



Universidad Estatal Península de Santa Elena
Facultad de Ciencias Agrarias
Carrera de Ingeniería en Administración de Empresas
Agropecuarias y Agronegocios

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS DE INVERSIÓN DE SISTEMAS HIDROPÓNICOS”

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del título de:

**INGENIERO EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS
AGROPECUARIAS Y AGRONEGIOS**

Autor: Carlos Marcelo Torres Tigero.

La Libertad, 2018



Universidad Estatal Península de Santa Elena

Facultad de Ciencias Agrarias

Carrera de Ingeniería en Administración de Empresas

Agropecuarias y Agronegocios

ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS DE INVERSIÓN DE SISTEMAS HIDROPÓNICOS

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS
AGROPECUARIAS Y AGRONEGOCIOS**

Autor: Carlos Marcelo Torres Tigrero.

Tutora: Ing. Rosa Pertierra, PhD.

La Libertad, 2018

TRIBUNAL DE GRADO

Ing. Néstor Orrala, PhD.
DECANO DE LA FACULTAD

Ing. Andrés Drouet Candell, MSc.
DIRECTOR DE CARRERA

Ing. Carlos Balmaseda, PhD.
PROFESOR DEL ÁREA

Ing. Rosa Pertierra, PhD.
PROFESORA TUTORA

Abg. Víctor Coronel Ortiz, Mgt.
SECRETARIA GENERAL

AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme permitido culminar esta carrera.

A la Universidad Estatal Península de Santa Elena por haberme brindado los recursos necesarios para el desarrollo de mis estudios, labor investigativa y formación académica.

A los docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias, en especial al decano de la carrera Ing. Néstor Orrala PhD., y mi tutora Ing. Rosa Pertierra PhD., que con sus conocimientos aportados me guiaron a cumplir con mi objetivo.

A mi familia y amigos que con su apoyo hicieron posible alcanzar una meta muy importante en mi vida profesional.

Carlos Torres

DEDICATORIA

A Dios por haber permitido en el lapso de este tiempo la culminación de mi meta.

A mis padres José y Mirian, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi capacidad para lograr mis metas.

A mi esposa e hijas que son un pilar fundamental en mi vida y que me han dado su apoyo incondicional en todo momento, dándome ánimos para culminar mi carrera profesional.

Carlos Torres

“El contenido del presente Trabajo de Titulación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena”

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS DE INVERSIÓN DE SISTEMAS HIDROPÓNICOS”

Autor: Torres Tigrero Carlos Marcelo

Tutor: Ing. Rosa Pertierra, PhD.

RESUMEN

En la provincia de Santa Elena debido al clima semiárido es el permanente déficit hídrico, que cubre todo el año. La escasa precipitación, el viento y el ataque de plagas son factores que afectan considerablemente la productividad agrícola. Por estas razones los invernaderos, en los cuales puede lograrse un mejor control de las condiciones ambientales y sanitarias, son un elemento que ayudaría a los productores a obtener una mejor rentabilidad. La hidroponía es una técnica de producción que permite una mayor producción y un mejor manejo de los cultivos agrícolas. Existen variedades de forma de cultivos sin suelo o hidroponía, entre ellos están, cultivos en sustrato, cultivos de raíz flotante, cultivos en aeroponía y cultivos de forraje verde hidropónico (FVH). En la provincia de Santa Elena la hidroponía es una técnica nueva para los productores, debido que no existen datos e información sobre esta. Con capacitaciones y asesoría se podrían implementar los cultivos sin suelo en la provincia, ya que esta puede ser producida tanto para autoconsumo como para comercio. En el presente proyecto de estudio se evaluaron los costos de inversión de tres invernaderos de cultivos sin suelo correspondientes a sustrato inerte, raíz flotante y forraje verde hidropónico. Se realizó un análisis comparativo y de sensibilidad para establecer la rentabilidad de inversión en los cultivos. Se compararon dos tipos de naves o invernaderos tanto de caña guadua como un invernadero metálico prefabricado de fierro galvanizado de 15 m x 7 m x 3.5 m con una superficie de 105 m², posteriormente fue llevado a una superficie de 1000 m² de producción. Existió una diferencia en las inversiones en 1.000 m² para la infraestructura metálica frente a la infraestructura del invernadero de caña guadua. Se observa una diferencia de la nave metálica de USD 1,155.45 superior a la estructura de caña guadua. Cabe recalcar que la

infraestructura de caña guadua conlleva un costo adicional por mantenimiento, y su vida útil es corta. Por lo que se recomendó la inversión en una infraestructura metálica prefabricada debido a que esta no se oxida y su larga vida útil.

ABSTRACT

In the province of Santa Elena due to the semi-arid climate is the permanent water deficit, which covers the whole year. The low rainfall, wind and the attack of pests are factors that greatly affect agricultural productivity. For these reasons, greenhouses, in which better control of environmental and sanitary conditions can be achieved, are an element that would help producers obtain better profitability. Hydroponics is a production technique that allows greater production and better management of agricultural crops. There are crop varieties without soil or hydroponics, among them are substratum crops, floating root crops, aeroponic crops and hydroponic green forage crops (FVH). In the province of Santa Elena hydroponics is a new technique for producers, because there is no data and information about it. With training and advice could be implemented soilless crops in the province, as it can be produced both for self-consumption and for trade. In this study project the investment costs of three greenhouses of soilless crops corresponding to inert substrate, floating root and hydroponic green forage were evaluated. A comparative and sensitivity analysis was carried out to establish the profitability of investment in crops. Two types of buildings or greenhouses were compared, both of bamboo cane and a prefabricated metal greenhouse of galvanized iron of 15 m x 7 m x 3.5 m with an area of 105 m², later it was taken to an area of 1000 m² of production. There was a difference in investments of 1,000 m² for the metallic infrastructure compared to the greenhouse infrastructure of the guadua cane. A difference of the metallic ship of USD 1,155.45 is observed superior to the structure of bamboo cane. It should be noted that the guadua cane infrastructure carries an additional cost for maintenance, and its useful life is short. Therefore, the investment in a prefabricated metallic infrastructure was recommended because it does not rust and its long useful life.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	5
1.1.- Cultivos sin suelo.....	5
1.2.- <i>Tipos de cultivos sin suelo</i>	7
1.2.1.- Sistema Raíz Flotante	7
1.2.2. - Sistema NFT (Nutrient Film Technic).....	8
1.2.3.- Sistema Sustrato Inerte.....	9
1.2.4.- Sistema forraje verde hidropónico o aeroponía	11
1.3.- <i>Ventajas y desventajas del sistema hidropónico</i>	13
1.3.1.- Ventajas.....	13
1.3.2.- Desventajas.....	13
1.4.- <i>Cultivos sin suelo en el Ecuador</i>	14
1.5.- <i>Cultivos sin suelo en la provincia de Santa Elena</i>	16
1.6.- Infraestructuras de invernaderos para cultivos hidropónicos	17
1.6.1.- Tipos de Invernaderos	20
1.6.2.- Materiales estructurales de los invernaderos	23
1.7.- Estructuras de soporte para cultivos sin suelo	31
1.8.- Suministro de agua según el sistema de producción	35
1.9.- Cultivos utilizados bajo sistemas hidropónicos	38
1.10.- Análisis de sensibilidad	40
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS	42
2.1.- Ubicación y descripción del área experimental	42
2.2.- <i>Material vegetativo utilizado en los cultivos sin suelo</i>	43
2.2.1.- Pepino	43
2.2.2.- Lechuga	43
2.2.3.- Maíz	44
2.3.- Metodología	45
2.3.1.- Estudio técnico de los sistemas de cultivo sin suelo	45
2.3.2.- Costos de inversión	50

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
<i>3.1.- Costos de inversión para cultivos sin suelo</i>	<i>51</i>
3.1.1.- Infraestructura de invernadero.....	51
3.1.2.- Infraestructura productiva según sistema de cultivo	54
3.1.3 Inversión Total	61
<i>3.2.- Análisis comparativos de inversión para cultivos sin suelo</i>	<i>70</i>
<i>3.3.- Análisis de sensibilidad.....</i>	<i>71</i>
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	81
Conclusiones.....	81
Recomendaciones.....	82
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Diferencias entre cultivos hidropónicos y cultivos tradicionales.....	16
Tabla 2. Materiales sistema de riego FVH.....	38
Tabla 3. Hortalizas más frecuentes en cultivo hidropónico y su rendimiento.	39
Tabla 4. Características de la variedad de Pepino Jaguar.	43
Tabla 5. Características del maíz híbrido AGRI-104.....	45
Tabla 6. Costo de materiales para la construcción de una nave de invernadero en caña guadua de 15 m de largo x 7 m de ancho x 3.5 m de alto.....	51
Tabla 7. Depreciación de un invernadero de caña guadua.....	52
Tabla 8. Costo de estructura prefabricada en fierro galvanizado para un invernadero de 15x7x3.5 m.....	53
Tabla 9. Depreciación de invernadero metálico.....	53
Tabla 10. Costos de materiales utilizados en construcción de camas para un sistema de sustrato inerte.	54
Tabla 11. Costo de materiales de riego utilizados en cultivo de pepino en sustrato inerte.....	55
Tabla 12. Costo de materiales para cultivo de raíz flotante.	56
Tabla 13. Costos de los materiales de riego en cultivo de raíz flotante.	58
Tabla 14. Costo de materiales en cultivo de FVH.	60
Tabla 15. Costo de materiales de riego para cultivo de FVH en un invernadero de 15x7x 3.5 m.....	61
Tabla 16. Inversión de un invernadero en: a) de caña guadua, b) fierro galvanizado	62
Tabla 17. Inversión de un invernadero en a) caña guadua, b) fierro galvanizado	65
Tabla 18. Costos de inversión de un invernadero en: a) de caña guadua, b) fierro galvanizado	68
Tabla 19. Análisis comparativo de inversión en los distintos sistemas de cultivo sin suelo (en dólares americanos).	71
Tabla 20. Análisis comparativo de inversión en los distintos sistemas de cultivo sin suelo en 1.000 m ²	73
Tabla 21. Análisis comparativo de los ítems más importantes en la inversión de infraestructura de caña.	74
Tabla 22. Análisis comparativo de los ítems más importantes en la inversión de infraestructura metálicos.	75
Tabla 23. Rendimientos del pepino en sustrato inerte en ambas superficies de producción.....	76
Tabla 24. Rendimientos de lechuga bajo el sistema de raíz flotante.	76
Tabla 25. Rendimientos de maíz con el sistema forraje verde hidropónico.	77

Tabla 26. Flujo económico de un invernadero metálico de 1000 m ² para sustrato inerte.....	78
Tabla 27. Flujo de caja económico para el sistema de raíz flotante en invernadero metálico de 1000 m ²	79
Tabla 28. Flujo de caja económico del sistema forraje verde hidropónico en un invernadero de 1000 m ²	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistema de subirrigación.....	11
Figura 2. Estante para FVH.....	34
Figura 3. Ubicación del centro de prácticas de la UPSE.....	42
Figura 4. Sistema sustrato inerte en camas para el cultivo y conducción de pepino ginoico polinizable Jaguar F1 (junio 2018, proyecto P06).	47
Figura 5. Sistema Raíz Flotante en camas para el cultivo de lechuga (mayo 2018, proyecto P06).	48
Figura 6. Sistema forraje verde hidropónico en estructuras metálicas para el cultivo de maíz (mayo 2018, proyecto P06).	49
Figura 7. Sistema de riego con sus componentes: a) tanque fertilizante, b) electroválvula, c) programador de riego.	57
Figura 8. Bandeja perforada de plástico termoformado, perforada para cultivo de forraje verde hidropónico.....	59
Figura 9. Composición de la inversión de un invernadero de caña para sustrato inerte.....	63
Figura 10. Composición de la inversión de un invernadero metálico para sustrato inerte.....	64
Figura 11. Composición de la inversión de un invernadero de caña para raíz flotante.....	66
Figura 12. Composición de la inversión de un invernadero metálico para raíz flotante.....	67
Figura 13. Composición de la inversión de un invernadero de caña para FVH.....	69
Figura 14. Composición de la inversión de un invernadero metálico para FVH. .	69

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1A. Inversión infraestructura de caña guadua frente a una estructura metálica de 1000 m² en un cultivo de sustrato inerte.

Anexo 2A. Inversión infraestructura de caña guadua frente a una estructura metálica de 1000 m² en un cultivo de raíz flotante.

Anexo 3A. Inversión infraestructura de caña guadua frente a una estructura metálica de 1000 m² en un cultivo de forraje verde hidropónico.

INTRODUCCIÓN

En el mundo, millones de personas sufren de hambre a causa de pobreza, desastres naturales, problemas ideológicos, falta de conocimiento, escasa tecnología agrícola y poca disponibilidad de agua para riego. Las consecuencias de estos problemas son una baja producción de alimentos y aumento de la desnutrición.

Ecuador no es ajeno a esta problemática y según el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2016), la pobreza en el Ecuador es alta y se ubica en el puesto 89 de los 188 países analizados, a pesar de los proyectos de desarrollo social que se han implementado en la última década por organismos gubernamentales y no gubernamentales.

