2.1. Descripción general del área | 29 |
| 2.1.1. Ubicación geográfica       | 29 |
| 2.1.2. Accesibilidad              | 29 |
| 2.1.3. Características ecológicas | 29 |
| 2.1.4. Características climáticas | 30 |
| 2.1.5. Instalaciones              | 30 |
| 2.2. Características del material | 31 |
| 2.2.1. Material vegetal           | 31 |
| 2.2.2. Solución nutritiva         | 31 |

|  |    |
|--|----|
| 2.2.3. Sustrato                        | 33 |
| 2.3. Manejo del proyecto productivo    | 33 |
| 2.3.1. Preparación de la estructura    | 33 |
| 2.4. Manejo agronómico                 | 34 |
| 2.4.1. Producción de semillas          | 34 |
| 2.4.2. Establecimiento de los cultivos | 35 |

### **CAPÍTULO 3**

#### **PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 3.1. Resultados              | 39 |
| 3.2. Discusión de resultados | 40 |
| 3.2.1. Ingreso bruto         | 44 |
| CONCLUSIONES                 | 47 |
| RECOMENDACIONES              | 49 |
| BIBLIOGRAFÍA                 | 51 |
| ANEXOS                       | 53 |

#### **ÍNDICE DE TABLAS**

|   |    |
|---|----|
| 1 Demanda de nutrientes                 | 25 |
| 2 Ficha técnica                         | 31 |
| 3 Sustrato                              | 33 |
| 4 Desarrollo fenológico                 | 37 |
| 5 Costo de construcción del invernadero | 42 |
| 6 Amortización del capital              | 43 |
| 7 Costo de implementación del proyecto  | 44 |
| 8 Venta del producto                    | 45 |

#### **ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS**

|  |    |
|--|----|
| 1 Plantas en la bandeja de germinación | 53 |
| 2 Trasplante al sistema hidropónico    | 53 |
| 3 Sistema hidropónico establecido      | 54 |
| 4 Recolección de datos                 | 54 |

## LISTADO DE SÍMBOLOS, ABREVIATURAS Y DIMENSIONALES DEL SI UTILIZADOS EN ESTE TRABAJO

|                |   |
|----------------|---|
| %              | Porcentaje  |
| °C             | Grados centígrados                                    |
| B              | Boro  |
| Ca             | Calcio  |
| Cm             | centímetro  |
| Cu             | Cobre   |
| D              | Día   |
| Fe             | Hierro  |
| G              | gramo   |
| g/ha           | gramo por hectárea                                    |
| <i>GTM</i>     | <i>Guatemala transversa Mercator</i>                  |
| H              | Hora  |
| Ha             | hectárea  |
| INCAP          | Instituto de nutrición de Centro<br>América y Panamá  |
| K              | Potasio   |
| Kg             | kilogramo   |
| kg/ha          | kilogramos por hectárea                               |
| L              | Litros  |
| M              | metro   |
| m <sup>2</sup> | metro cuadrado  |
| Mg             | Magnesio  |
| ml             | mililitro   |
| Mm             | milímetro   |
| Mn             | Manganeso   |
| Msnm           | metro sobre el nivel el mar                           |
| N              | Nitrógeno   |
| P              | Fósforo   |
| pH             | potencial de Hidrógeno                                |
| <i>PVC</i>     | <i>Tubo plástico (Plastic vinyl<br/>construction)</i> |
| Q              | Quetzales   |
| S              | Azufre  |
| T              | Tonelada  |
| T/ha           | Tonelada por hectárea                                 |
| Zn             | Zinc  |



## RESUMEN

La planta de espinaca (*Spinacia oleracea L.*) aporta un alto contenido nutricional para el ser humano, por tanto, puede ser una alternativa para el productor local. En la región de Alta Verapaz la producción de esta hortaliza no es común porque las condiciones ambientales no son las adecuadas para que se pueda desarrollar al máximo. Por lo que producir en ambientes controlados es una alternativa para que la planta cuente con las condiciones adecuadas para su óptimo desarrollo.

Por lo anterior se realizó el proyecto productivo en el municipio de Tactic, Alta Verapaz, titulado “Proyecto productivo de espinaca (*Spinacia oleracea L.*), en condiciones de invernadero mediante la técnica de hidroponía por medio de sustrato sólido”. Se utilizó la arena pómez como sustrato y como contenedor se utilizaron tubos *PVC* con un diámetro de 3” la solución que se utilizó fue la universal, aplicado 6 d por semana; según los lineamientos del manual técnico de hidroponía popular del INCAP.

El proyecto productivo, demostró que, al trabajar la técnica de hidroponía, las plantas se desarrollan de una manera más rápida debido a la solución que se les proporciona de manera directa. Además, el sistema tuvo una implementación efectiva ya que las plantas se adaptaron a su estructura.

Los datos obtenidos en la práctica indican que el proceso de producción duró 33 d, por lo que se redujo el ciclo 27 d. Se produjeron 217 plantas, con un total de 180 ramos, cada ramo con un aproximado de 60 hojas. Los ramos se comercializaron a Q. 3,50 c/u, que totalizó Q 630,00.





## INTRODUCCIÓN

Guatemala es un país con diversidad de climas, en el que se pueden desarrollar gran variedad de cultivos, sin embargo, el uso inadecuado del suelo sumado a la problemática ambiental ha reducido el número de cultivos que se pueden desarrollar plenamente. Específicamente en la región de Alta Verapaz la producción agrícola se limita a cultivos tradicionales.

Para contrarrestar estas limitantes es necesario utilizar una nueva tecnología que satisfaga las necesidades de los cultivos, en este caso la técnica de hidroponía es una forma de producir diversos cultivos ya que las condiciones que ésta otorga a las plantas, son favorables para su óptimo desarrollo; dentro de dichas condiciones se encuentran: la sustitución del suelo por un sustrato inerte, aplicación de los nutrientes de las sales minerales que las plantas necesitan para desarrollarse de manera adecuada, control sobre la temperatura y humedad del ambiente en el cual se producen las plantas.

El proyecto productivo de espinaca (*Spinacia oleracea L.*) se llevó a cabo en condiciones de invernadero mediante la técnica de hidroponía por medio de sustrato sólido, con el fin de mejorar rendimientos y utilizar nuevas técnicas agrícolas que beneficien a los agricultores.



## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el municipio de Tactic, Alta Verapaz, no se produce el cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea L.*) ya que las pobres condiciones que ofrece el suelo debido al desgaste ocasionado por el uso intensivo en años anteriores por otros cultivos y los constantes cambios climáticos, el ataque de las plagas y enfermedades; y sobre todo las condiciones climáticas del municipio que no son favorables para el óptimo desarrollo del cultivo, ya que necesita una temperatura que oscila entre los 10°C a 15°C. Esto ha afectado a pequeños productores que ven mermada la oportunidad de diversificar sus cultivos y se limitan a producir cultivos tradicionales.

Debido a lo anterior es necesario implementar nuevos métodos de siembra y técnicas agrícolas; para se intensifique la producción, cultivar todo año, sembrar fuera de temporada y sobre todo aumentar los rendimientos. Por lo anterior en el municipio de Tactic, departamento de Alta Verapaz la producción de este cultivo es nula, así como también la producción de otras hortalizas.



## JUSTIFICACIÓN

El establecimiento del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea L.*) en forma hidropónica en sustrato sólido (arena pómez) es una alternativa para erradicar los distintos problemas que enfrentan los productores de hortalizas en el municipio de Tactic, sean estos: la baja temperatura que impide el desarrollo de los cultivos hortícolas y la poca fertilidad de los suelos de la región. Dichos problemas se pueden tener bajo control, además de la incidencia de plagas y enfermedades que se ven ampliamente reducidas.

Esta técnica es más eficiente que la metodología tradicional, porque al suministrarle los nutrientes necesarios, la planta se desarrolla adecuadamente sin deficiencias que puedan afectar el crecimiento. Los cultivos crecen a una mayor velocidad por lo que se intensifica la producción agrícola al obtener un mayor volumen de productos. El espacio es aprovechado de una mejor manera en comparación con la metodología tradicional, los costos de producción son menores, por lo que genera mayor competitividad en el mercado con productos de buena calidad.