En la provincia de Santa Elena el índice de pobreza es superior al 50 % según datos del INEC (2010). Este indicador está directamente relacionado con la población rural que es predominante, la cual se dedica a la agricultura y por lo general no obtiene los ingresos necesarios para solventar sus gastos.

También el cambio climático es el causante de muchas pérdidas en el sector agrícola, pues es cierto que las plantas encuentran un hábitat diferente. Las pérdidas de los cultivos ante un desastre natural como las inundaciones del último periodo lluvioso (invierno) fueron reduciendo a corto plazo los ingresos de los productores y encareciendo por lo tanto la canasta básica.

La problemática que existe en la provincia de Santa Elena debido al clima semiárido es el permanente déficit hídrico, que cubre todo el año. La escasa precipitación, que no supera los 200 mm anuales, obliga a los productores a cavar pozos para obtener agua para sus cultivos y ésta por lo general es de mala calidad debido a su dureza y alta salinidad. El viento es otro de los factores que afectan a las plantas y le exigen mayor gasto de energía para cubrir la transpiración. El

ataque de plagas es otro factor que afecta considerablemente la productividad agrícola. Por estas razones los invernaderos, en los cuales puede lograrse un mejor control de las condiciones ambientales y sanitarias, son un elemento que ayudaría a los productores a obtener una mejor rentabilidad.

El cultivo sin suelo aparece como una alternativa tecnológica válida para zonas áridas o semiáridas, suelos contaminados por el exceso de agroquímicos o por residuos industriales, para zonas con suelos marginales (por condiciones físicas, químicas o biológicas), los cuales no cumplen con los requerimientos nutricionales de los cultivos. En este contexto, en las condiciones actuales donde se desenvuelve el campesino peninsular, el cultivo sin suelo se perfila como una potencial alternativa productiva. En los cultivos hidropónicos no es necesario el suelo, sólo se utilizan sustratos o soluciones acuosas nutritivas como soporte del desarrollo vegetal.

Si bien es cierto que en los últimos años ha habido iniciativas locales de este tipo de producción no se cuenta con reportes técnicos ni análisis de costos de los mismos. La aplicación de esta técnica reduce la pérdida de cultivos disminuyendo los problemas relacionados con proliferación de malezas y enfermedades de la raíz, lo que reduce drásticamente la aplicación de plaguicidas, favorece un ahorro considerable del agua de riego, no se necesita de grandes espacios para producir, existe una mayor higiene de la cosecha al no estar en contacto con la tierra y lo más importante es un mecanismo sostenible y sustentable para luchar contra la pobreza. La hidroponía permite cosechar en periodos más cortos que la siembra tradicional, se obtienen productos con mejor calidad, mayor homogeneidad y mayor rendimiento por superficie.

La agricultura como actividad económica en el Ecuador se caracteriza por su incertidumbre ya que está sujeta a una comercialización sin ninguna política de precios por parte del estado. Se desenvuelve en un escenario imprevisible como son las condiciones climáticas y el ataque de plagas y enfermedades en campo

abierto, que por lo general encarecen los costos de producción. Al cultivar en condiciones protegidas como se hace con los cultivos sin suelo, se reduce la incertidumbre por condiciones ambientales.

Existen diversos métodos de cultivos sin suelos como son: raíz flotante, sustrato inerte, aeroponía y el sistema NFT (nutrient film technique). Cada uno implica diversos tipos de infraestructura y materiales y especies vegetales susceptibles de ser cultivadas con manejos diferenciados.

En la provincia de Santos Elena el cultivo sin suelo es una técnica relativamente nueva. Para postularla como alternativa productiva es necesario calcular los costos de inversión que implica la infraestructura según el sistema a implementar. Es por ello que esta necesidad justifica realizar un análisis económico comparativo y de sensibilidad con distintos materiales disponibles, que sirva de consulta y orientación para quien se interese en esta forma de producción.

Problema científico

¿Es posible que haya diferencias significativas en la inversión de la infraestructura de cultivos sin suelo que potencie o inhiba la masificación de alguno de los sistemas?

Objetivo General

Evaluar las inversiones de infraestructuras en dos tipos de invernaderos de una producción hortícola bajo diversos sistemas de cultivo sin suelo a pequeña escala como alternativa tecnológica y económica que dinamice la economía campesina.

Objetivos Específicos:

- ✚ Establecer los costos de inversión de los tres sistemas de cultivo sin suelo correspondientes a sustrato inerte para pepino, sistema raíz flotante para un cultivo de lechuga y forraje verde hidropónico para maíz.

- ✚ Elaborar un análisis de sensibilidad con distintos materiales y dimensionamiento de la unidad productiva.

- ✚ Comparar los costos de inversión en infraestructuras de invernaderos de los tres sistemas de cultivo sin suelo.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1.- Cultivos sin suelo

El cultivo sin suelo es un método que prescinde de la tierra para sustituirla por un sustrato o por agua. Esta técnica ha avanzado gracias al desarrollo de los análisis químicos, y se considera una esperanza para el futuro de la humanidad, especialmente para combatir el hambre y la inseguridad alimentaria creciente a consecuencia de la superpoblación (Isan, 2013).

El sustrato es un medio sólido inerte que cumple dos funciones esenciales: anclar y aferrar las raíces protegiéndolas de la luz y permitiéndoles respirar, y contener el agua y los nutrientes que las plantas necesitan (Soto, 2015; Correa, 2009). Los gránulos componentes del sustrato deben permitir la circulación del aire y de la solución nutritiva. Se consideran buenos aquellos que permiten la presencia entre 15% y 35% de aire y entre 20% y 60% de agua en relación con el volumen total. Muchas veces es útil mezclar sustratos buscando que unos aporten lo que les falta a otros, teniendo en cuenta los aspectos siguientes:

- ✚ Retención de humedad.
- ✚ Alto porcentaje de aireación
- ✚ Físicamente estable
- ✚ Químicamente inerte
- ✚ Biológicamente inerte.
- ✚ Excelente drenaje
- ✚ Poseer capilaridad
- ✚ Liviano.
- ✚ De bajo costo
- ✚ Alta disponibilidad.

Según Correa (2009), los sustratos más utilizados son los siguientes: cascarilla de arroz, arena, grava, residuos de hornos y calderas, piedra pómez, aserrines y

virutas, ladrillos y tejas molidas (libres de elementos calcáreos o cemento), espuma de poliestireno (utilizada casi únicamente para aligerar el peso de otros sustratos.), turba rubia, vermiculita.

La palabra hidroponía deriva de las palabras griegas hydro (agua) y ponos (labor o trabajo) y significa literalmente "trabajo en agua". La hidroponía, en términos estrictos, es una técnica que permite producir plantas sin emplear suelo, sino agua enriquecida con soluciones minerales nutritivas (Siácara, 2014).

En los cultivos sin suelo el medio de crecimiento y/o soporte de la planta está constituido por sustancias de diverso origen, tanto orgánico o inorgánico, inertes o no inertes, es decir, con tasa variable de aportes a la nutrición mineral de las plantas. Podemos considerar sustancias como perlita, vermiculita o lana de roca, materiales que son consideradas propiamente inertes y donde la nutrición de la planta es externa. Los medios orgánicos pueden ser mezclas que incluyen turbas o corteza de árboles picada, cáscara de arroz etc., que en parte interfieren en la nutrición mineral de las plantas (Gilsanz, 2007).

El mismo autor indica que los países menos desarrollados podrían aprovechar este método para acabar con los problemas de escasez de suelo para uso agrícola y de sobrepoblación, en su mayoría sumida en una pobreza no ajena a las hambrunas. Además de su eficiencia en el uso de recursos como el agua o los nutrientes, de prescindir de la tierra y de precisar mucho menos espacio, la hidroponía supone un ahorro de mano de obra, un control de plagas más sencillo y económico, así como una cosecha de mayor calidad.

De acuerdo con Gamero (2015), la hidroponía como método de producción agrícola está ligada al sistema invernadero, ya que para el desarrollo del mismo es necesario manejar eficientemente las condiciones ambientales. El cultivo hidropónico brinda las condiciones nutricionales necesarias a la planta, reduciendo el gasto energético de la misma en la absorción de nutrientes,

adicional este sistema evita o suprime por completo la tarea de alistar el suelo ya que el mismo prescinde del uso de la tierra. La siembra sin suelo permite unas condiciones sanitarias ideales por el uso de sustratos (en el caso de hortalizas) o bandejas (para la producción de forraje) completamente esterilizados, lo cual evita la contaminación inicial del material vegetal.

Este sistema productivo se caracteriza por ser en cierto modo un ciclo cerrado, ya que el drenaje de agua enriquecida con nutrientes, que no se filtran al suelo sino puede ser reciclada y volver al proceso de fertilización. Cabe aclarar que el agua es uno de los factores con mayor importancia en la hidroponía, sin embargo, el agua aparte de ser de buena calidad debe estar enriquecida con todos los nutrientes vitales para la planta tales como macro y micro minerales (Gamero, 2015).

1.2.- Tipos de cultivos sin suelo

Los cultivos sin suelo son los siguientes: sistema de raíz flotante, sistema de sustrato inerte, sistema de forraje verde hidropónico y el sistema NFT (nutrient film technique).

1.2.1.- Sistema Raíz Flotante

El sistema raíz flotante consiste básicamente en trasplantar plantines sobre láminas de poliestireno (espumafon) de alta y mediana densidad perforadas en donde se asientan las plantas que se mantienen a flote sobre contenedores con solución nutritiva que es recirculada para que esté en constante contacto con la raíz y se oxigene de manera frecuente. Se emplean balsas o camas de cultivo de madera recubiertas con polietileno (Soria, 2012; López *et al.*, 2013). En este sistema las raíces pueden estar total o parcialmente sumergidas en la solución nutritiva (Guzmán, 2004). Los cultivos que mejor se adaptan son aquellos de hoja como lechuga, espinaca y el de plantas aromáticas.

Para Gilsanz (2007), el sistema raíz flotante es el más sencillo de realizar, de bajo costo y no demanda un uso de energía excesivo. Consta de un recipiente en donde se coloca la solución nutritiva y sobre ella flotando la plancha de espumafon que soporta las plantas. En este sistema es necesario realizar la renovación de la solución según la tasa de consumo de la misma. Además, se requiere de la aireación del sistema por medio de agitación de la solución diariamente.

Esta técnica permite obtener producciones automatizadas, y si se cuenta con las herramientas adecuadas, requerirá de cuidados mínimos (como el control de plagas) y el tiempo a cosecha de la mayoría de los cultivos se ve acelerado (Soria, 2012). Permite también optimizar la disponibilidad de nutrientes, reducir la competencia entre plantas y con las condiciones ambientales adecuadas el ciclo de la planta disminuye, obteniéndose cosechas más precoces y con buenos rendimientos.

Las desventajas de esta técnica consisten en la necesidad de reposición frecuente de la solución nutritiva, de airear el medio y prever la contaminación del soporte de espumafon por algas que encuentran su fuente de alimento en la solución nutritiva, incentivadas por el acceso a la luz. Requiere además de un consumo importante de agua (Gilsanz, 2007). Además la recirculación de agua representa un riesgo latente en cuanto a la aparición y transmisión de hongos. Pero un manejo continuo y prolijo del agua, así como el manejo de microclimas dentro del vivero disminuirá los factores de riesgo (López *et al.*, 2013).

1.2.2. - Sistema NFT (Nutrient Film Technic)

El sistema NFT consiste en el cultivo de plantas a raíz desnuda, en canaletas en cuyo fondo fluye constantemente una pequeña película de solución fertilizante a través de caños desde la cual el cultivo se nutre (López *et al.*, 2013). Funciona gracias a la recirculación de la solución nutritiva a través de varios canales de tubos de PVC, ductos ABS o similares que llegan a un contenedor en común (este

deberá de ser oscuro para evitar la incidencia de microalgas en la solución nutritiva) y que con la ayuda de una bomba sube nuevamente dicha solución nutritiva a cada canal, en tiempos previamente determinados en un timer o en funcionamiento continuo. La recirculación suministrará los nutrientes necesarios a las plantas por medio de las raíces que cuelgan desde las canastillas del contenedor para que la planta se desarrolle y crezca adecuadamente (Soria, 2012). El conducto donde se encuentra las raíces debe estar cerrado y oscuro para evitar la evapotranspiración (Guzmán, 2004).

El sistema NFT fue desarrollado para el cultivo de plantas de tallo corto o plantas de hojas como la lechuga en sus diferentes variedades, es una técnica que requiere una inversión media (Soria, 2012).

1.2.3.- Sistema Sustrato Inerte

El sistema sustrato inerte, es una de mezcla de materiales que deben cumplir con los siguientes criterios: no debe descomponerse química o bioquímicamente, no liberar elementos que perjudiquen la salud de las personas y las plantas, ni absorber los elementos nutritivos añadidos a la solución empleada para el cultivo. En el sustrato inerte no existe transferencia de materia entre materiales sólidos y la solución (Burés, s.f.). Algunos medios sólidos utilizados en este tipo de sistemas son perlita, vermiculita, arena, arcilla expandida, gravilla, cascarilla de arroz, etc. En nuestro medio contamos con cascarilla de arroz y arena de río. Este sistema hace que las raíces estén creciendo en un medio sólido inerte que puede retener agua con los nutrientes disueltos en ella y es capaz de drenar el exceso para que exista una aireación adecuada de las raíces. Para los sistemas de cultivo hidropónico es de importancia que la solución nutritiva contenga todos los elementos necesarios y en la composición correcta. La composición correcta depende del cultivo y de su fenología (Beltrano *et al.*, 2015).

a) Riego por goteo con sustrato embolsado

En las últimas décadas la tendencia más generalizada ha sido el empleo de sustratos embolsados en sacos de polietileno con un volumen y dimensiones variables en función del tipo de material empleado para el desarrollo del cultivo. A veces dichos sacos se cuelgan verticalmente, disponiéndose las plantas en agujeros laterales realizados en los mismos, pero lo normal es que se coloquen horizontalmente sobre el suelo, especialmente en cultivos hortícolas de porte alto (López *et al.*, 2013).

Dado que cada una de estas unidades se utiliza para unas pocas plantas, resulta más sencillo controlar los ataques de enfermedades de raíz y asimismo es más fácil manejar y reponer el sustrato. Otra ventaja es que el contenedor, al ser de material plástico, resulta barato y ligero, ofreciendo al mismo tiempo unas buenas condiciones de opacidad. Sin embargo, la principal desventaja es que se requiere una mayor uniformidad de riego al estar la raíz confinada en una unidad de cultivo pequeño (López *et al.*, 2013).

b) Sistema de columnas

Este sistema permite una alta producción de plantas por metro cuadrado y está recomendado para el cultivo de plantas de porte pequeño que toleren estar colgadas y que tengan un sistema radicular no muy extenso. Las plantas que crecen en este sistema deben estar dotadas de luz solar para que se pueda realizar la fotosíntesis y dar buenos rendimientos (López *et al.*, 2013).

c) Sistema de subirrigación

Esta técnica consiste en bombear el agua con nutrientes almacenados en el recipiente A, hacia el recipiente B donde se encuentran las plantas. Esto se hace a intervalos de tiempo accionando la bomba manualmente o mediante un

programador de riego, con el fin de llenar el recipiente B y alimentar las raíces de las plantas, y vaciar nuevamente el recipiente B para proporcionarle oxígeno a las raíces (López *et al.*, 2013).

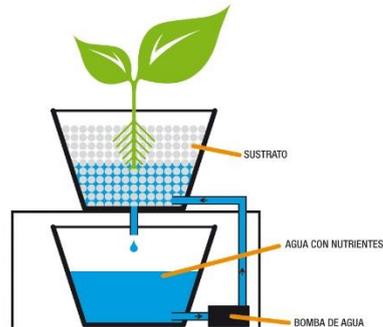


Figura 1. Sistema de subirrigación

1.2.4.- Sistema forraje verde hidropónico o aeroponía

El sistema forraje verde hidropónico, radica en la germinación de semillas de gramíneas o leguminosas (maíz, cebada, avena, sorgo y alfalfa) y posteriormente el crecimiento de las plantas es bajo condiciones ambientales controladas (luz, temperatura y humedad) sin suelo.

La principal ventaja que aporta la aeroponía es la excelente aireación que el sistema proporciona a las raíces, uno de los factores limitantes con los que cuenta la hidroponía. Basta tan solo considerar que la cantidad de oxígeno disuelto en el agua se mide en mg L^{-1} , o partes por millón (ppm), siendo de $5\text{-}10 \text{ mg L}^{-1}$ a 20°C . Mientras que la cantidad de oxígeno disuelto en el aire se mide en porcentaje (21%), lo que nos indica que la concentración de oxígeno en el aire es del orden de 20.000 veces más elevado que la concentración del mismo gas disuelto en el agua. Los principales inconvenientes que presentan los sistemas aeropónicos tradicionales son: el coste elevado de la instalación y las obstrucciones de las boquillas de pulverización que pueden producirse si no se dispone de presión suficiente y/o una instalación adecuada (Soria, 2012).

Un ejemplo de dimensionamiento lo da Soria (2012) quien indica, que con un tanque de plástico de 200 L de capacidad se puede alimentar una cámara de crecimiento en la que se encuentran las raíces en completa oscuridad. Una bomba con capacidad de 1.5 HP se encarga de distribuir y pulverizar finamente la solución nutritiva, lo que permite atender simultáneamente 60 puntos de distribución, por cada uno de los cuales se pulveriza la solución nutritiva a razón de 10 L h^{-1} (Soria, 2012).

El forraje verde hidropónico (FVH) es una tecnología relacionada con la aeroponía, en la cual se produce biomasa vegetal de alta sanidad y calidad nutricional, rápidamente (9 a 16 días), en cualquier época del año y en cualquier localidad geográfica, siempre y cuando se establezcan las condiciones mínimas necesarias para ello. Es complementaria y no competitiva con la producción convencional de forraje a partir de especies aptas para cultivo forrajero convencional (Villavicencio, 2014).

El mismo autor menciona que el forraje hidropónico, se obtiene a partir del crecimiento inicial de semillas de cereales en los estados de germinación y crecimiento temprano de plántulas, a partir de semillas viables y su posterior crecimiento bajo condiciones ambientales controladas (luz, temperatura y humedad) y en ausencia del suelo, para lo cual usualmente se utilizan semillas de avena, cebada, maíz, trigo y sorgo. Constituye un recurso forrajero de alta digestibilidad, calidad nutricional y muy apta para la alimentación animal.

Este sistema puede proporcionar un suministro constante de alimento para el ganado durante épocas críticas de abastecimiento de forrajes (sequía, bajas temperaturas), siendo apropiado para su producción en pequeñas superficies. También ha sido probado con éxito en sistemas intensivos de producción animal para proporcionar un nuevo ingrediente como alimento, suplemento y/o reemplazo de uno o más componentes de la ración diaria, debido a su alta

palatabilidad, digestibilidad y por presentar en general niveles óptimos (según requerimiento animal) de energía, vitaminas y minerales (Villavicencio, 2014).

1.3.- Ventajas y desventajas del sistema hidropónico

1.3.1.- Ventajas

Las ventajas de implementar sistema hidropónico según Douglas (2011) son las siguientes:

- ❖ Óptimo control de la mezcla agua-nutriente.
- ❖ Corrección rápida y fácil de los nutrientes para los cultivos.
- ❖ Control de conductividad eléctrica (salinidad) y pH (indica el grado de alcalinidad o acidez de una solución).
- ❖ Mayor producción en menor tiempo.
- ❖ Libre de contaminación provocada por el suelo.
- ❖ No existe explotación ni por tanto degradación del suelo.
- ❖ Amigable con el medio ambiente.
- ❖ Se evita la maquinaria agrícola (tractores, rastras, etcétera).
- ❖ Limpieza e higiene en el manejo del cultivo.
- ❖ Mejor y mayor calidad del producto.

1.3.2.- Desventajas

Siacara (2014), opina que las principales desventajas que se presentan al implementar un sistema hidropónico para la producción de hortalizas son:

- Como actividad comercial, la inversión inicial es costosa.
- Se requiere agua de buena calidad.
- Se requiere de un abastecimiento continuo de agua.

- Crecimiento de algas en las estructuras de soporte de los cultivos principalmente en las hortalizas de hojas.

Se puede agregar que al hacer recirculación de la solución no absorbida por las plantas aumentamos el riesgo de transmisión de agentes patógenos. Además se requiere un conocimiento técnico específico para llevar adelante la producción. Sin embargo, con capacitación es asequible a cualquier persona.

1.4.- Cultivos sin suelo en el Ecuador

Según Cruz y Matías (2010), uno de los principales problemas de la actividad agrícola en el Ecuador y a nivel mundial, son los fenómenos adversos para la producción de hortalizas: sequías, fuertes precipitaciones, bajas temperatura, excesiva radiación solar, fuertes corrientes de vientos que acaman los cultivos, problemas de plagas y enfermedades, que afectan la producción agrícola, causando pérdidas económicas y escasez de productos en el mercado. En el Ecuador, la producción de hortalizas está proyectándose con éxito tanto para el mercado local como para los mercados internacionales, debido a la calidad de los productos. Esto ha logrado motivar cada vez más a los agricultores para que incursionen en este importante sector productivo. Entre las hortalizas cuya demanda ha crecido se destaca la lechuga, especialmente la producida de manera orgánica.

Además, mencionan que el déficit de agua y la escasez de suelo que ocurren en varias comunidades y en ciertas épocas del año, han provocado inversiones para implantar el uso de cultivos hidropónicos en invernaderos y fuera de ellos, para conseguir una mayor producción con un bajo consumo de agua y en el menor período de tiempo.

En este sentido el cultivo hidropónico surge como una alternativa a la agricultura tradicional de la zona, cuyo principal objetivo es disminuir los factores limitantes

del crecimiento vegetal asociados a las características del suelo, manteniendo un alto volumen de producción durante todo el año.

Con la hidroponía se favorece un incremento en el número de cosechas al año por área de producción, no hace falta que transcurra un tiempo limitado de descanso entre cosechas y se controla la nutrición de la planta (Cruz y Matías, 2010).

Guanochanga y Betancourth (2010) mencionan que al principio de los 90 se empieza a incursionar en cultivos hidropónicos en el Ecuador con técnicas que fueron creadas en Holanda sin modificarlas, siendo estos cultivos más saludables al no contener parásitos, hongos, bacterias o sea contaminantes para el medio ambiente. Este tipo de cultivos no prosperó como se esperaba, debido a la dependencia tecnológica lo que ocasionó que el precio del producto fuera alto, por lo tanto no rentable. En el Ecuador este método de cultivo está introduciéndose en el área urbana, pero de forma artesanal debido a la poca información que las personas tienen de esta forma de cultivo. En la actualidad algunos sectores de la sierra como Cuenca, Latacunga y Quito este tipo de cultivos han incrementado visiblemente, debido también a que los consumidores prefieren los productos sin pesticidas y comer en forma sana.

La hidroponía se la puede construir en terrazas, balcones, patios de las casas, este método de cultivo permite tener lechugas, hierbas medicinales, frutillas, pimientos entre otros cultivos. Actualmente a escala comercial sólo existen tres grandes empresas hidropónicas, ubicadas en la provincia de Pichincha y concentradas en la producción de lechuga, que abastecen todo el mercado ecuatoriano (Guanochanga y Betancourth, 2010).

Para López *et al.* (2013) existen las siguientes diferencias entre los sistemas de producción hidropónica y tradicional (Tabla 1).

Tabla 1. Diferencias entre cultivos hidropónicos y cultivos tradicionales.

CRITERIOS	CULTIVOS HIDROPÓNICOS	CULTIVOS TRADICIONALES
Instalaciones de cultivo	Interiores, balcones, terrazas, patios, etc. Realizando instalaciones supuestas, puede multiplicarse aún más el espacio.	Parcelas de tierras con suelo fértil.
Nivel de producción	Densidades mayores. Mejor uso del espacio y la luz.	Limitado a la fertilidad del suelo.
Control de malezas	Cultivos en medio fitosanitario extraordinariamente bueno. Prácticamente inexistente.	Alta presencia de malezas.
Calidad del fruto	El fruto es firme, lleno de nutrientes, con una capacidad de conservación que permite a los agricultores cosechar la fruta madura y enviarla, a pesar de ella, a zonas distantes.	A menudo existe deficiencia de Calcio y Potasio, lo que da lugar a una escasa conservación.
Nutrición de la planta	Controlada, estable.	Muy variable. Difícil de controlar
Ciclo de cultivo	Menor.	Mayor.
Mano de Obra	No se necesita, a pequeña escala, mano de obra calificada.	Necesariamente se debe contar con conocimientos, o asesoría.
Costos de producción	Todas las labores pueden automatizarse, con la respectiva reducción de gastos. No se usan implementos agrícolas. Ahorro de tiempo y dinero en estos aspectos.	Uso de mano de obra, fertilizantes, fungicidas, insecticidas, preparación del suelo, etc.

Fuente: López *et al.*, 2013.

1.5.- Cultivos sin suelo en la provincia de Santa Elena

La provincia de Santa Elena se caracteriza por poseer una vasta superficie que podría ser aprovechada para una amplia gama de cultivos; sin embargo, la gran proporción de suelos marginales y las condiciones climáticas que en los últimos

años se han vuelto impredecibles lo vuelven vulnerable en cuanto a la confiabilidad de los retornos de inversiones de forma segura. En este contexto la hidroponía es un método de producción, muy diferente al sistema tradicional, permite una mejora en las condiciones de cultivo, prescinde del suelo y disminuye los riesgos de pérdidas. Actualmente no se encontró evidencias de cultivos hidropónicos a escala comercial en la zona.