El proyecto productivo del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea L.*) bajo condiciones de invernadero, ubicado en el municipio de Tactic, departamento de Alta Verapaz con hidroponía en sustrato sólido arena pómez, es pertinente debido a que la situación actual no es la adecuada para la producción de hortalizas.



## OBJETIVOS

### GENERAL

Establecer un sistema de producción del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea L.*) bajo condiciones controladas mediante la técnica de hidroponía en sustrato sólido en el municipio de Tactic departamento de Alta Verapaz.

### ESPECÍFICOS

1. Analizar la información del rendimiento de la espinaca (*Spinacia oleracea L.*) bajo la técnica de hidroponía en sustrato sólido
2. Identificar plagas y enfermedades que afectan al cultivo durante su desarrollo
3. Explicar la metodología para el cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea L.*) bajo condiciones hidropónicas
4. Motivar a la producción espinaca (*Spinacia oleracea L.*) en el municipio de Tactic, departamento de Alta Verapaz





## ANTECEDENTES

En el 2010 Quezada Aguilar, E.R., realizó una investigación en el cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea L.*) en condiciones de invernadero bajo la técnica de mangas hidropónicas verticales, donde demostró que es apto para ser trabajado bajo la técnica de hidroponía en sustrato sólido, además concluyó que el mejor sustrato para trabajar este cultivo es la arena pómez seguido por la fibra de coco, esto se debe a que ambos sustratos retienen de mejor forma la humedad y debido a esto las plantas aprovechan más los nutrientes que la solución que se les proporciona.<sup>1</sup>

En el 2010 Garduño Martínez, V., describió en un breve artículo cómo ha desarrollado una empresa productora a base del cultivo de espinaca en condiciones controladas con hidroponía como técnica esencial, gracias a que las soluciones contenedoras de nutrientes le proporcionan todo lo necesario para el óptimo desarrollo a las plantas, éstas contienen muchos más nutrimentos para los consumidores.<sup>2</sup>

Esto ha motivado a implementar el método de producción de espinaca (*Spinacia oleracea L.*) en condiciones de invernadero bajo la técnica de hidroponía en sustrato sólido fibra de coco y arena pómez.

---

<sup>1</sup> Edgar Raúl Quezada Aguilar, *Evaluación de tres sustratos en mangas hidropónicas verticales en el cultivo de espinaca (Spinacia Oleracea L.) en las instalaciones del centro universitario del norte, Cobán, Alta Verapaz*. Informe de PPS. Técnico en Producción Agrícola. CUNOR-USAC (Cobán Alta Verapaz, Agronomía, 2010): 48 p.

<sup>2</sup> Vicente Garduño Martínez, 4 abril de 2010, *Espinaca hidropónica bajo invernadero*, [http://imagenagropecuaria.com/2010/espinaca\\_hidroponica\\_bajo\\_invernadero/](http://imagenagropecuaria.com/2010/espinaca_hidroponica_bajo_invernadero/) (25 marzo de 2017)



# CAPÍTULO 1

## MARCO TEÓRICO

### 1.1. Hidroponía

#### 1.1.1. Concepto

Se concibe a la hidroponía como una serie de sistemas de producción en donde los nutrientes llegan a la planta a través del agua, son aplicados en forma artificial y el suelo no participa en la nutrición.<sup>3</sup>

La hidroponía es parte de los sistemas de producción llamados cultivos sin suelo. En estos sistemas el medio de crecimiento y/o soporte de la planta está constituido por sustancias de diverso origen, orgánico o inorgánico, inertes o no inertes, es decir con tasa variable de aportes a la nutrición mineral de las plantas. Se puede ir desde sustratos como perlita, vermiculita o lana de roca, materiales que son consideradas propiamente inertes y donde la nutrición de la planta es estrictamente externa, a medios orgánicos realizados con mezclas que incluyen turbas o materiales orgánicos como corteza de árboles picada y cáscara de arroz, entre otros. (Sylvia Burés 1997).<sup>4</sup>

---

<sup>3</sup>Juan C. Gilsanz, *Hidroponía*, Septiembre 2010 <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/520/1/11788121007155745.pdf> (25 de marzo 2017)

<sup>4</sup>Ibíd

Esta técnica también favorece un ahorro considerable en el uso del agua de riego en la época seca y es económica, eficiente y racional en cuanto a la aplicación de los nutrimentos minerales (sales minerales o fertilizantes). Por otra parte, disminuyen los problemas relacionados con enfermedades de la raíz, lo que reduce drásticamente la aplicación de plaguicidas, y en su lugar se pueden utilizar sustancias orgánicas repelentes que le permiten al productor obtener cosechas de muy buena calidad y libres de residuos tóxicos.<sup>5</sup>

### 1.1.2. Sistemas de cultivo

Existen dos tipos de sistemas hidropónicos: cerrados y abiertos. En los primeros se recicla la solución nutritiva y la concentración de nutrientes en la solución es vigilada y ajustada en consecuencia; en los segundos se introduce una solución fresca de nutrientes en cada ciclo de riego.<sup>6</sup>

Dentro de estos dos grupos hay tantos sistemas como diseños de las variables de cultivo empleadas: de riego (goteo, sub-irrigación, circulación de la solución nutriente, tuberías de exudación, contenedores de la solución nutritiva, etc.); sustrato empleado (agua, materiales inertes, mezclas con materiales orgánicos, etc.); tipo de aplicación fertilizante (disuelto en la solución nutritiva, empleo de fertilizantes de liberación lenta aplicados al sustrato, sustratos enriquecidos, etc.); disposición del cultivo (superficial, sacos

---

<sup>5</sup>Guillermo A. Guzmán Díaz, *Hidroponía en casa: una actividad familiar*, 10 de mayo de 2004 [http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual\\_ciencia/Hidroponia.pdf](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/Hidroponia.pdf) (25 de marzo de 2017)

<sup>6</sup>*Sistemas hidropónicos*, <http://www.smart-fertilizer.com/es/articles/hydroponic-systems> (25 de marzo 2017)

verticales o inclinados, en bandejas situadas en diferentes planos, etc.); recipientes del sustrato (contenedores individuales o múltiples sacos plásticos preparados, etc.).<sup>7</sup>

En sistemas hidropónicos, las plantas crecen en sustratos inertes o sin algún tipo de sustrato. Como resultado, la única fuente de nutrientes es la solución nutritiva y por lo tanto, ella tiene que contener todos los nutrientes esenciales para las plantas. Si bien los suelos permiten una mayor tolerancia para la inexactitud, la hidroponía deja muy poco margen para cometer errores. Ya que los cambios son rápidos y los errores pueden ser muy costosos, las decisiones que tienen que tomar los productores deben ser muy exactas.<sup>8</sup>

### 1.1.3. Sistema de sustrato sólido

El sistema de sustrato sólido es eficiente para cultivar más de treinta especies de hortalizas y otras plantas de porte bajo y rápido crecimiento. Ha sido el más aceptado por la mayoría de las personas que en la actualidad trabajan en huertos hidropónicos populares, pues es menos exigente en cuidados que el segundo denominado de raíz flotante, que permite sembrar menos variedad de hortalizas.<sup>9</sup>

---

<sup>7</sup>Edgar Raúl Quezada Aguilar, *Evaluación de tres sustratos en mangas hidropónicas verticales en el cultivo de espinaca (Spinacia Oleracea L.) en las instalaciones del centro universitario del norte, Cobán, Alta Verapaz*. Informe de PPS. Técnico en Producción Agrícola. CUNOR-USAC (Cobán Alta Verapaz, Agronomía, 2010): 48 p.