1.6.- Infraestructuras de invernaderos para cultivos hidropónicos

Según Mojica *et al.* (2014), un invernadero es una construcción agrícola que genera un microclima ideal para el desarrollo y crecimiento de los cultivos, con el propósito de aumentar su rendimiento y mejorar la calidad del producto final. Además, otro objetivo fundamental de los invernaderos es lograr la producción sistemática y fuera de estación de cultivos hortofrutícolas u ornamentales.

De acuerdo con Beltrano *et al.* (2015), cuando se proyecta la construcción de un invernadero deben tomarse en cuenta las características climáticas de la zona, abastecimiento y calidad del agua con fines de riego y otras como la posibilidad de suministro de energía eléctrica, caminos y comunicaciones. Respecto al clima, es necesario considerar los parámetros que lo caracterizan como: evolución de las temperaturas medias diarias, extremas y estacionales, humedad relativa, periodo libre de heladas, heliofanía teórica y real, intensidad de la radiación, pluviometría mensual y el régimen de vientos, en cuanto a su velocidad máxima, ráfagas y dirección predominante. Este parámetro es importante tanto por la acción mecánica (daños sobre la estructura y cubierta) como por su influencia en el incremento de las pérdidas de calor en el invernadero. La forma del invernadero tiene importancia primordial en dos conceptos: la luminosidad interior y la resistencia al viento, siendo importantes la forma del techo y el ángulo de techumbre. La presión que ejerce el viento sobre la estructura depende de la forma de ésta, la dirección y la intensidad del viento, el material de cobertura, y la

existencia o no de protecciones (barreras rompevientos). Los invernaderos con techos redondeados son más resistentes y los plásticos flexibles ofrecen mejor comportamiento que los rígidos. El viento tiene distinto efecto sobre las distintas partes del invernadero. La pared en barlovento (dirección que viene el viento) duplica a la presión que soporta la pared en sotavento. En el techo la cara orientada en sotavento sufre presiones que tienden a elevarlo. Es conveniente que el eje principal del invernadero se ubique en dirección a los vientos dominantes y que no haya puertas ni ventanas con esa ubicación.

Un invernadero está constituido principalmente por tres componentes: una estructura, una cubierta y unos sistemas adicionales para el control del clima. La estructura es de materiales como acero, aluminio o madera. (Mojica *et al.*, 2014; Fernández *et al.*, 2017). La cubierta, necesariamente, debe ser construida con un material transparente para que permita el paso de la radiación solar al interior del invernadero. Los materiales más comunes al respecto son: los plásticos flexibles, como el policloruro de vinilo (PVC), el polietileno de baja densidad (PE) y el etileno vinilo de acetato (EVA). Existen además los plásticos con propiedades antiviral, antibotritis, antigoteo, fotoselectivos, fotodegradables y rígidos, como el polimetacrilato de metilo (PMM), el policarbonato (PC), el poliéster con fibra de vidrio y el vidrio. Los invernaderos deben idealmente contar con sistemas que permitan el control de variables ambientales como temperatura, humedad, luminosidad y nivel de CO₂, factores que influyen directamente en la producción, productividad y sanidad de los cultivos (Mojica *et al.*, 2014).

Los invernaderos se pueden clasificar de distintas formas, según se atienda a determinadas características de sus elementos constructivos (por su perfil externo, según su fijación o movilidad, por el material de cubierta, según el material de la estructura) (Gassó *et al.*, 2011).

Fernandez *et al.* (2017), mencionan que cuando se proyecta construir un invernadero, generalmente influye mucho en la decisión la inversión inicial, por lo

que hasta hace muy poco el material más empleado ha sido la madera. Actualmente se tienen en cuenta también otros criterios de gran importancia como son el costo de mantenimiento posterior de las instalaciones (en el caso de la madera muy superior al metal), la vida útil de las mismas, las condiciones ambientales en el interior de la estructura (luminosidad), la limpieza, etc.

La diversificación productiva, es muy necesaria en los tiempos actuales, y un invernadero es una herramienta muy útil para producir hortalizas y flores fuera de temporada, conseguir mayor precocidad, aumentar los rendimientos, acortar los ciclos vegetativos de las plantas, mejorar la calidad de los cultivos mediante una atmósfera interior artificial y controlada. Las estructuras de los invernaderos deben obedecer a cálculos de estática y resistencia, permitiendo instalar distintos equipamientos y soportar la sobrecarga producida por los cultivos suspendidos (Marín, 2013).

Los invernaderos permiten utilizar tanto cubiertas flexibles (film plástico, malla de sombreado, malla monofilamento, etc.) como rígidas (PVC, policarbonato, chapa metálica, etc.), el cristal también puede ser utilizado. La ventilación en los invernaderos se puede instalar tanto en techos como en frontales y laterales, con apertura manual o motorizada con posibilidad de automatizarse. La infraestructura de los invernaderos es susceptible de ser mejorada con diversos equipamientos o tecnificación, tales como: Mesas fijas; móviles o transportables, calefacción, enfriamiento, CO₂, nebulización, pantallas térmicas, equipos de control climático y de fertirrigación, entre otros (Marín, 2013).

De acuerdo con Fernández *et al.* (2017), para seleccionar uno u otro material habría que tener en cuenta los siguientes factores:

- ✓ Durabilidad, resistencia a la humedad, agentes corrosivos, etc.
- ✓ Resistencia mecánica.
- ✓ Ligereza del material.

✓ Precio.

1.6.1.- Tipos de Invernaderos

Gassó *et al.* (2017); y Beltrano *et al.* (2015) mencionan que con la finalidad de escoger una buena estructura se basa la clasificación según la conformación estructural o perfil externo:

❖ Invernaderos planos o tipo parral

Este tipo de invernadero se utiliza en zonas poco lluviosas, aunque no es aconsejable su construcción. La estructura de estos invernaderos se encuentra constituida por dos partes claramente diferenciadas, una estructura vertical y otra horizontal pueden ser de madera o metal, sobre la que se coloca una doble mallas de alambres que sujetan la lámina de polietileno, con el fin de brindar mayor seguridad a la cubierta frente a la ocurrencia de vientos fuertes. Se caracterizan por la escasa pendiente de su techumbre (11 a 15 °), lo que reduce la captación de radiación solar y aumenta la caída de gotas de agua que se forman como consecuencia de la condensación en el techo sobre el cultivo. Encierran un gran volumen de aire, poseen bajo sombreado interno, son resistentes a los vientos, pero tiene una deficiente ventilación y pueden romperse con precipitaciones intensas, por su baja capacidad para evacuar el agua.

❖ Invernadero en raspa y amagado

Su estructura es muy similar al tipo parral pero varía la forma de la cubierta. Se aumenta la altura máxima del invernadero en la cumbre, que oscila entre 3 y 4,2 m, formando lo que se conoce

como raspa. En la parte más baja, conocida como amagado, se unen las mallas de la cubierta al suelo mediante vientos y horquillas de hierro que permite colocar los canalones para el desagüe de las aguas pluviales. La altura del amagado oscila de 2 a 2,8 m, la de las bandas entre 2 y 2,5 m.

❖ **Invernadero asimétrico**

Difiere de los tipos raspa y amagado en el aumento de la superficie en la cara expuesta al sur, con objeto de aumentar su capacidad de captación de la radiación solar. Para ello el invernadero se orienta en sentido este-oeste, paralelo al recorrido aparente del sol.

La inclinación de la cubierta debe ser aquella que permita que la radiación solar incida perpendicularmente sobre la cubierta al mediodía solar durante el solsticio de invierno, época en la que el sol alcanza su punto más bajo. Este ángulo deberá ser próximo a 60° pero ocasiona grandes inconvenientes por la inestabilidad de la estructura a los fuertes vientos. Por ello se han tomado ángulo comprendidos entre los 7 y 9° en la cara sur y entre los 15 y 23° en la cara norte.

❖ **Invernaderos de capilla**

Los invernaderos de capilla simple tienen la techumbre formando uno o dos planos inclinados, según sea a un agua o a dos aguas. Son estructuras de mediana a baja complejidad de construcción, pudiendo realizarse con materiales de bajo costo, según la disponibilidad en la zona. Presentan la desventaja de requerir elementos de soporte internos que producen mayor sombreado y la ventilación puede resultar dificultosa.

❖ **Invernaderos de doble capilla**

Los invernaderos de doble capilla están formados por dos naves yuxtapuestas. Su ventilación es mejor que en otros tipos de invernadero, debido a la ventilación cenital que tienen en cumbrera de los dos escalones que forma la yuxtaposición de las dos naves; estas aberturas de ventilación suelen permanecer abiertas constantemente y suele ponerse en ellas malla mosquitera.

Además, también poseen ventilación vertical en las paredes frontales y laterales. Este tipo de invernadero no está muy extendido debido a que su construcción es más dificultosa y cara que el tipo de invernadero capilla simple a dos aguas.

❖ **Invernadero túnel o semicilíndrico**

Se caracteriza por la forma de su cubierta y por su estructura totalmente metálica. El empleo de este tipo de invernadero se está extendiendo por su mayor capacidad para el control de los factores climáticos, su gran resistencia a fuertes vientos y su rapidez de instalación al ser estructuras prefabricadas. Se utilizan para crear, en un volumen reducido, un microclima adecuado para el crecimiento y desarrollo de los vegetales. Pueden emplearse como sistemas semiforzados para proteger sólo la primera fase del cultivo. Como sistema forzado son recomendables para cultivos de mediano a bajo porte. Pueden tener dimensiones variables según la finalidad. La ventilación suave puede utilizarse para atenuar la posible inversión térmica causada por el uso de polietileno transparente. Puede utilizarse polietileno perforado que permite un intercambio de aire continuo manteniendo los niveles de

temperatura y humedad en valores adecuados y disminuyendo el requerimiento de ventilación.

❖ **Invernaderos de techumbre curva.**

Son de mediana a baja complejidad de construcción y permiten un buen aprovechamiento del espacio interno. Poseen buena transmisión de la radiación solar y alta inercia térmica, aunque puede dificultarse la ventilación, dependiendo del ancho y del sistema constructivo.

1.6.2.- Materiales estructurales de los invernaderos

La estructura de los invernaderos puede ser en madera, hierro, acero o aluminio y otros materiales como; viguetas de hormigón pretensado, alambre y cable o hilo de materiales sintéticos (Fernández *et al.*, 2017). Las estructuras construidas en madera son menos luminosas y reducen los espacios libres dentro del invernadero, al requerir la instalación de postes como soporte, generalmente distanciados entre 2 y 3 metros. Como ventaja puede mencionarse la facilidad de armado y su baja conductividad térmica, lo que permite cierto ahorro energético si se utiliza algún método de calefacción. Para prolongar la vida útil de estas estructuras, la madera debe tratarse previamente con materiales que ayuden a su preservación. El uso de hierro y acero requiere montaje por personal especializado, con piezas que deben venir de fábrica. Poseen máxima anchura libre de las naves y muy buena iluminación; mientras que el aluminio presenta ventajas constructivas, pero un costo elevado (Beltrano *et al.*, 2015). El galvanizado es una película de zinc con la cual se protege al hierro o al acero contra la corrosión. Es fundamental la calidad de este galvanizado (espesor y galvanización interior) (Fernández *et al.*, 2017).

El invernadero “multitúnel” utiliza casi exclusivamente el hierro galvanizado como material de estructura. Este invernadero goza cada vez más de gran

aceptación para la producción de flor cortada y planta ornamental en maceta, aunque también está aumentando considerablemente su utilización para cultivos hortícolas (Fernández *et al.*, 2017).

Las características más generalizadas de un invernadero prefabricado multitúnel se pueden resumir de la siguiente manera según (Fernández *et al.*, 2017):

- Pilares de tubo de hierro galvanizado de 60 mm de diámetro y alturas de 2,5, 3 y 3,5 m de espesores de pared de 1,5, 2 y 3 mm respectivamente.
- Separación entre pilares: 2 m en el perímetro y 4 m entre pilares interiores.
- Arcos de tubo curvado de 60 mm de diámetro separados cada 2 m.
- Canales de 20 a 25 cm de ancho. Pendiente recomendada de 0,25%.
- Cimentación recomendada para altura de canal de 2,5 m: zapata de hormigón de 70 cm de profundidad x 40 x 40 cm.
- Ventilación lateral continua por tubería que enrolla el plástico.
- Ventilación cenital continua opcional. Correas dentadas y cremalleras.
- Unión del plástico a la estructura por medio de perfiles acanalados de acero o aluminio en los que encajan a presión piezas de madera, plástico o aluminio.

Las características de los materiales más comúnmente empleados en invernaderos no prefabricados, derivados del invernadero “tipo parral” según Fernández *et al.* (2017), son:

Perímetro o bandas:

- Tubo hueco de hierro galvanizado de 3” y 2,2 mm de espesor mínimo.

- Viguetas de hierro IPN 80-100-120.
- Redondos de eucalipto de 14-20 cm de diámetro.

Soportes centrales:

- Tubo hueco de hierro galvanizado de 2,5” y 2,2 mm de espesor mínimo.
- Poste de hormigón pretensado de 6 x 6 cm.
- Redondos o pies derechos de eucalipto de 10-12 cm de diámetro.

Alambres:

- Amagados y vientos (o tensores): de 4,4 mm
- Tejido superior:
 - o Llano de 2,40 mm tejido con 2 mm formando cuadros.
 - o Trefa de 2 o 3 hilos de 3 mm
 - o Cerco con trefa de 3 hilos de 3 mm
- Tejido inferior:
 - o Llano de 2 mm tejido con 1,8 mm formando cuadros.
 - o Trefa de 3 hilos de 3 mm
- Bandas:
 - o Llano de 2,40 mm tejido con 2 mm formando cuadros.
 - o Trefa de 3 hilos de 3 mm en la parte central e inferior.

Cuando se construye un invernadero la mayor fuerza (resistencia mecánica) se le da en las esquinas, posteriormente en las bandas expuestas a los vientos dominantes, seguidamente en el resto de bandas y donde menor resistencia

requiere es en el centro. La mayor o menor fuerza va en función del diámetro de los materiales empleados y la mayor o menor separación entre ellos (Fernández *et al.*, 2017).

Las ventajas para un buen diseño, construcción y manejo de un invernadero, según (Marín, 2013), son:

- ❖ Altos rendimientos, en la producción,
- ❖ Mejor calidad (tamaño, color, forma),
- ❖ Mejor sanidad e inocuidad de los cultivos (limpios, sanos).

✓ **Dimensiones de un invernadero**

Las dimensiones de los invernaderos son variables. Cabría pensar que el invernadero debería cubrir la mayor superficie posible, teniendo en cuenta que cuanto mayor superficie cubramos con un invernadero menores, proporcionalmente hablando, serán las pérdidas de calor a través de paredes y techo, además de un menor coste por metro cuadrado. Pero el tamaño del mismo viene limitado en principio, por las necesidades de ventilación. Los invernaderos tipo parral tienen una gran capacidad para adaptarse a cualquier terreno, no teniendo limitaciones en cuanto a su forma, dimensiones e incluso nivelación del terreno. Nos encontramos con invernaderos que presentan desde poco más de 1.000 m², hasta invernaderos que superan la hectárea (Fernández *et al.*, 2017).

Cuando se proyecta la construcción de un invernadero, es necesario tener en cuenta que la relación largo/ancho juega un papel muy importante en el microclima que se genera en su interior. De esta relación depende la superficie expuesta del invernadero, es decir los metros cuadrados de pared que están en contacto con el clima exterior. A mayor superficie expuesta mayores pérdidas de calor en épocas de bajas temperaturas y mayor cantidad de plástico es necesario

para el cerramiento de la estructura. Por otra parte, a menor superficie expuesta mayores problemas para asegurar la ventilación pasiva (Fernández *et al.*, 2017).

Según Marín (2013), debemos tener en cuenta lo siguiente para la construcción de un invernadero:

♣ **Altura recomendable del Invernadero**

Se tienen varias experiencias en la construcción de invernaderos, la que ha dado mejores resultados es aquella que permite alcanzar 3 metros cúbicos por cada metro cuadrado de superficie. En estas condiciones se logra un mejor desarrollo de los cultivos altos como tomates y otros. Si bien se va a necesitar una mayor calefacción interior (en caso de necesitarse), el calor se conservará por más tiempo.

♣ **Orientación**

Dentro de las características para la orientación de un invernadero deben permitir recibir mayor iluminación (orientación de este a oeste), la disposición del terreno, los vientos dominantes y la forma del invernadero van a condicionar su orientación y la disposición de las líneas de cultivo. Las líneas de cultivo deben situarse norte-sur para evitar la proyección de sombra de unas sobre otras y que sobre todas ellas incida la misma cantidad de radiación solar a medida que el sol se desplaza a lo largo del día. En cambio, en aquellos de menor longitud, la ventilación se puede efectuar a través de ventanas ubicadas en la parte alta del frente y del fondo, las que también deben contar con un mecanismo de abertura y cierre.

♣ **Área de las ventanas**

El área de las ventanas es importante, especialmente con la adopción de sistemas de exclusión de insectos, por lo que se recomienda una relación: Área de ventana / Área del suelo $\geq 25\%$

Al techo de los invernaderos se les debe dar bastante pendiente (30%) para facilitar que las gotas de agua, producto de la condensación de la transpiración de las plantas y la evaporación del suelo caigan hacia los lados y no sobre los cultivos. Así se evita el desarrollo de enfermedades en los vegetales. Muchas veces la pendiente del terreno (topografía) decide la orientación de la nave o caseta. En los suelos planos es importante considerar la dirección de los vientos predominantes, debiendo orientarla hacia aquella que presente menos resistencia.

En zonas con temperaturas altas y bajas velocidades de viento, para mejorar el flujo de ventilación, se recomienda orientar el invernadero de forma tal que la ventana lateral quede perpendicular a la dirección predominante del viento de la localidad y la apertura de la ventana cenital opuesta a esa dirección.

♣ **Seleccionar el sitio**

Los invernaderos no pueden ser copias improvisadas de otros invernaderos sino el resultado de un estudio puntual de las condiciones climáticas del lugar y el microclima que debe proveerse al cultivo (Marín, 2013).

Para elegir el lugar donde construir un invernadero se debe tener en cuenta lo siguiente, según Marín (2013):

- 🚦 La exposición al sol y el número de horas luz recibidas en el lugar, debido a la dependencia fotoperiódica de las plantas para la regulación de sus funciones biológicas.

- ✚ El área no debe ser propensa a inundaciones estacionales. Elegir suelos nivelados, con buen drenaje, libres de posibles anegamientos por aguas lluvias o desbordes de canales. Evitar también de los suelos bajos donde exista un nivel freático alto.
- ✚ La accesibilidad vehicular. Que existan caminos de acceso todo el año para la salida de los productos. En lo posible, lejos de los caminos y zonas polvorientos, debido a que el polvo se deposita en los techos disminuyendo el paso de luz al interior, además de contaminar las hojas y frutos.
- ✚ La existencia de una fuente de agua y un punto de energía eléctrica cercana (para el bombeo del agua de riego y la iluminación). Se debe conocer el caudal del agua disponible. Es decir, La disponibilidad de agua de riego en cantidad y calidad
- ✚ Considerar la separación mínima recomendada entre un invernadero y otras construcciones u obstáculos de 6 m., para evitar el efecto de sombreo y facilitar la entrada de aire al invernadero.
- ✚ Evitar zonas de mucha neblina por su menor luminosidad
- ✚ Que se cuente con mano de obra en la zona.
- ✚ La persona encargada debe estar cerca, para que de solución rápida a cualquier problema.
- ✚ No ubicarlo junto a la sombra de árboles muy altos, ni donde lleguen sus raíces.
- ✚ En lo posible, que estén protegidos de vientos fuertes que puedan dañar la cubierta de polietileno.
- ✚ Estimar la separación mínima entre invernaderos para evitar la proyección de la sobra.

✓ **La temperatura**

Es uno de los factores más importantes en el desarrollo de las plantas. Por eso, una de las principales ventajas de los invernaderos es la posibilidad de crear las condiciones climáticas que más acomoda a los cultivos, previniendo los daños por bajas temperaturas. Cuando el costo de los cultivos y cosechas lo justifique es conveniente, además, contar con equipos calefactores que produzcan una buena distribución del calor y que no provoquen contaminación por acumulación de gases, y de equipos de climatización durante los períodos o zonas muy cálidas (Marín, 2013).

No es fácil refrigerar el invernadero sin invertir altas cantidades en instalaciones y equipos. Los factores que permiten reducir la temperatura en un invernadero, según (Marín, 2013) son los siguientes:

- ✓ Reducción de la radiación solar que llega al cultivo.
- ✓ Evapotranspiración del cultivo.
- ✓ Ventilación del invernadero.
- ✓ Refrigeración por evaporación de agua.

✓ **Seguridad y salud en invernaderos**

Para evaluar la seguridad y salud durante el montaje y operación de un invernadero se debe tener en cuenta aquellas situaciones de riesgos que conllevan las tres fases de trabajo: construcción del invernadero, mantenimiento y trabajos de cultivo, sin tener en cuenta su tamaño, situación, entre otros. Los riesgos que se contemplan no son por sólo específicos de los invernaderos, sino que son un espectro más amplio, como los derivados de las tres fases según Marín (2013):

- ♣ Fase constructiva: emplazamiento, cimentación, estructurado, colocación de cubiertas, fachadas, arriostramientos, alambrados, instalación de plásticos, instalación de ventilación, etc.
- ♣ Trabajos de cultivo: están todos aquellos derivados de la utilización de la maquinaria empelada que en muchas ocasiones es de factura especial y aquellos otros en los que hacemos especial hincapié como son los derivados de la utilización de productos fitosanitarios cuyos riesgos vienen incrementados por las condiciones ambientales extremas de temperatura y humedad, así como los derivados del estrés térmico.
- ♣ Mantenimiento: los derivados de la renovación y blanqueo de cubierta, reparaciones de estructuras, limpieza y reparación de equipos de fertirrigación, mantenimiento y reparación de equipos de ventilación por extracción, etc.

1.7.- Estructuras de soporte para cultivos sin suelo

Según Plaza *et al.* (2015), cualquier sistema de cultivo sin suelo que se desarrolle está definido por tres componentes básicos:

- ♣ Las unidades elementales de cultivo (sacos, macetas, canaletas, etc.)
- ♣ El equipamiento adecuado (automatismo, equipo de riego, etc.)
- ♣ La tecnología para su correcto manejo.

A. Elementos de estructura del sistema sustrato

En el cultivo de sustrato se utiliza un medio sólido como soporte de las raíces permitiendo de esta manera 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 nutrientes) y permite el suministro de oxígeno a las raíces por medio de los espacios aéreos entre las partículas (Guzmán, 2004). El contenedor es el recipiente en donde se

coloca el sustrato. Existen varios tipos de materiales que pueden ser utilizados como contenedor, En muchos casos se han usado materiales de desecho con lo que se favorece al medio ambiente al evitar contaminación. Se pueden nombrar entre ellos: llantas viejas desechadas, envases plásticos (botellas, galones, pichingas, cajas plásticas), cajones en escalera, bambú o tubos PVC de 4 pulgadas cortados en forma de canoa. Cuando se construye el contenedor, se debe pensar en la comodidad del productor en cuanto al manejo del cultivo, en la facilidad para la revisión y muestreo de plagas o enfermedades, para la limpieza y eliminación de hojas viejas dañadas o muertas, para la aplicación de la solución nutritiva y la cosecha.

Un ejemplo de los materiales utilizados para la construcción de un contenedor de madera para sustrato comprende los siguientes elementos, según Castañeda (2001):

- Madera:
 - Tablas de 2 m
- Clavos
- Plástico negro
- Manguera
- Martillo, serrucho, tijeras, engrampadora y metro.

B. Elementos de estructura del sistema raíz flotante

Un ejemplo claro según Gilsanz (2007) y Soria (2012), los elementos del sistema utilizado comprenden:

- 🚧 Un bastidor de madera artesanal de 15-20 cm de altura y un 1.10 m de ancho por el largo que se desee, el largo no puede ser excesivo ya que de realizarse sobre el suelo éste deberá estar muy bien nivelado.

- ✚ Planchas de poliuretano de 1 o 2 cm de grosor, de utilizar un grosor inferior se tendrá una menor durabilidad y se producirá un bandeado de la plancha debido al peso de las plantas. Esta plancha se agujereará simétricamente produciendo una abertura de 2 x 2 cm. por los que se introducirán las plántulas.
- ✚ Esponja de baja densidad, 2 cm de ancho para permitir el enraizamiento o fijación de la plántula. Además, es más barata que la de alta densidad, este elemento es descartable del sistema.
- ✚ Plástico negro de calibre 600.
- ✚ Timer o temporizador digital o análogo de 8 tiempos.
- ✚ Solución nutritiva.
- ✚ Kit germinador para lechugas.

C. Elementos de estructura del sistema NFT

Según Gilsanz (2007) y Soria (2012), otro ejemplo claro de los elementos del sistema NFT comprenden:

- Un tanque o cisterna: Para almacenar y coleccionar la solución, el tamaño del tanque estará determinado por la cantidad de plantas y tamaño del sistema.
- Caños o canales para el cultivo: Generalmente en este sistema las plantas pueden ser colocadas en estos caños o canales donde corre la solución nutritiva. (PVC de 3 pulgadas, orificios de una pulgada para las plantas y distancia de una a otra de 17 cm).
- Bomba impulsora en el reciclaje de la solución, existen dos tipos principales aquellas que son sumergibles y las que no.
- Red de Distribución y cañería colectora Se refiere a los implementos necesarios para acercar la solución nutritiva a los caños o canales para el cultivo.

D. Elementos de estructura de soporte FVH

Villavicencio (2014) y INIA (2014), plantean un ejemplo de una estructura de madera, metal o la combinación de ambas con cuatro o cinco pisos de alto, donde se ubican las bandejas con las semillas y posterior forraje, con una declinación de al menos 0,03 m. Las dimensiones deben asegurar un manejo cómodo del sistema, dejando pasillos entre módulos de 1 m. La Figura 2, muestra una estantería de madera de 1,75 m de altura y 0,1 m enterrado para dar firmeza a la estructura, considera 4 pisos útiles separados 0,3 m entre sí, construida con listones de madera de 2 x 2", con capacidad para soportar 48 bandejas plásticas de 0,4 x 0,35 m.