<sup>8</sup>*Sistemas hidropónicos*, <http://www.smart-fertilizer.com/es/articles/hydroponic-systems> (25 de marzo 2017)

<sup>9</sup>*La huerta hidropónica popular*, <http://www.fao.org/3/a-ah501s.pdf> (25 de marzo de 2017)

Se utiliza un medio sólido como soporte de las raíces que permite el establecimiento del cultivo. El sustrato tiene varias funciones: no solo sirve de anclaje a las plantas, también protege a las raíces de la luz solar; retiene cierta cantidad de solución nutritiva (agua con nutrimentos) y permite el suministro de oxígeno a las raíces por medio de los espacios aéreos entre las partículas.<sup>10</sup>

#### 1.1.4. Sustratos

El sustrato constituye el lecho que sirve de sostén y soporte para el desarrollo del sistema radicular de las plantas. Este elemento reviste una gran importancia en el éxito del cultivo, antes que pensar en nombres o tipos de sustratos se debe tener presente la conjugación de una serie de factores o propiedades para optimizar la funcionalidad y el papel que debe desempeñar un sustrato en el sistema de cultivos sin suelo.<sup>11</sup>

Los sustratos deben tener gran resistencia al desgaste o a la meteorización y es preferible que no tengan sustancias minerales solubles para no alterar el balance químico de la solución nutritiva que será aplicada. El material no debería ser portador de formas vivas de macro o micro organismos, para disminuir el riesgo de propagar enfermedades o causar daño a las plantas, a las personas o a los animales que las van a consumir. Un tamaño de partículas que posibilite una relación aire/agua adecuada, baja densidad

---

<sup>10</sup>Guillermo A. Guzmán Díaz, *Hidroponía en casa: una actividad familiar*, 10 de mayo de 2004 [http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual\\_ciencia/Hidroponia.pdf](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/Hidroponia.pdf) (25 de marzo de 2017)

<sup>11</sup>Sustratos para cultivos sin suelo o hidroponía: Luis mora INDAGRO, San José, costa rica, XI Congreso Nacional Agronómico / III congreso nacional de Suelos 1999, [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) (11 de marzo de 2017)

aparente (alta porosidad mayor 85 %), capacidad de intercambio catiónico nula o muy baja.<sup>12</sup>

#### **a. Arena 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>13</sup>

### **1.1.5. Riego en el cultivo hidropónico**

Los sistemas hidropónicos son versátiles, por ser prácticos y de formas eficientes con el agua y fertilizantes; pueden implementarse con: riego manual, aspersión basal, goteo o localizado. Este último aplica el agua al suelo o sustrato a través de unos emisores situados en las tuberías de riego para que la planta disponga de ella, a bajo caudal y de forma frecuente que origina en el suelo o sustrato una zona húmeda conocida como bulbo, mantiene la humedad constante.<sup>14</sup>

---

<sup>12</sup>*La huerta hidropónica popular*, <http://www.fao.org/3/a-ah501s.pdf> (25 de marzo de 2017)

<sup>13</sup>*Conoce los tipos de sustratos para el cultivo hidropónico*, <http://www.ecosiglos.com/2013/07/tipos-de-sustratos-para-cultivo-hidroponico.html> (25 de marzo de 2017)

<sup>14</sup>Lacarra Garcia, A. y Garcia Sandoval, C., *Validación de cinco sistemas hidropónicos para la producción de jitomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) y lechuga (*Lactuca sativa* L.) en invernadero*, <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/31317/1/angelrenelacarragarcia.pdf> (25 de marzo de 2017)



En la mayoría de los sistemas hidropónicos la solución nutritiva está contenida en tanques de cultivo o en tanques de abastecimiento y es conducida a través de tuberías y mangueras para liberarla lo más cerca de las raíces de cada planta. Los criterios para regar van desde cómo se ve la planta, la radiación acumulada, por básculas y por análisis de curvas de drenaje, entre otras.

Independientemente del criterio que se tenga para regar, en los sistemas hidropónicos con sustrato es primordial hacer mediciones de volumen, pH y conductividad eléctrica del agua de riego y drenaje, ya que naturalmente son los mejores indicadores.

En los sistemas hidropónicos en donde la solución nutritiva no se recircula, para evitar acumulación de sales en el sustrato con cada riego se debe propiciar un drenaje o sobreriego de un 10 % a 30 % de lo aplicado con cada riego. La proporción drenada dependerá de las condiciones climáticas, en climas nublados frescos 10 % y hasta 30 % en climas soleados cálidos o donde se usen aguas que tengan altos niveles de salinidad.<sup>15</sup>

#### **1.1.6. Nutrición hidropónica**

Deberán estar calculadas de acuerdo al cultivo al que van a nutrir, ya que cada cultivo tiene requerimientos diferentes.

---

<sup>15</sup>Manual de hidroponía, <http://www.oasisfloral.mx/pdf/manual-hidroponia.pdf> (25 de marzo de 2017)

## **a. Soluciones hidropónicas**

Una forma de preparar la solución nutritiva que ha sido probada con éxito en varios países de América Latina y el Caribe para producir una gran variedad de hortalizas, plantas ornamentales y medicinales está compuesta de dos soluciones concentradas llamadas: Solución concentrada A y Solución concentrada B.<sup>16</sup>

### **1. La solución A**

Es un complejo orgánico hecho a base de macronutrientes para cultivos hidropónicos. Provee los macronutrientes balanceados necesarios para el crecimiento de los cultivos sembrados con la técnica de hidroponía con sustrato.

### **2. La solución B**

Es un complejo orgánico hecho a base de micronutrientes para cultivos hidropónicos. Provee los micronutrientes balanceados necesarios para el crecimiento de los cultivos sembrados con la técnica de hidroponía con sustrato.<sup>17</sup>

---

<sup>16</sup>Edgar Raúl Quezada Aguilar, *Evaluación de tres sustratos en mangas hidropónicas verticales en el cultivo de espinaca (Spinacia Oleracea L.) en las instalaciones del centro universitario del norte, Cobán, Alta Verapaz*. Informe de PPS. Técnico en Producción Agrícola. CUNOR-USAC (Cobán Alta Verapaz, Agronomía, 2010): 48 p.

<sup>17</sup> Antonio Basegonda, Axel Xavier, Mayo de 2015 *Evaluación de sustratos para hidroponía en canaletas para producción de chile pimiento; Coatepeque tesis de grado*. <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2015/06/17/Basegoda-Alex.pdf> (25 de marzo de 2017)

### 1.1.7. Ventajas y desventajas de la hidroponía

Las ventajas en el uso de los sistemas hidropónicos pueden resumirse así:

- Menor número de horas de trabajo
- No es necesaria la rotación de cultivos
- No existe la competencia por nutrientes
- Las raíces se desarrollan en mejores condiciones
- Mínima pérdida de agua
- Mínimo problema con las malezas
- Reducción en aplicación de agroquímicos
- Balance ideal de agua, oxígeno y nutrientes
- Mayor calidad en los productos cosechados
- Mayor uniformidad en la cosecha
- Ahorro en agua y fertilizantes por kilogramo producido
- Se puede usar agua dura o de cierta salinidad
- Mayor limpieza e higiene en los productos obtenidos
- Posibilidad de varias cosechas al año
- Altos rendimientos por unidad de superficie
- En poca superficie se puede lograr un alto rendimiento
- Sin la limitante del suelo, puede producirse en cualquier sitio, incluso los ambientes urbanos.<sup>18</sup>

Entre las desventajas se pueden mencionar:

- Costo inicial alto
- Se requieren conocimientos de fisiología y nutrición agrícola

---

<sup>18</sup>Manual de hidroponía, <http://www.oasisfloral.mx/pdf/manual-hidroponia.pdf> (25 de marzo de 2017)

- Desbalances nutricionales causan inmediato efecto en el cultivo
- Se requiere agua de buena calidad
- Desconocimiento de la técnica
- Delicada (mucho cuidado con los detalles)
- Falta de equipo e insumos.<sup>19</sup>

## 1.2. Espinaca

### 1.2.1. Características

La espinaca es una planta herbácea cuyas hojas, verdes y dispuestas en roseta, se consumen tanto crudas como cocidas. Las hojas tienen forma ovalada y aspecto rugoso, que pueden ser enteras o dentadas. Posee una alta concentración de nutrientes y es fácil de digerir. Los árabes la consideraban la reina de las verduras.

Al igual que la mayoría de las hortalizas de hoja, presentan una gran cantidad de agua y muy bajo porcentaje de proteínas, hidratos de carbono y lípidos. Se distingue por su elevada riqueza nutricional, ya que por su contenido en vitaminas y minerales supera al resto de verduras.<sup>20</sup>

---

<sup>19</sup> *Manual de hidroponía*, <http://www.oasisfloral.mx/pdf/manual-hidroponia.pdf> (25 de marzo de 2017)

<sup>20</sup> *Espinca, Espinacia oleacea / Chenopodiaceae*, <http://www.frutashortalizas.com/Hortalizas/Presentacion-Espinaca.html>, (27 de marzo de 2017)

### 1.2.2. Morfología y taxonomía

|          |                             |
|----------|-----------------------------|
| Reino    | <i>Plantae</i>              |
| Subreino | <i>Tracheobionta</i>        |
| División | <i>Magnoliophyta</i>        |
| Clase    | <i>Magnoliopsida</i>        |
| Subclase | <i>Caryophyllales</i>       |
| Familia  | <i>Amaranthaceae</i>        |
| Género   | <i>Spinacia</i>             |
| Especie  | <i>Spinacia oleracea</i> L. |

#### a. Planta

En una primera fase forma una roseta de hojas de duración variable según condiciones climáticas y posteriormente emite el tallo. De las axilas de las hojas o directamente del cuello surgen tallitos laterales que dan lugar a ramificaciones secundarias, en las que pueden desarrollarse flores. Existen plantas masculinas, femeninas e incluso hermafroditas, que se diferencian fácilmente, ya que las femeninas poseen mayor número de hojas basales, tardan más en desarrollar la semilla y por ello son más productivas.

#### b. Sistema radicular

Raíz pivotante, poco ramificada y de desarrollo superficial.

#### c. Tallo

Erecto de 30 cm a 1 m de longitud en él se sitúan las flores.<sup>21</sup>

---

<sup>21</sup> *El cultivo de la espinaca*, [http:// www.infoagr.com/hortalizas/espinaca.htm](http://www.infoagr.com/hortalizas/espinaca.htm) (06 de marzo de 2017)

#### **d. Hojas**

Caulíferas, más o menos alternas y pecioladas, de forma y consistencia muy variables, en funciones de la variedad. Color verde oscuro. Peciolo cóncavo y a menudo rojo en su base, con longitud variable, que disminuye poco a poco a medida que soporta las hojas de más reciente formación y va desapareciendo en las hojas que se sitúan en la parte más alta del tallo.

#### **e. Flores**

Las flores masculinas, agrupadas en número de 6 a 12 en las espigas terminales o axiales presentan color verde y están formadas por un perianto con 4 a 5 pétalos y 4 estambres. Las flores femeninas se reúnen en glomérulos axiales y están formadas por un perianto bi o tetra dentado, con ovarios unilovulares, estilo único y estigma dividido en 3 a 5 segmentos.<sup>22</sup>

### **1.2.3. Variedades**

#### **a. *Viroflay***

Variedad de porte medio con hojas verde oscuro, anchas, lisas, forma aflechada. Resistente a la amarillez. Tarda de 10 d a 12 d en germinar con el suelo a una temperatura de 3 °C.

---

<sup>22</sup>El cultivo de la espinaca, [http:// www.infoagr.com/hortalizas/espinaca.htm](http://www.infoagr.com/hortalizas/espinaca.htm) (06 de marzo de 2017)

Resiste bien la salinidad y agradece los aportes nitrogenados. Puede cultivarse todo el año, aunque el calor y los días largos del verano es el factor más limitante.<sup>23</sup>

**b. *Giralda***

Variedad de porte muy erecto, hojas lisas de color verde claro y borde muy aflechado. Es de crecimiento muy rápido. Semilla pinchosa. Se debe conservar una humedad constante en el terreno para germinar. La recolección se realiza cortando hojas sueltas cuando las plantas están desarrolladas. En climas templados se empieza a cortar a los 30 d después de la sombra.<sup>24</sup>

**c. *Butterflay***

Variedad excepcional en producción. De hojas grandes, carnosas de forma oval alargada. Muy buena para el mercado en fresco e idónea para la industria del congelado. Es extraordinariamente resistente al espigado. Se puede sembrar al voleo o en líneas.<sup>25</sup>

---

<sup>23</sup> *Espinaca viroflay*, [http://plantas.facilísimo.com/espinaca-viroflay\\_1969370.html](http://plantas.facilísimo.com/espinaca-viroflay_1969370.html) (27 de marzo 2017)

<sup>24</sup> *Espinaca Sevilla sel. Giralda*, <http://profesional.semillasbatlle.com/es/sevilla-sel-giralda> (07 de agosto de 2018)

<sup>25</sup> *Espinaca Butterflay*, <http://profesional.semillasbatlle.com/es/butterfly> (07 de agosto de 2018)

#### 1.2.4. Climas

Soporta temperaturas por debajo de 0 °C, que si persisten bastante, además de originar lesiones foliares, producen una detención total del crecimiento, por lo que el cultivo no rinde lo suficiente.

#### 1.2.5. Temperatura

Las espinacas que se han desarrollado a temperaturas muy bajas (de 5 °C a 15 °C), en días muy cortos, típicos de los meses invernales, florecen más rápidamente y en un porcentaje mayor que las desarrolladas también en fotoperiodos cortos, pero con temperaturas más elevadas (15 °C a 26 °C). Las plantas pequeñas y los plantones sobreviven a temperatura de -9 °C. Si la temperatura es mayor de 26 °C se produce la inhibición total de la germinación.<sup>26</sup>

#### 1.2.6. Prácticas culturales

##### a. Siembra

La siembra debe realizarse en terrenos ligeramente húmedos. La semilla se deposita 1 cm a 2 cm de profundidad. Entre planta y planta debe haber 15 cm a 20 cm de separación y en hileras a una distancia entre cada planta de 30 cm. La germinación depende de la variedad que se utilice en la siembra, se recomienda una temperatura de 4 °C a 6 °C, ya que a medida que se incrementa la temperatura se inhibe la germinación.

---

<sup>26</sup>El cultivo de la espinaca, [http:// www.infoagr.com/hortalizas/espinaca.htm](http://www.infoagr.com/hortalizas/espinaca.htm) (06 de marzo de 2017)



## **b. Riego**

La espinaca se beneficia mucho de la frescura del terreno, especialmente cuando se inicia el calor. Con riego frecuente se pueden obtener buenos rendimientos y plantas ricas en hojas carnosas, especialmente importante en los cultivos que se recolectan tardíamente en primavera.<sup>27</sup>

## **c. Fertilización**

Las extracciones de nutrientes de la espinaca varían mucho en función del ciclo de cultivo, variedad, marco de siembra, etc. Aunque de forma general la fertilización deberá realizarse de acuerdo a la siguiente proporción: 3-1-3 (N-P-K). El suministro de fertilizantes debe ser muy rico y abundante, aunque habrá que tener en cuenta la fertilidad del suelo.<sup>28</sup>

La carencia de boro se manifiesta en la espinaca con una reducción en altura, una clorosis intensa y las raíces muestran un color negruzco. En suelos con pH elevado la carencia de manganeso provoca una clorosis foliar, mientras que las nerviaciones quedan de color verde.<sup>29</sup>

El potasio reduce la concentración de ácido oxálico, contribuye a dar carnosidad a las hojas y a mantenerlas túrgidas

---

<sup>27</sup> *El cultivo de la espinaca*, [http:// www.infoagr.com/hortalizas/espinaca.htm](http://www.infoagr.com/hortalizas/espinaca.htm) (06 de marzo de 2017)

<sup>28</sup> *Ibíd.*

<sup>29</sup> *Espinaca, espinacas, Espinafré*, <http://fichas.infojardin.com/hortalizas-verduras/espinaca-espinacas-espinafre.htm> (27 de marzo 2017)

durante un largo periodo. El fósforo reduce también la concentración de ácido oxálico, pero favorece la rapidez de la elevación. El nitrógeno aumenta la concentración de la vitamina C. El fósforo y el potasio se distribuyen durante la preparación del terreno, mientras que el nitrógeno se adiciona antes de la siembra al 30 %.<sup>30</sup>

**TABLA 1**  
**DEMANDA DE NUTRIENTES**

| <b>Demanda de macro y micronutrientes por espinaca<br/>(<i>Spinacia oleracea L.</i>) para la producción de 22,6 T/ha</b> |                |
|--|----------------|
| <b>Macronutrientes</b>   | <b>kg / ha</b> |
| N  | 35             |
| P  | 3              |
| K  | 80             |
| Ca   | 11             |
| Mg   | 10             |
| S  | 3              |
| <b>Micronutrientes</b>   | <b>g / ha</b>  |
| Fe   | 362            |
| Mn   | 204            |
| Cu   | 20             |
| Zn   | 83             |
| B  | 77             |