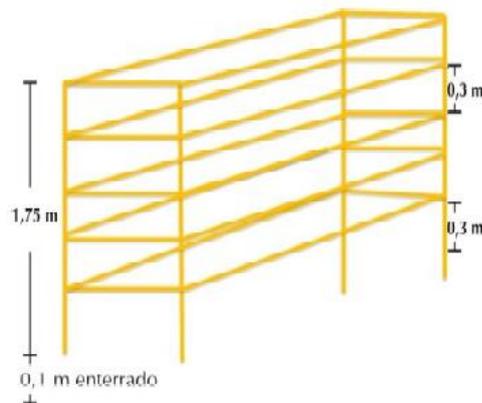


Figura 2. Estante para FVH.

Según Villavicencio (2014), los materiales necesarios y sus dimensiones para esta estructura son los siguientes:

- 24 listones de 2" x 2" x 3,2 m con las siguientes medidas:
 - 4 listones de 1,85 m.
 - 10 listones de 2,34 m.
 - 35 listones de 0,87 m.
- 2 tablas de 4 x 1 x 1,87 m.
- 3 kg clavos 4".

- 0,5 kg clavos ½".

Se debe contar con una fuente de agua, pudiendo ser un estanque acumulador o la llave de agua potable, un sistema de riego y un ambiente propicio para el desarrollo del forraje (INIA, 2014).

Según Villavicencio (2014), los recipientes para contener las semillas pueden ser de variados tipos, como bandejas metálicas galvanizadas, bandejas plásticas de casino, cajas plásticas recubiertas con polietileno, etc. El tipo de contenedor dependerá del nivel de capital disponible para la experiencia y de la posibilidad de obtenerlo fácilmente a nivel local. En este trabajo se usaron bandejas plásticas de 0,4 x 0,35 m.

1.8.- Suministro de agua según el sistema de producción

Beltrano *et al.* (2015), afirma que el agua juega un rol muy importante en la vida de los seres vivos y, en consecuencia, también de las plantas. La fotosíntesis, uno de los principales procesos fisiológicos de los vegetales, requiere que las plantas tomen CO₂ del aire a través de los estomas y simultáneamente pierdan agua por transpiración, llevándolas a un estado de deshidratación. Esto puede causar un estrés hídrico en las plantas, que según su intensidad y duración, puede repercutir en el crecimiento y en el rendimiento, e incluso producir la muerte. De todos los recursos que la planta necesita para crecer, el agua es el más abundante y muy frecuentemente el más limitante. El agua es un disolvente para sustancias como sales inorgánicas, azúcares y aniones orgánicos, y constituye el medio en el que tienen lugar todas las reacciones bioquímicas. El agua, en su forma líquida, permite la difusión y el flujo masivo de solutos, y por esta razón es esencial para el transporte y la distribución de nutrientes y metabolitos en toda la planta.

De acuerdo con Solís (2016), el riego en hidroponía puede ser por:

- ❖ Inundación o vertido
- ❖ Subirrigación
- ❖ Aspersión
- ❖ Goteo
- ❖ Emisión localizada por microtubo
- ❖ Capilaridad
- ❖ Atomización a las raíces (aeroponía)

Cada uno de estos sistemas de riego tiene sus propios tipos de drenaje. En muchas ocasiones se utilizan soportes; su función es la de proporcionar sostén y guiar a las plantas que lo necesitan. Se pueden adaptar distintos tipos de soportes a las tinas dependiendo principalmente del cultivo, sustrato y método hidropónico de que se traten (Solís, 2016).

El objetivo central del riego como componente de los sistemas hidropónicos es poner la solución nutritiva a disponibilidad de las raíces de las plantas y satisfacer las necesidades hídricas y de nutrimentos de los cultivos, en el momento adecuado y con la cantidad necesaria. 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 a través de emisores o piquetas. 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. Dependiendo de si las cantidades del drenaje del exceso de la solución nutritiva aplicada en el riego, son recuperadas y reusadas, los sistemas pueden clasificarse en sistemas abiertos o sistemas cerrados. Los sistemas abiertos no recirculan la solución nutritiva, los sistemas cerrados sí. (Oasis, 2017).

a) Riego del cultivo en camas de sustrato

Una vez establecidos los cultivos, se procede a preparar solución nutritiva diluida para realizar el riego, a partir de las soluciones concentradas. Es importante aplicar las cantidades adecuadas de solución nutritiva según requerimientos del cultivo, para hacer un uso eficiente del agua, reducir la contaminación ambiental e incrementar los rendimientos. En condiciones tropicales, no hay estudios acerca de los requerimientos de agua en los diferentes cultivos, que permitan recomendar dosis exactas. Sin pretender aplicar una receta y como una guía general, en función de las condiciones de clima y del tamaño del cultivo, se podrían aplicar las siguientes recomendaciones, según Soto (2015):

- ✓ En clima frío: aplicar un promedio de 2 a 3 l/m²/día.
- ✓ En un clima intermedio: aplicar de 2 a 4 l/m²/día.
- ✓ En un clima caliente: se aplica entre 3 y 7 l/m²/día.

b) Sistema de riego FVH

El sistema de riego es capaz de abastecer al menos diez unidades de 48 bandejas, funcionando al mismo tiempo, por lo cual económicamente conviene establecer un sistema de producción con la mayor cantidad de estantes posibles, como forma de optimizar la inversión en riego. La tabla 2 muestra los materiales utilizados en un ejemplo de sistema de riego para forraje verde hidropónico (Villavicencio, 2014).

Tabla 2. Materiales sistema de riego FVH.

Materiales sistema de riego	Cantidad
Electrobomba 0,5 HP, 2,3 Amp, 220 V, 1"X1"	1
Válvula de pie con canastillo, 32 mm bronce	1
Terminal HE 32 mm PVC	7
Tubería PVC 32 mm	2
Codo 90° PVC 32 mm	4
Unión Americana 32 mm PVC	2
Filtro de anillas 32 mm	1
Terminales HI, 32 mm PVC	2
Válvula de compuerta, 32 mm, HI/HI, bronce	1
Válvula de retención (chapaleta) bronce, 32 mm	1
Reducción 32 x 20 mm PVC	1
Llave de bola 20 mm PVC	2
Tee PVC 20 mm	6
Codo PVC 20 mm	3
Tubería PVC 20 mm (Tiras)	3
Tapagorro, cementar 20 mm	5
Te HI 20 x 1/2"	12
Niple de 1/2"	12
Porta microjet 1/2"	12
Microjet 360°	12
Abrazadera PVC 20 mm	10
Pegamento PVC 60 cc	1
Teflón 1"	5

Fuente: Villavicencio (2014).

1.9.- Cultivos utilizados bajo sistemas hidropónicos

Son muchas las especies que se pueden cultivar bajo esta técnica, sin embargo, el productor debe considerar algunos factores como: plantas que mejor se adapten a las condiciones ambientales donde vive; cultivos anuales o de ciclo corto y que sean los más utilizadas en el hogar. Por otra parte, para fines comerciales, son utilizadas aquellas que brindan los mayores ingresos económicos como ocurre con algunas especies hortícolas y especias. Entre las hortalizas que pueden utilizarse, son comunes las siguientes familias: Solanáceas (tomate, chile, berenjena, papa) Liliáceas (cebolla, ajo, cebollín, puerro) Crucíferas (nabo, repollo, coliflor, brócoli, berro), Cucurbitáceas (pepino, ayote, melón, sandía) Umbelíferas (culantro, apio, perejil y zanahoria) Compuestas (lechuga) (Káiser, 2017).

En el siguiente cuadro se incluyen datos sobre las etapas de cultivo de algunas especies, con la técnica hidropónica.

Tabla 3. Hortalizas más frecuentes en cultivo hidropónico y su rendimiento.

Cultivo	Días Después de Siembra (DDS)			Centímetros entre		Producción por m ²
	Germinación	Trasplante	Cosecha	Surcos	Plantas	
Acelga	7 a 14	30 a 35	70 a 75	15 a 20	15 a 20	25 unidad.
Albahaca	5 a 8	25 a 30	60	20-30	20-30	3 a 4 kg
Apio	8 a 15	50 a 55	60 a 75	17-20	17-20	35 unidad.
Brócoli	3 a 8	22 a 25	85	25-30	25-30	N.D.
Cebolla	6 a 10	40 a 45	65 a 70	10-15	10-15	6 a 8 kg
Cebollino	6 a 12	40 a 45	60 a 65	10-15	10-15	15 rollos/mes
Coliflor	3 a 8	22 a 25	90	25-30	25-30	N.D.
Culantro	10 a 15		50 a 55	a chorro	15-20	25 rollos
Chile	4 a 12	35	80 a 85	30-50-	100-120	15-20/plant
Lechuga	3 a 5	22 a 25	35 a 45	25	25	20-25 unid
Pepino	3 a 5	12 a 14	45 a 50	100-120	25-30	N.D.
Perejil	10 a 18	40 a 45	50 a 55	5-10	10-15	15 rollos
Puerro	6 a 12	40 a 45	60 a 65	10-12	12-15	15 rollos/mes
Rábano	3 a 5		35 a 45	15-20	5	20 rollos
Remolacha	6 a 10	30 a 35	60 a 65	10-15	10-12	30 unidades
Repollo	3 a 8	22 a 25	60 a 65	25-30	25-30	10-12 kg
Tomate	4 a 12	25 a 28	80 a 85	40-60	120-140	5 a 8 kg/planta
Vainica	3 a 6		45 a 50	20-25	20-25	4-5 kg
Zanahoria	7 a 15		90 a 95	A chorro	15-20	N.D.
Zuchini	3 a 5	12 a 14	45 a 50	40-50	50-60	N.D.

Fuente: Proyecto Hidroponía, Granja Modelo, INA, año 2003

Según Oasis (2017), las plantas que comúnmente se cultivan en hidroponía son especies de alto valor comercial, las cuales se aprovechan por sus usos alimenticios u ornamentales, dentro de ellas podemos mencionar:

Hortalizas:

- Hortalizas de hoja: Lechuga, acelga, espinaca, col, apio, arúgula, berros.
- Hortalizas de flor: Brócoli, coliflor, alcachofa, etc.
- Hortalizas de fruto: Tomate, pimiento morrón, pepino, chile manzano, melón, sandía, calabacín, berenjena y fresa, etc.

Espicias aromáticas o medicinales: Albahaca, menta, cilantro, perejil.

Ornamentales: Rosas, anturios, nochebuenas, orquídeas, crisantemos, lilis, gerberas, etc.

Forraje: Maíz, cebada, trigo, sorgo, arroz, avena, entre otras.

1.10.- Análisis de sensibilidad

Guerra (2012) señala que el análisis de sensibilidad de un proyecto de inversión es una de las herramientas más sencillas de aplicar y que puede proporcionar la información básica para tomar una decisión acorde al grado de riesgo que se decida asumir. La base para aplicar este método es identificar los posibles escenarios del proyecto de inversión, los cuales se clasifican en los siguientes:

- ✚ Pesimista: Es el peor panorama de la inversión, es decir, es el resultado del fracaso total del proyecto.
- ✚ Probable: Éste sería el resultado más probable que en el análisis de la inversión, debe ser objetivo y basado en la mayor información posible.
- ✚ Optimista: Siempre existe la posibilidad de lograr más de lo que se proyecta, el escenario optimista normalmente es el que se presenta para motivar a los inversionistas a correr el riesgo.

Así podremos darnos cuenta que en dos inversiones donde estaríamos dispuestos a invertir una misma cantidad, el grado de riesgo y las utilidades se pueden comportar de manera muy diferente, por lo que debemos analizarlas por su nivel de incertidumbre, pero también por la posible ganancia que representan. En los casos, donde no se presentan dos proyectos para invertir, es decir, estamos presente a la decisión de ejecutar o no un proyecto de inversión, la decisión es tomada considerando la colocación del capital a invertir en un instrumento financiero promedio positivo del mercado, y comparar el valor del dinero obtenido en el mismo periodo que será evaluado el proyecto. El análisis de

sensibilidad consiste en suponer variaciones que castiguen el presupuesto de caja, por ejemplo, una disminución de cierto porcentaje en ingresos, o un aumento porcentual en los costos y/o gastos, etc. (Por ejemplo, la tasa de interés, el volumen y/o el precio de ventas, el costo de la mano de obra, el de las materias primas, el de la tasa de impuestos, el monto del capital, etc.) y, a la vez, mostrar la holgura con que se cuenta para su realización ante eventuales cambios de tales variables en el mercado (Guerra, 2012).

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1.- Ubicación y descripción del área experimental

El proyecto se llevó a cabo en el Centro de Prácticas de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, ubicada en el km 2 ½ de la vía principal La Libertad – Santa Elena, en el cantón La Libertad perteneciente a la provincia Santa Elena, su ubicación geográfica es: 2°12'55.83" de latitud sur y 80°52'33.30" de longitud oeste.