**Fuente:** Demanda de macro y micronutrientes por espinaca (*Spinacia oleracea L.*) cultivada en El Llano en Llamas de Jalisco, México  
**Disponible en:** [http://www.ipni.net/publication/iaacs.nsf/0/400AEBF596D1FFD503257ECE0510DB9/\\$FILE/5.pdf](http://www.ipni.net/publication/iaacs.nsf/0/400AEBF596D1FFD503257ECE0510DB9/$FILE/5.pdf)

### 1.2.7. Plagas y enfermedades

- a. Nemátodos de la remolacha
- b. Mosca de la remolacha
- c. Pulgones
- d. *Mildiu*

<sup>30</sup>El cultivo de la espinaca, <http://www.infoagro.com/hortalizas/espinaca.htm> (4 de abril 2017)

e. Mosaico de la remolacha.<sup>31</sup>

### 1.2.8. Cosecha

Las hojas de espinaca se recogen mientras la planta está aún inmadura y forma una roseta que apenas se separa del suelo. La recolección se realiza de forma periódica, porque podrían empezar a florecer. Después de que las plantas midan unos 5 cm; o bien, cortar hojas individuales o corta las cabezas a 3 cm del suelo.

La recolección se inicia en las variedades precoces a los 40 d a 50 d tras la siembra y a los 60 d después de ella con raíz incluida; oscilan las producciones óptimas entre 15 T/ha y 20 T/ha. La recolección nunca se realizará después de un riego, ya que las hojas se ponen turgentes y son más susceptibles de romperse, puede efectuarse de dos formas principalmente: manual o mecanizada.

La recolección manual consiste en cortar las hojas más desarrolladas de la espinaca (*Spinacia oleracea* L.), aproximadamente 5 o 6 cortes de hojas. Si se pretende comercializar plantas enteras, se corta cada planta por debajo de la roseta de hojas a 1cm bajo tierra, en este caso se dará solo una pasada.

En algunas zonas se realizará un segundo corte de 10 d a 15 d después de la primera recolección mecánica. Sin embargo, la calidad del producto que se obtiene es muy inferior.<sup>32</sup>

---

<sup>31</sup> *La Espinaca*, [http://blog.clementeviven.com/?page\\_id=137](http://blog.clementeviven.com/?page_id=137) (27 de marzo de 2017)

<sup>32</sup> *El cultivo de la espinaca*, <http://www.infoagro.com/hortalizas/espinaca.htm> (06 de marzo de 2017)

## **CAPÍTULO 2**

### **METODOLOGÍA**

#### **2.1. Descripción general del área**

##### **2.1.1. Ubicación geográfica**

El proyecto productivo se llevó a cabo en un invernadero en el municipio de Tactic, departamento de Alta Verapaz, ubicado en el kilómetro 184, Barrio Chamché, aproximadamente a 1 km del centro de la ciudad, se localiza geográficamente en las coordenadas *GTM* 515986,08 longitud y 1693695,51 latitud.

##### **2.1.2. Accesibilidad**

El área donde se estableció el proyecto productivo se encuentra ubicada a un costado de la ruta CA-14. Esto permite el ingreso de cualquier tipo de vehículo, lo que facilita el transporte de los materiales e insumos, así como el traslado de la cosecha.

##### **2.1.3. 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 subtropical (frio) (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.

#### 2.1.4. Características climáticas

La localidad de Tactic reporta las siguientes condiciones climáticas:

|                             |                        |
|-----------------------------|------------------------|
| Altitud                     | 1 465 msnm             |
| Temperatura máxima promedio | 22,4 °C                |
| Temperatura media promedio  | 17,7 °C                |
| Temperatura mínima promedio | 13,0 °C                |
| Precipitación               | 1 908 mm <sup>33</sup> |

#### 2.1.5. Instalaciones

Las instalaciones corresponden a un invernadero 8,5 m de largo por 7,5 m de ancho, que totalizan 63,75 m<sup>2</sup>. Con una altura de 4 m, para la producción de diversas hortalizas.

El invernadero lo conforma una estructura de madera, el techo es a dos aguas con abertura cenital para la ventilación, forrado con *nylon* transparente calibre (grosor del nylon) 6, la superficie del suelo es de arena.

---

<sup>33</sup> *Clima: Tactic*, <http://es.climate-data.org/location/54077> (27 de marzo 2017)

## 2.2. Características del material

### 2.2.1. Material vegetal

**Espinaca (*Spinacia oleracea L.*) variedad Viroflay.**

**TABLA 2  
FICHA TÉCNICA**

| <b>Aspectos del producto utilizado</b> | <b>Característica</b>   |
|--|---|
| Ciclo de vida total                    | 90 d  |
| Tipo de siembra                        | Directa   |
| Cosecha                                | 60 d después de la siembra  |
| Dosis de semilla / ha                  | 5 kg/ha a 6 kg/ha   |
| Dimensión de la cama                   | 3 m x 1,20 m  |
| Densidad de siembra                    | 400,000 plantas/ha a 500,000 plantas/ha                               |
| Rendimiento                            | 10 T/ha a 20 T/ha   |
| Control de malezas                     | Manual  |
| No. Semillas                           | 40 000 a 5 000  |
| Características                        | Hoja redondeada, de porte bajo, semi – erecta<br>Color verde intenso. |
| Adaptabilidad                          | 1 800 msnm a 2 000 msnm   |
| Especificaciones del empaque           | Sobres de papel metalizado de 5 gramos.                               |

Fuente: Cultivo de espinaca

Disponible en: [http://www.koalatec.com/hortach/index.php?option=com\\_content&view=article&id=114:cultivo-e-espinaca&catid=42:ariticulos&itemid=29](http://www.koalatec.com/hortach/index.php?option=com_content&view=article&id=114:cultivo-e-espinaca&catid=42:ariticulos&itemid=29)

### 2.2.2. Solución nutritiva

Para el cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea L.*) se realizaron aplicaciones de soluciones nutritivas universales A

(macronutrientes) y B (micronutrientes). Se trabajó con dos concentraciones diferentes.

#### **a. Concentración completa**

Por cada litro de agua se agregó 5 ml de la solución A y 2 ml de la solución B.

#### **b. Concentración media**

Por cada litro de agua se agregó 2,50 ml de la solución A y 1 ml de la solución B.

Se utilizó la dosis recomendada por el “Manual técnico de hidroponía popular” del INCAP para el cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea L.*) donde se indica que debe aplicarse una solución con concentración media en los primeros 7 d después del trasplante, después de los 7 d cuando las plantas ya estaban adaptadas se aplicó la dosis con concentración completa. Para determinar el volumen de soluciones que se aplicó a cada planta también se tomó como base el manual técnico, donde se menciona que por cada metro cuadrado se utilizan 3,5 L de solución de nutrientes.

Se trabajó en un área de 4,6 m<sup>2</sup>; los primeros 7 d después del trasplante se trabajó con una concentración media, por lo que se utilizó 40,25 ml de solución A y 16,1 ml de solución B (en total se usaron 16,156 L). Como fueron 217 plantas, se dividió el total de litros dentro del total de plantas, 74,45 ml / planta. Después de los 7 d de aplicación diaria de la solución con concentración media se cambió a concentración completa; por lo que se utilizó 80,5 ml de solución A y 32,2 ml de solución B, en total 16,212 L, se dividió el

total de litros dentro del total de plantas, dio como resultado 75,05 ml para cada planta.

### 2.2.3. Sustrato

Se utilizó como sustratos piedra pómez.

**TABLA 3  
SUSTRATO**

| Sustrato           | Característica  |
|--------------------|---|
| <b>Arena pómez</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Retención de agua de un 38 %</li> <li>• Completamente libre de microorganismos</li> <li>• pH neutro</li> <li>• Alta porosidad</li> </ul> |

Fuente: Pierda pómez. 2018

Disponible en: [http://www.ecured.cu/Piedra\\_%C3%B3mez](http://www.ecured.cu/Piedra_%C3%B3mez)

## 2.3. Manejo del proyecto productivo

### 2.3.1. Preparación de la estructura

#### a. Materiales para la implementación de cultivo hidropónico

1. Arena pómez
2. Reglas de madera
3. Clavos de 2" y 3"
4. Tubos PVC de 3"
5. Semillas de espinaca (*Spinacia oleracea L.*)
6. Tubos PVC de ½"
7. Solución A y B
8. Contenedores de plástico para las soluciones.



## **b. Canaletas para los sustratos**

Se construyó una cama de 3,80 m de largo por 1,20 m de ancho, con una pendiente de 5 % para realizar el lavado de nutrientes, evacuándolo por medio de un drenaje. La cama con 9 tubos *PVC* de 3" de 3,80 m de largo en la cual se estableció el cultivo.

Se lavó el invernadero con cloro, posteriormente se realizó un segundo lavado con detergente. Posteriormente se fumigó con un fungicida preventivo, para erradicar cualquier tipo de microorganismo.

Como sustrato se utilizó arena pómez, cernida previamente para homogenizar partículas. Se lavó con 10 ml de cloro por un litro de agua, se dejó reposar la arena durante 30 min y al finalizar este proceso se extendió al aire libre por 24 h para que el cloro se volatilizara, después se colocó la arena en los tubos de *PVC*.

## **2.4. Manejo agronómico**

### **2.4.1. Producción de semillas**

Las semillas de espinaca (*Spinacia oleracea L.*) se obtuvieron a través de una empresa agrocomercial.

## 2.4.2. Establecimiento de los cultivos

### a. Semilleros

Las semillas fueron enviadas a una empresa pilonera, donde se encargaron de germinarlas y transformarlas en pilones en el sustrato de *peat moss* que posteriormente fueron utilizados para el sistema hidropónico.

### b. Llenado de las canaletas

Las canaletas de tubos *PVC* se colocaron en las camas hechas de reglas de madera, estas camas se ubicaron con una pendiente del 5 %, para que la solución nutritiva bajara por gravedad y así forma eliminar los excesos.

A continuación, se llenaron las canaletas con arena pómez, con ayuda de una palangana y una cubeta.

### c. Trasplante

Se sumergió por 30 s el sistema radicular de la planta en un fungicida preventivo, con el cuidado de no dañar la raíz. La planta se estableció en el sustrato de arena pómez sin eliminar el *peat moss* para no dañar el sistema radicular, para su siembra definitiva, al finalizar la siembra se aplicó riego para que el pilón no se resintiera.

**d. Aplicación de las soluciones nutritivas**

La aplicación de soluciones nutritivas fue diaria por la mañana, la solución nutritiva universal se diluyó con agua.

**e. Riego**

Los riegos al sustrato se realizaron todos los días entre las 6:00 h y 8:00 h, el último día se realizó el lavado del sustrato.

**f. Lavado de sustrato**

El lavado del sustrato se llevó a cabo solo con agua para no acumular sales en el sustrato, con el doble de lo utilizado en la aplicación de la solución nutritiva, sin añadirle solución alguna. Se realizó una vez a la semana.

**g. Control de plagas y enfermedades**

Se monitoreó diariamente por las mañanas para verificar la existencia de alguna plaga o enfermedad que pudiera dañar a las plantas.

**h. Cosecha**

La primera cosecha se realizó aproximadamente a los 28 d de haber hecho el trasplante a las canaletas, normalmente la espinaca se cosecha cuando las hojas están verdes y no maduras, pues se tornan de un sabor amargo.

**TABLA 4  
DESARROLLO FENOLÓGICO**

| Etapas de desarrollo | Semanas |   |                       |   |   |   |   |                    |   |    |           |    |                        |    |                |
|----------------------|---------|---|-----------------------|---|---|---|---|--------------------|---|----|-----------|----|------------------------|----|----------------|
|                      | 1       | 2 | 3                     | 4 | 5 | 6 | 7 | 8                  | 9 | 10 | 11        | 12 | 13                     | 14 |                |
| Germinación          |         |   | Desarrollo vegetativo |   |   |   |   | Madurez de consumo |   |    | Floración |    | Maduración de semillas |    | Semilla Madura |

Fuente: Cultivo de espinaca, 2014.

Disponible: [sagarpa.gob.mx/Delegaciones/distritofederal/Documents/AgriculturaF/ESPINACA.pdf](http://sagarpa.gob.mx/Delegaciones/distritofederal/Documents/AgriculturaF/ESPINACA.pdf)

#### i. Observaciones en el proceso

1. La segunda y tercer semana, las plantas comenzaron con su desarrollo vegetativo y produjeron hojas y tallos más largos.
2. A los 15 d de la germinación se identificó una plaga (*Myzus persicae sulz*) en tres plantas, se fumigó con un insecticida a base de azufre y para evitar que se esparciera la plaga se eliminaron las plantas afectadas; con esto se erradicó la plaga.
3. Los primeros días después del trasplante las plantas reaccionaron favorablemente a la aplicación de las soluciones nutritivas, ya que se mostraron turgentes y se observaron nuevos brotes que crecían aceleradamente.



## CAPÍTULO 3 PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 3.1. Resultados

Se comenzó con la toma de datos al trasplantar los pilones al sustrato hidropónico, la planta se adaptó bien, como se esperaba, desarrolló raicillas que se adhirieron al sustrato. Esto proporcionó un anclaje adecuado para que la planta pudiera crecer y desarrollarse. Los primeros días después del trasplante las plantas sufrieron estrés, pasados 3 d se recuperaron y se mantuvieron turgentes para continuar su desarrollo.

Debido a los incrementos de temperatura al llegar el medio día las plantas sufrían un decaimiento, para contrarrestarlo se aplicaron riegos los días en los que la temperatura era muy elevada, esto se hizo con el fin de abastecer a las plantas de agua, para que se mantuvieran turgentes y no se vieran afectadas por el proceso de transpiración.

El ciclo del cultivo de la espinaca (*Spinacia oleracea L.*) es de 60 d; en el sistema de producción hidropónica por medio de sustrato sólido se redujo drásticamente ya que a los 25 d algunas plantas desarrollaron hojas de un tamaño adecuado para corte; a los 33 d, el 85 % de las plantas poseía hojas para corte. El ciclo del cultivo se redujo 27 d, lo que corresponde a un 50 % del ciclo total; en comparación con una siembra a campo abierto que requiere el doble de tiempo para la producción del mismo cultivo.

La aplicación de solución nutritiva se hizo diariamente con 87,5 ml de solución A y 35 ml de solución B diluidos en 17,5 L de agua. En los días con mayor temperatura se aplicaba la solución y se hacían riegos solamente con agua para mantener la temperatura de las plantas y evitar el decaimiento de las mismas. Las plantas respondieron de la manera esperada, ya que se vio un crecimiento bastante acelerado.

A los 15 d del establecimiento del cultivo en el sistema hidropónico se observó la presencia de pulgones (*Myzus persicae sulz*); que provocaron mosaico y acolchamiento en el follaje, los huevecillos se alojaban en el cogollo y en el envés de las hojas mayores.

Se produjeron un total de 217 plantas, al momento de la cosecha se contabilizaron un total de 180 ramos, cada ramo con un aproximado de 60 hojas, es decir 12 000 hojas aproximadamente. Los ramos se comercializaron a Q 3,50 con un total de Q 630.

### **3.2. Discusión de resultados**

El desarrollo de raicillas se vio favorecido por la aplicación de la solución nutritiva, ya que ésta, es rica en nutrientes que propician el desarrollo de raíces, al aplicarla directamente, el desarrollo se acelera y por ende la planta se ancla al sustrato generándole estabilidad para su posterior desarrollo. Las propiedades del sustrato (arena pómez) utilizado facilitaron mucho más el anclaje de las plantas, ya que su porosidad y su peso liviano proporcionaron un cierto grado de libertad para el movimiento radicular primario y posteriormente secundario.

Las plantas transpiran con el fin de mantener la temperatura interna estable para no sufrir daños fisiológicos internos, este proceso conlleva una pérdida de agua y de energía por parte de la planta al hacer el

esfuerzo de succionar el agua, si el sustrato se queda sin agua, las plantas no pueden seguir succionando por lo que el agua que transpiran se evapora y se pierde la turgencia de las mismas, es por eso que se optó por hacer riegos esporádicos para mantener húmedo el sustrato y a la vez las plantas.