La zona posee una altitud aproximada de 32 m.s.n.m.; clima cálido seco, con vegetación de desierto tropical. La temperatura promedio es de 24°C y con una humedad relativa de 81,6%.

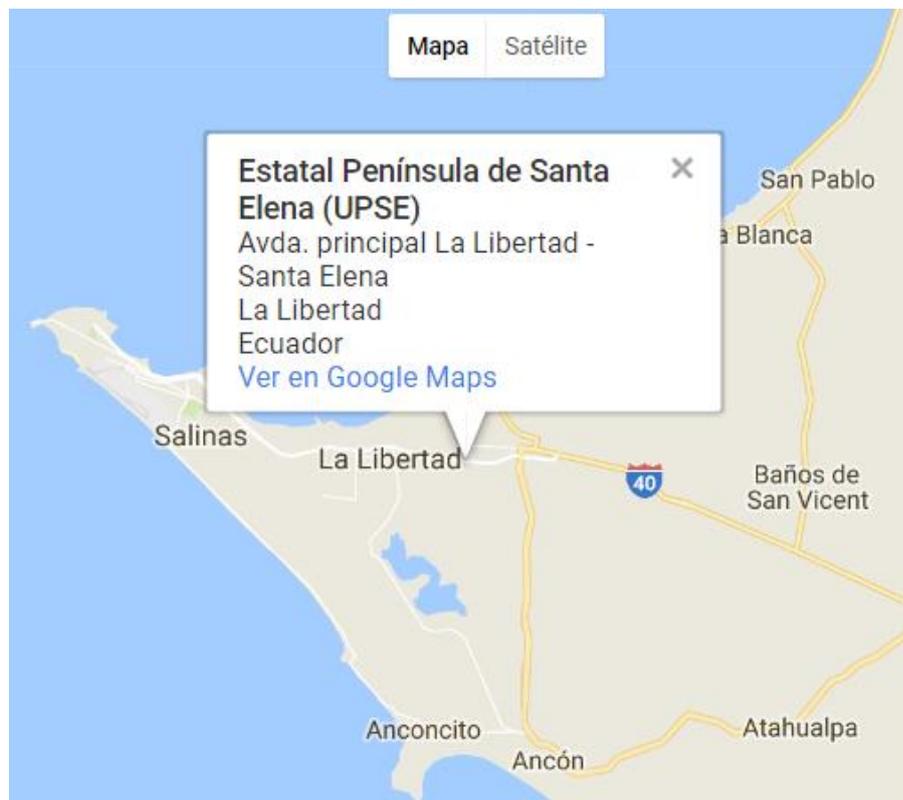


Figura 3.Ubicación del centro de prácticas de la UPSE

2.2.- Material vegetativo utilizado en los cultivos sin suelo

2.2.1.- Pepino

Se utilizó el híbrido F1 ginoico polinizable Jaguar. Este pepino ginoico muy precoz, tiene una excelente calidad de fruto cilíndrico de 23 a 25 cm de largo por 6 cm de diámetro, de color verde oscuro muy atractivo. Requiere climas situados entre los 5 – 1.500 msnm, gracias a su resistencia/tolerancia a multivírus. Mantiene sus tamaños cuando otras variedades se acortan bajo estrés o presión de virosis. Producciones con muy altos rendimientos, puede alcanzar hasta 70 t de frutos ha⁻¹. Se sugieren de 4 a 5 plantas por metro lineal. Es un híbrido para mercado fresco, planta muy vigorosa de guía indeterminada (Masaquiza, 2016).

Tabla 4. Características de la variedad de Pepino Jaguar.

Descripción de variedad:	Híbrido slicer-ginoico
Características del fruto:	Color verde oscuro, uniforme en su longitud, buen diámetro.
Forma:	Cilíndrico y derecho.
Tamaño:	23-25 cm
Planta:	Muy vigorosa
Maduración:	45 a 47 días apróx.
Resistencia/Tolerancia:	PRSV, Sc, WMV, ZYMV, ALS, A2, CMV, PM. (ver glosario)

Modificado de: www.sikeusa.com (2014, en línea).

2.2.2.- Lechuga

La lechuga cressa verde es una variedad de polinización abierta. Es acogollada, densa y voluminosa. Sus hojas de color verde amarillento, de formas redondas y onduladas le dan una textura crujiente. La lechuga cressa verde contiene vitaminas B1, B2, B3, B9, minerales como el calcio, fósforo, entre otros. La

lechuga crespa es de hojas sueltas y rizadas, este tipo no forma cabeza (Granjero, 2014).

2.2.3.- Maíz

Fueron utilizados las variedades Trueno y Agri 104.

La variedad Trueno contiene las siguientes características, según Rodríguez (2013).

- Grano anaranjado, semicristalino de tamaño grande y pesado, con altos porcentajes de rendimiento en trilla y un índice de desgrane en promedio de 83%.
- Tolerancia a las principales enfermedades: Helminthosporium, Curvularia, mancha de asfalto y cinta roja, tolerante al acame del tallo.
- Mayor productividad y rendimiento.
- Alta tolerancia al volcamiento.
- Mayor número de plantas a cosecha.
- Excelente cobertura de mazorca. Gran potencial genético.
- Período vegetativo: 52 días promedio a floración, 120 días promedio a cosecha.
- Planta con altura promedio con hojas erectas de color verde oscuro, lo cual le permite el establecimiento de altas poblaciones y eficiencia en la captación de luz. Posee un excelente anclaje que le brinda una alta tolerancia al volcamiento.

Según Rodríguez (2013), la variedad AGRI-104 presenta las siguientes características:

Tabla 5. Características del maíz híbrido AGRI-104

Tipo:	Simple modificado.
Ciclo:	Normal.
Siembra:	Invierno/Verano
Altura de planta cm:	190
Altura espiga cm:	90
Color de grano:	Anaranjado.
Tipo de grano:	Semidentado.
Calidad de grano:	Muy buena
Relación grano/mazorca:	0,84
Resistencia acame:	Muy buena
Tolerancia enfermedades:	Buena

Fuente: Rodríguez (2013).

2.3.- Metodología

2.3.1.- Estudio técnico de los sistemas de cultivo sin suelo

a) Invernadero de caña

Se determinó un invernadero tipo capilla a dos aguas susceptible de cultivarse con los sistemas sustrato inerte, raíz flotante y forraje verde hidropónico. Su dimensión se asumió de 15 m de largo por 7 m de ancho 2 m de pared lateral, 3.5 m altura en el centro. Estas son las dimensiones más utilizadas a nivel de pequeños agricultores. Los insumos que se utilizaron para este invernadero fueron caña guadua, polietileno UV-IR (plástico), zarán 50% sombreo, varillas de tierra, tubos de hierro galvanizado, clavos, grapas, cintas y piolas.

Para la construcción del invernadero se utilizó cañas gruesas y finas que sirvieron como estructura del mismo, las varillas se utilizaron como soporte en donde se empotraron las cañas. Posteriormente se utilizó plástico UV el mismo que sirvió

para cubrir la infraestructura, éste a su vez fue sujetado con grapas y cintas. El tubo de hierro galvanizado se utilizó como soporte de peso para el plástico UV, por último, se colocó el zarán en las paredes laterales.

b) Invernadero metálico

En la construcción de un invernadero metálico, el precio está en función del tipo de metal (fierro galvanizado o aluminio) y se expresa en dólares americanos (\$) por m². Las empresas de la Región Sierra ofrecen precios según las dimensiones de la nave. Si el espacio para el invernadero supera los 500 m² el precio fue de \$ 10 por metro cuadrado (a marzo del 2018). Si el espacio para el invernadero es menor a 500 m² el valor subió a \$ 12,00 por metro cuadrado.

Para hacer posteriormente el análisis de sensibilidad se hizo equivalentes las superficies de los invernaderos tipo a 1000 m² de invernadero.

c) Sistema sustrato inerte

Para este sistema se construyeron camas de madera de 3 m de largo por 1 m de ancho y una altura de 20 cm. El mercado nacional no dispone de las canaletas o mangas de sustrato inerte que se utilizan en otros países para estos fines. La nave tipo capilla de 15 x 7 m tiene una capacidad para 9 camas. Los materiales usados en este caso fueron tablas semiduras (4 m x 0.20 m x 1”), clavos de 3”. Una capa de cartón recubre las caras interiores del cajón y sirve para proteger el polietileno negro de las astillas de las tablas. Una perforación en este polietileno implica la pérdida de la solución fertilizante y el estrés nutricional e hídrico para las plantas. El polietileno negro (0.2 mm de espesor) les otorga oscuridad a las raíces, las salidas de estanque permiten el drenaje de agua hacia los baldes recolectores del drenaje ubicados debajo del cajón. Este drenaje puede recircularse en un 50 a 100% o puede ser destinado en su totalidad para otros cultivos menos sensibles a la salinidad (ornamentales, árboles), lo cual se denomina cultivo en cascada. El

sustrato puede ser de origen orgánico o inorgánico. En este caso se utilizó 50% de cascarilla de arroz quemada (orgánico) y 50% arena de río N° 2 (inorgánico). La estufa para quema de cascarilla de arroz fue de fabricación artesanal, el alambre se encuentra a 3 m de altura desde el suelo y constituye el soporte para el sistema de conducción y entutorado de las plantas, las mismas que se guían con una piola de entutorado (Figura 4).



Figura 4. Sistema sustrato inerte en camas para el cultivo y conducción de pepino ginoico polinizable Jaguar F1 (junio 2018, proyecto P06).

En la instalación del sistema de riego fue utilizado: un tanque de 500 L donde se colocó la solución fertilizante, una bomba sumergible de 0.5 HP para inyectar dicha solución, tubos de PVC, y accesorios para conducir la mezcla, llaves de 1", $\frac{3}{4}$ " y $\frac{1}{2}$ ", una electroválvula y un filtro Y de malla, un programador o controlador de riego de 6 salidas, cinta de riego de 16 mm con goteo cada 30 cm.

d) Sistema raíz flotante

En este sistema se utilizaron para el invernadero tipo capilla de 15 m x 7 m x 3,5 m así mismo 9 camas, cada cama construida en madera con tablas de 3 m x 0,1 m x 1" (largo x ancho x espesor) descansa sobre cuarterones que sirven como soporte quedando el borde superior a una altura de 90 cm para facilitar el manejo de las

plantas. Al igual que en el sistema sustrato inerte se coloca cartón para proteger el polietileno de las astillas. El polietileno negro recubre todas las caras de la cama. Cada cama cuenta con una salida de estanque que drena la solución fertilizante cuando ésta sube de nivel permitiendo la recirculación del agua con la solución. La cama contiene un nivel de agua de 8 cm sobre el cual flota una plancha de espumafon de 1" de espesor y una dimensión de 1 m x 1 m. Éste está perforado con orificios en zig zag a 20 x 17 cm. En cada una de estas perforaciones se colocó un plantín cuyo cuello está envuelto con esponja para que lo sostenga (Figura 5).



Figura 5. Sistema Raíz Flotante en camas para el cultivo de lechuga (mayo 2018, proyecto P06).

Para la instalación del sistema de riego se utilizó un tanque de 500 L donde se colocó el agua y la solución fertilizante, una bomba sumergible de 0,5 HP para conducir el agua. Tubos de PVC, y accesorios para conducir la mezcla, llaves de 2, 1, $\frac{3}{4}$ y $\frac{1}{2}$ ", un filtro Y de malla con una electroválvula. Un programador de riego de 6 salidas controló la frecuencia y duración de cada ciclo de riego.

Para proyectar los 1000 m² de invernadero fue necesario considerar tanto para raíz flotante como para sustrato inerte una bomba de 1 HP necesaria para cubrir la potencia y caudal necesarios.

e) Forraje Verde Hidropónico (FVH)

Para este sistema se utilizó una estructura metálica de soporte de las bandejas con una dimensión de 6.50 m de largo, 1.30 m de ancho y 2 m de alto con 4 pisos con 50 cm entre ellos. Esta estructura albergó 26 bandejas de 60 cm x 40 cm. Las bandejas son de plástico termoformado con 11 orificios de 8 mm de diámetro en su cara frontal. En cada nave tipo de 15 m x 7 m x 3,5 m cupieron 4 de estas estructuras. En total se utilizaron 416 bandejas por nave que equivalen a 104 m² de superficie de producción (4 bandejas por m²) (Figura 6).

Para el sistema de riego se utilizó una bomba de 1,5 HP centrífuga, manguera flex de 1" y ½", accesorios para conducir el agua, llaves de paso y nebulizadores para regar y mantener húmedas las semillas y luego las raíces del forraje.



Figura 6. Sistema forraje verde hidropónico en estructuras metálicas para el cultivo de maíz (mayo 2018, proyecto P06).

2.3.2.- Costos de inversión

a) Costos de inversión de un invernadero para cultivos sin suelo

Al ser un proyecto de inversión los materiales a utilizar para la construcción del invernadero se considerarán aquellos cuyo costo sea asequible y estén disponibles localmente o en su defecto en el mercado nacional.