Un sistema hidropónico se caracteriza por cultivar sin suelo y acelerar los procesos fisiológicos de las plantas que se trabajan, esto debido a que las plantas no hacen esfuerzo alguno por buscar los nutrientes, no hacen gastos innecesarios de energía, los nutrientes se le proporcionan directamente a la plantas a través de las raíces, esto por medio de las soluciones hidropónicas ricas tanto en macronutrientes como en micronutrientes. El ciclo total del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) se redujo a la mitad pues las raíces se desarrollaron rápidamente, proporcionaron el anclaje y tamaño adecuado para la captación de los nutrientes, debido a que la planta no hace un gran esfuerzo en la asimilación de los nutrientes se enfoca en el desarrollo de tallos y hojas.

Las aplicaciones de solución nutritiva se hicieron 6 d a la semana, el séptimo día se realizó un lavado del sustrato con agua sin solución nutritiva, esto con el fin de eliminar los excesos de sales en el sustrato para tener un mejor desarrollo y evitar una posible intoxicación. Se aplicó solución nutritiva por 28 d (sin los días de lavado) en total se usaron 490 L de solución nutritiva para 28 d.

El ataque de los pulgones se identificó gracias al monitoreo diario, se ubicaron en el cogollo de las plantas que presentaban un menor tamaño en relación con las demás plantas, se determinó que eran *Myzus persicae* sulz, para contrarrestar, se procedió a eliminar manualmente las larvas que estaban en las plantas mayores. Las plantas más pequeñas que



estaban afectadas se eliminaron por completo para evitar que los pulgones se esparcieran por todo el cultivo.

En las tablas 5, 6 y 7 se describen los costos de la implementación del proyecto productivo de espinaca (*Spinacia oleracea L.*) para calcular el costo de la inversión y su rentabilidad. La descripción se hace con base en el tiempo de uso del invernadero que fue de 1,09 meses.

En la tabla 8 se hace una breve descripción de la comercialización del producto, se hicieron 3 cortes para un total de 12 000 hojas aproximadamente, cada ramo constaba de 50 hojas a 60 hojas. Cada ramo fue vendido a Q 3,50, se vendieron un total 180 ramos, es decir, se tuvo un ingreso de Q 630. Con base a los datos de los ingresos y del costo total se calculó la rentabilidad del proyecto productivo.

**TABLA 5**  
**COSTO DE IMPLEMENTACIÓN DEL INVERNADERO**

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

Fuente: investigación de campo. 2017

**TABLA 6**  
**AMORTIZACIÓN DEL CAPITAL**

| <b>Invernadero</b>   |                            |                            |                                    |
|--|----------------------------|----------------------------|------------------------------------|
| <b>Depreciación total del invernadero</b>                                  | Precio total               | Vida útil                  | Precio total ÷ años de vida útil   |
|  | Q 7 384,10                 | 10 años                    | Q 738,45                           |
| <b>Costo mensual</b>   | Costo de vida útil por año | 12 meses                   | Costo de vida útil por año ÷ meses |
|  | Q 738,45                   | 12 meses                   | Q 61,54                            |
| <b>Costo de utilización del invernadero (en base al ciclo del cultivo)</b> | Costo mensual              | Ciclo del cultivo en meses | Costo mensual * ciclo del cultivo  |
|  | Q 61,54                    | 1,09 meses                 | Q 67,07                            |
| <b>Cama de soporte</b>   |                            |                            |                                    |
| <b>Depreciación total de la cama</b>                                       | Precio total               | Años de vida útil          | Precio total ÷ años de vida útil   |
|  | Q 183                      | 2 años                     | Q 91,50                            |
| <b>Costo mensual</b>   | Costo de vida útil por año | Meses                      | Costo de vida útil por año ÷ meses |
|  | Q 91,50                    | 12 meses                   | Q 7,62                             |
| <b>Costo de utilización de la cama</b>                                     | Costo mensual              | Ciclo del cultivo          | Costo mensual * ciclo del cultivo  |
|  | Q 7,62                     | 1,09 meses                 | Q 8,30                             |
| <b>Arena</b>   |                            |                            |                                    |
| <b>Depreciación total de la arena</b>                                      | Precio total               | Años de vida útil          | Precio total ÷ años de vida útil   |
|  | Q 175                      | 12 meses                   | Q 14,58                            |

**Fuente:** investigación de campo. 2017

La amortización del capital, refleja el costo del proyecto con base al uso del invernadero durante el ciclo del cultivo. En este caso, se utilizó el invernadero 1,09 meses, es decir, el costo del invernadero para el proyecto fue de Q 67,07 sumado a las depreciaciones de la cama (un costo de Q 8,30) y de la arena (un costo de Q 14,58) determinaron el costo total de la implementación del proyecto, que fue de Q 89,35.

En la tabla 7 se muestra el costo total de la implementación del proyecto que incluye estructura, así como los insumos necesarios (soluciones nutritivas, pilones, transporte y mano de obra), con base al ciclo del cultivo y la depreciación de cada uno de los elementos descritos.

**TABLA 7**  
**COSTO DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO**

| Concepto                            | Valor unitario (Q)            | Unidad                        | Sub total (Q) | Total (Q) |
|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------|-----------|
| <b>Amortización del invernadero</b> | 61,50 / mensual               | 1 mes y 20 d                  | 102,10        |           |
|                                     |                               |                               |               | 67,07     |
| <b>Mano de obra</b>                 |                               |                               |               |           |
| Preparación de la estructura (cama) | 7,62                          | 1 cama * 1,09 meses           | 8,31          |           |
| Limpieza del invernadero            | 50 / jornal                   | 1 jornal                      | 50            |           |
|                                     |                               |                               |               | 58,31     |
| <b>Insumos</b>                      |                               |                               |               |           |
| Solución nutritiva (A y B)          | 19 C/L                        | 4 L                           | 76            |           |
| Sustrato                            | 14,58 m <sup>2</sup> /mensual | 1 m <sup>2</sup> * 1,09 meses | 18,89         |           |
| Pilones                             | 0,15 c / pilón                | 250 pilones                   | 37,50         |           |
|                                     |                               |                               |               | 132,39    |
| <b>Cosecha</b>                      |                               |                               |               |           |
| Transporte del producto             | 10 viaje                      | 1 viaje                       | 10            |           |
|                                     |                               |                               |               | 10        |
| <b>Costos indirectos</b>            |                               |                               |               |           |
| Transporte                          | 10 viaje                      | 10 viajes                     | 100           |           |
|                                     |                               |                               |               | 100       |
| <b>Costo total</b>                  |                               |                               |               | 367,77    |

Fuente: investigación de campo. 2017

### 3.2.1. Ingreso bruto

Se obtuvieron un total de 217 plantas de espinaca (*Spinacia oleracea L.*), para su comercialización se vendieron en ramos de 60 hojas con un valor de Q 3,50 c/u.

**TABLA 8**  
**VENTA DEL PRODUCTO**

| CANTIDAD DE<br>HOJAS<br>COSECHACAS | CANTIDAD DE<br>HOJAS POR<br>RAMO | CANTIDAD<br>DE<br>RAMOS | COSTO<br>TOTAL<br>(Q) |
|------------------------------------|----------------------------------|-------------------------|-----------------------|
| 12 000                             | 60                               | 180                     | 630                   |

**Fuente:** investigación de campo. 2017

$\text{Ingreso neto} = \text{Ingreso bruto} - \text{Costo total}$

$\text{Ingreso neto} = Q\ 630 - Q\ 367,77$

$\text{Ingreso neto} = 262,23$

$\text{Análisis de rentabilidad} = \left( \frac{\text{Ingreso Bruto}}{\text{Costo Total}} \right) * 100$

$\text{Análisis de rentabilidad} = \left( \frac{262,23}{367,77} \right) * 100$

$\text{Rentabilidad} = 71,30\ %$

El valor de la venta de los ramos y el valor total de la implementación del proyecto (basado en el ciclo del cultivo), son datos que se utilizaron para la determinación de la rentabilidad del proyecto productivo. Cabe mencionar que estos datos son calculados con la vida útil de la estructura utilizada.



## CONCLUSIONES

1. El cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea L.*), bajo la técnica de hidroponía por medio de sustrato sólido aceleró la fase vegetativa de las plantas. Debido a la solución nutritiva que se proporcionó a la planta durante el ciclo del cultivo.
2. Las plantas desarrollaron raíces rápidamente gracias a la solución nutritiva, esto permitió que las plantas desarrollaran otros órganos de manera más rápida; como los tallos y hojas.
3. Durante el desarrollo del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea L.*), hubo presencia del pulgón *Myzus persicae sulz*, que fue un vector para que la planta contrajera un virus; que provocó a su vez un acoloramiento en las hojas mayores y detuvo el crecimiento de las hojas menores.
4. El sistema de canaletas es efectivo para la producción de hortalizas de porte bajo o con un desarrollo de raíces pequeña pues la estructura física de la planta se adapta correctamente a los contenedores del sustrato.
5. El proyecto productivo de espinaca (*Spinacia oleracea L.*) se desarrolló para proporcionar nuevas técnicas de cultivo a la población con el fin de reducir costos de producción y tiempo de cosecha; la producción hidropónica es una buena opción ya que se puede tener un control estricto con el agua de riego, reducir el tiempo de cosecha, que influye directamente en una reducción de costos para un ciclo completo de los cultivos.

6. Las condiciones climáticas del municipio de Tactic, departamento de Alta Verapaz, son poco favorables para la producción de hortalizas, ya que las temperaturas son muy bajas. Sin embargo, bajo condiciones de invernadero la producción de hortalizas se puede realizar sin inconvenientes, ya que se controlan los factores que afectan la producción agrícola, los materiales vegetativos se desarrollan adecuadamente.
  
7. En el cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea L.*) el rendimiento se ve afectado directamente por la aplicación de solución nutritiva y las condiciones del invernadero (luz, temperatura, protección). Dichos factores favorecen el ciclo del cultivo, por lo que al utilizar la técnica de hidroponía se aumenta el rendimiento en comparación con el cultivo tradicional a campo abierto. Se aprovechó mejor el área de trabajo ya que se colocaron 217 plantas en 5 m<sup>2</sup>. Además se redujo el uso de agua a lo largo del todo el ciclo del cultivo.

## RECOMENDACIONES

1. Por los resultados satisfactorios obtenidos en el proyecto hidropónico se recomiendan hacer pruebas de más variedades de espinaca (*Spinacia oleracea L.*) para verificar su adaptabilidad a las condiciones en que se produjo el presente proyecto.
2. Hacer pruebas con canaletas de un diámetro mayor e introducir plantas de un mayor tamaño, para evaluar su adaptabilidad al sistema hidropónico.
3. Evaluar distintas soluciones para el cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea L.*) y la evaluación de otros sustratos para el mismo cultivo.
4. Los sistemas hidropónicos son rentables a largo plazo, por tanto, se recomienda realizar proyectos de hidroponía en áreas rurales que produzcan intensivamente.





## BIBLIOGRAFÍA

- Antonio Basegonda, Axel Xavier. *Evaluación de sustratos para hidroponía en canaletas para producción de chile pimiento; Coatepeque. 2015.* <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2015/06/17/BasegondaAlex.pdf> (25 de marzo de 2017).
- Clima: Tactic Alta Verapaz.* <http://es.climate-data.org/location/54077> (27 de marzo 2017).
- Conoce los tipos de sustratos para un cultivo hidropónico,* <http://www.ecosiglos.com/2013/07/tipos-de-sustratos-para-cultivo-hidroponico.html> (25 de marzo de 2017).
- Cultivo de la espinaca,* [sagarpa.gob.mx/Delegaciones/distritofederal/Documents/AgriculturaF/ESPINACA.pdf](http://sagarpa.gob.mx/Delegaciones/distritofederal/Documents/AgriculturaF/ESPINACA.pdf) (27 de marzo 2017).
- El cultivo de la espinaca,* <http://www.infoagro.com/hortalizas/espinaca.htm> (27 de marzo 2017).
- Espinaca, Espanacia oleacea / Chenopodiaceae,* <http://www.frutashortalizas.com/Hortalizas/Presentacion-Espinaca.html>, (27 de marzo de 2017).
- Espinaca, espinacas, Espinafré,* <http://fichas.infojardin.com/hortalizasverduras/espinaca-espinacas-espinafre.htm> (27 de marzo 2017).
- Espinaca viroflay,* [http://plantas.facilísimo.com/espinaca-viroflay\\_1969370.html](http://plantas.facilísimo.com/espinaca-viroflay_1969370.html) (27 de marzo 2017).
- Garduño Martínez, Vicente. *Espinaca hidropónica bajo invernadero.* 2010 [http://imagenagropecuaria.com/2010/espinaca\\_hidroponica\\_bajo\\_invernadero/](http://imagenagropecuaria.com/2010/espinaca_hidroponica_bajo_invernadero/) (25 marzo de 2017).
- Guzmán Díaz, Guillermo A. *Hidroponía en casa: una actividad familiar,* 2004. [http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual\\_ciencia/Hidroponia.pdf](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/Hidroponia.pdf) (25 de marzo de 2017).
- Gilsanz, Juan C. *Hidroponía.* 2010. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/520/1/11788121007155745.pdf> (25 de marzo de 2017).

Lacarra Garcia, A. y C. Garcia Sandoval. *Validación de cinco sistemas hidropónicos para la producción de jitomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) y lechuga (*Lactuca sativa* L.) en invernadero*. <http://cdigital.uv.mx/bits/tream/123456789/31317/1/angelrenelacarragarcia.pdf> (25 de marzo de 2017).

*La Espinaca*. [http://blog.clementeviven.com/?page\\_id=137](http://blog.clementeviven.com/?page_id=137) (27 de marzo de 2017).

*La huerta hidropónica popular*. <http://www.fao.org/3/a-ah501s.pdf> (25 de marzo de 2017).

*Manual de hidroponía*. <http://www.oasisfloral.mx/pdf/manual-hidroponia.pdf> (25 de marzo de 2017).

Mora, Luis. *Sustratos para cultivos sin suelo o hidroponía*. 1999. [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) (11 de marzo de 2017).

Quezada Aguilar, Edgar Raúl. *Evaluación de tres sustratos en mangas hidropónicas verticales en el cultivo de espinaca (*Spinacia Oleracea* L.) en las instalaciones del centro universitario del norte, Cobán, Alta Verapaz*. Informe de práctica profesional supervisada. Técnico en Producción Agrícola. Centro Universitario del Norte— Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: Carrera de Agronomía, 2010.

*Sistemas hidropónicos*. <http://www.smart-fertilizer.com/es/articles/hydroponicsystems> (25 de marzo 2017).

*Tipos de sustratos para hidroponía*. [http://hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main\\_page=page&id=32](http://hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=32) (25 de marzo de 2017).



Adán García Veliz

Lic. Pedagogía e investigación educativa  
Bibliotecario

## ANEXOS

### FOTOGRAFÍA 1 PLANTAS EN LA BANDEJA DE GERMINACIÓN



Tomada por: Juan Pablo Pop Coronado. 2017

### FOTOGRAFÍA 2 TRASPLANTE AL SISTEMA HIDROPÓNICO



Tomada por: Juan Pablo Pop Coronado. 2017

### **FOTOGRAFÍA 3 SISTEMA HIDROPÓNICO ESTABLECIDO**



**Tomada por:** Juan Pablo Pop Coronado. 2017

### **FOTOGRAFÍA 4 RECOLECCIÓN DE DATOS**



**Tomada por:** Juan Pablo Pop Coronado. 2017

**USAC  
CUNOR**

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Centro Universitario del Norte



No. 227-2018

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 ESPINACA (*Spinacia oleracea* L.) EN CONDICIONES DE INVERNADERO MEDIANTE LA TÉCNICA DE HIDROPONÍA POR MEDIO DE SUSTRATO SÓLIDO**

Presentado por el (la) estudiante:

**JUAN PABLO JOSÉ POP CORONADO**

Autoriza el

# IMPRIMASE

Cobán, Alta Verapaz 01 de Octubre de 2018.

Lic. Erwin Gonzalo Eskenasy Morales  
DIRECTOR