El invernadero que se evaluó para todos los sistemas de cultivo sin suelo fue de capilla a dos aguas y con lucarna. De igual manera el proyecto consideró la infraestructura necesaria para el cultivo de especies hortícolas bajo hidroponía y equipos relacionados (riego y fertilización).

El costo de los equipos y materiales fue determinado considerando todos los rubros que intervienen en el proceso de producción bajo las particularidades de los sistemas hidropónicos y cotizados a nivel local. Una vez establecidos los costos de las inversiones, se realizó el respectivo análisis económico – financiero y sensibilidad según Guerra (2012).

Con los datos obtenidos se efectuó un análisis de sensibilidad del proyecto cambiando el material constitutivo de la infraestructura del mercado tradicional del mismo invernadero, es decir, en base a caña guadua a fierro galvanizado. Además se modificó el tamaño que convencionalmente se utiliza en la zona para viveros o cultivos protegidos, es decir 15 m de largo por 7 metros de ancho a uno de escala comercial de 30 m de largo y 5 naves fusionadas que dan un ancho de 35 m y un tamaño operativo de la unidad productiva de 1.000 m². Se verificó el impacto de los cambios en los principales componentes de la inversión y la estructura final de costos.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1.- Costos de inversión para cultivos sin suelo

3.1.1.- Infraestructura de invernadero

a) Costo de estructura de un invernadero en caña guadua

En la Tabla 6, se detallan los valores de los materiales que fueron utilizados para la construcción del invernadero tipo capilla (15x7x3.5 m), el cual puede ser utilizado indistintamente para cualquiera de los sistemas de cultivo sin suelo analizados. Como observamos en la tabla hay productos que no se encuentran en el mercado local debido a que en la provincia de Santa Elena no es común construir invernaderos y tampoco realizar cultivos sin suelo. El valor para la infraestructura de una nave de invernadero de caña ascendió a USD 736,43 dólares americanos.

Tabla 6. Costo de materiales para la construcción de una nave de invernadero en caña guadua de 15 m de largo x 7 m de ancho x 3.5 m de alto.

Detalle	Cantidad	U. Medida	Valor Unitario (S)*	Valor Total (\$)
Cañas gruesas	44	Unidad	9,00	396,00
Cañas finas	6	Unidad	8,00	48,00
Plástico UV, calibre 6 (4,8 m ancho)**	12,86	kg	5,15	66,21
Zarán Blanco**	88	m ²	0,65	57,20
Varilla	8	m	4,19	33,52
Tubo de hierro galvanizado 1/2 "	5	m	13,23	66,15
Grapas	3	lb	4,40	13,20
Cintas para invernadero	3	m	4,00	12,00
Clavos 3"	2	lb	1,20	2,40

Piola	3	Unidad rollo	7,25	21,75
Flete**	1	Unidad	20,00	20,00
Total nave caña				736.43

Nota: * Valores en mercado local (provincia de Santa Elena) (agosto 2018)

** Valor en mercado de Quito (agosto 2018)

b) Depreciación del invernadero de caña guadua

Para el cálculo de la depreciación de la nave de invernadero se utilizó el 10% correspondiente al art. 28 de Ley Orgánica de Régimen Tributario Interno que habla sobre los gastos generales deducibles (SRI, 2014), y considerando una vida útil a 5 años. Al final del 5to año de vida útil del invernadero se obtiene una pérdida de UDS 368.22 dólares debido a la depreciación de la infraestructura (Tabla 7).

Tabla 7. Depreciación de un invernadero de caña guadua

Años	Depreciación 10% anual (USD)	Depreciación acumulada (USD)	Saldo (USD)
0			736,43
1	73,64	73,64	662,79
2	73,64	147,29	589,15
3	73,64	220,93	515,50
4	73,64	294,57	441,86
5	73,64	368,22	368,22

c) Costo de estructura de invernadero metálico

En la Tabla 8 se hace referencia al valor cotizado en una empresa de Quito para la construcción e instalación de un invernadero en fierro galvanizado prefabricado de 15 m de largo por 7 m de ancho y 3.5 m de alto. El valor ascendió a \$ 1.411,20

(mil cuatrocientos once 20/100) dólares americanos, el cual es de obra completa, es decir que incluye el costo del material y mano de obra utilizada.

Tabla 8. Costo de estructura prefabricada en fierro galvanizado para un invernadero de 15x7x3.5 m

Detalle	Cantidad	Unidad de medida	Precio unitario (\$) **	Precio Total (\$)
Construcción e instalación de invernadero metálico	105	m ²	12.00	1.260,00
IVA 12%				151,20
Valor Total				1.411,20

**Valor mercado Quito (agosto 2018)

d) Depreciación de un invernadero metálico

Se estimó la depreciación de la nave con una vida útil a 20 años utilizando el 5% anual que corresponde al porcentaje de depreciación de inmuebles, datos obtenidos del SRI (2014), correspondiente al art. 28 de Ley Orgánica de Régimen Tributario Interno que habla sobre los gastos generales deducibles. El valor a depreciar por cada año es de USD 70,56 dólares americanos (Tabla 9).

Tabla 9. Depreciación de invernadero metálico.

Años	Depreciación 5% anual (USD)	Depreciación acumulada (USD)	Saldo (USD)
0			1.411,20
1	70,56	70,56	1.340,64
2	70,56	141,12	1.270,08
3	70,56	211,68	1.199,52
4	70,56	282,24	1.128,96
5	70,56	352,80	1.058,40

6	70,56	423,36	987,84
7	70,56	493,92	917,28
8	70,56	564,48	846,72
9	70,56	635,04	776,16
10	70,56	705,60	705,60
11	70,56	776,16	635,04
12	70,56	846,72	564,48
13	70,56	917,28	493,92
14	70,56	987,84	423,36
15	70,56	1.058,40	352,80
16	70,56	1.128,96	282,24
17	70,56	1.199,52	211,68
18	70,56	1.270,08	141,12
19	70,56	1.340,64	70,56
20	70,56	1.411,20	0,00

3.1.2.- Infraestructura productiva según sistema de cultivo

a) Estructura sistema sustrato inerte

En la Tabla 10 se presentan los costos de insumos y materiales, detallados en la sección anterior, requeridos para la construcción de las 9 camas para sistema sustrato inerte que se proyectan para en un invernadero de 15x7x 3,5 m (105 m²). El valor de esta construcción ascendió a \$ 822,78 (ochocientos veintidós 78/100) dólares americanos.

Tabla 10. Costos de materiales utilizados en construcción de camas para un sistema de sustrato inerte.

Detalle	U. Medida	Cantidad	Valor Unitario (\$)*	Valor Total (\$)
Tablas	semidura	58	4,00	232,00
Polietileno negro	m	25	2,24	56,00
Clavos 3"	libras	2	1,20	2,40
Cartón	libras	10	0,15	1,50

Sustrato				
Arena de río No 2	m ³	4	18,00	72,00
Cascarilla de arroz**	sacos 25 kg	14	0,30	4,20
Estufa quema cascarilla Artesanal	unidad	4	25,00	100,00
Estacas 7 cm x 7 cm	Unidad	36	2,50	90,00
Alambre galvanizado calibre 12	libras	48	1,16	55,68
Piola entutorado	Rollo	2	4,50	9,00
flete cascarilla**		1	200,00	200,00
Total				822,78

Nota: *Valor en mercado local (provincia de Santa Elena) (agosto 2018).

**Valor en mercado de Guayaquil (agosto 2018).

La Tabla 11, representa los costos de los materiales que se utilizaron en el sistema de riego y drenaje del cultivo sin suelo con sustrato inerte para la producción de pepino. El valor correspondiente a la instalación del sistema de riego ascendió a USD 1.054,20 (mil cincuenta y cuatro 20/100) dólares americanos.

La superficie sembrada en cada invernadero de 15 m x 7 m con una superficie 105 m² corresponde a 27 m² utilizadas para la producción, existiendo una pérdida de superficie de 78 m² que corresponden a pasillos los cuales permiten el acceso y tránsito del personal para el manejo del cultivo. Es decir, se tuvo un 26% de superficie efectivamente productiva.

Tabla 11. Costo de materiales de riego utilizados en cultivo de pepino en sustrato inerte.

Detalle	Cantidad	Precio Unitario* (\$)	Precio Total (USD)
Tubos de 1" (6m)	2	6,04	12,08
Codos de 1"	10	1,66	16,60
Tee 1"	6	0,59	3,54
Filtro Y (malla)	1	35,00	35,00
Electro Válvula	1	52,00	52,00
Reductores Bushing de 1" a 3/4"	2	0,45	0,90

Válvulas 3/4"	2	2,42	4,84
Reductores de 1" a 3/4"	14	0,50	7,00
Tubos de 3/4"	7	3,34	23,38
Tee 3/4"	9	0,25	2,25
Codo 3/4"	16	0,50	8,00
Válvulas Roscables 3/4"	12	1,13	13,56
Neplo Reduc. 3/4" a 1/2"	48	0,60	28,80
Tapón Hembra 1/2"	12	0,46	5,52
Manguera Flex 1/2"	12	0,26	3,12
Neplo 16mm	12	0,87	10,44
Unión Flex 16mm	12	0,45	5,40
Cinta de Riego	36	0,10	3,60
Tapón Flex 16mm	12	0,32	3,84
Salida de Estanque 1/2"	9	4,50	40,50
Tubo de 1/2"	2	2,53	5,06
Recolector de agua drenada	9	1,00	9,00
Programador de riego de 6 salidas	1	102,90	102,90
Tanque 500 L	1	117,70	117,70
Bomba 1 HP sumergible	1	539,17	539,17
TOTAL			1.054,20

Nota: * Valor en mercado local (provincia de Santa Elena) (agosto 2018)

b) Costo infraestructura sistema raíz flotante

Los insumos y materiales para la construcción e implementación de 9 camas para el cultivo de lechuga en sistema de raíz flotante ascendieron a un costo de USD 473,51 dólares americanos. Estos valores son referidos a precios del mercado local de la Provincia de Santa Elena (Tabla 12).

Tabla 12. Costo de materiales para cultivo de raíz flotante.

Detalle	Cantidad	U. Medida	Valor Unitario* (S)	Valor Total (\$)
Tablas	58	Semidura	4,00	232,00
Polietileno negro	25	m2, manga 1,5 m	1,24	31,00

Clavos 2 1/2 "	3	Libras	1,00	3,00
Clavos 3"	3	Libras	1,89	5,67
Clavos 4"	3	Libras	1,15	3,45
Cartón	10	Libras	0,15	1,50
Espumafon	27	1 m * 1m	5,29	142,83
Espuma (esponja)	2	1 m * 1"	4,53	9,06
Palos	9	Unidad	3,00	27,00
Tiras de madera	9	Unidad	2,00	18,00
Total				473,51

Nota: *Valor en mercado local (Provincia Santa Elena) (agosto 2018)

La Tabla 13 presenta los costos de los materiales que fueron utilizados para el sistema de riego con recirculación. El agua entra a la cama por una tubería de ½" perforada con pequeños orificios que permitan que salga a presión. El agua recirculante desciende de la cama (que está a 90 cm de altura) por una salida de estanque empotrada en el fondo de la cama, conectada a una tubería de 63 mm que conduce estas aguas de varias camas en línea hacia el tanque de solución fertilizante. Éste se encuentra fuera del invernadero enterrado en una fosa que sirve de aislante natural ante las altas temperaturas ambientales y mantiene la mezcla fertilizante a una temperatura adecuada, que no dañe las raíces de las plantas (Figura 5).

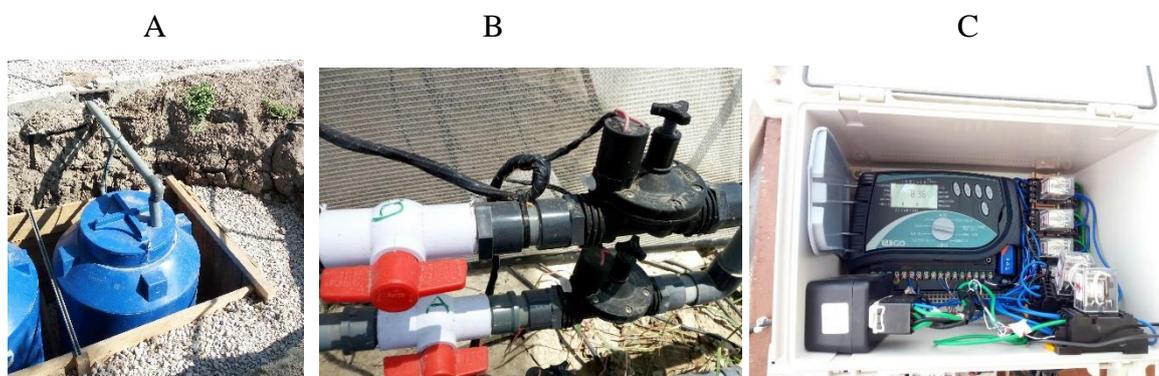


Figura 7. Sistema de riego con sus componentes: a) tanque fertilizante, b) electroválvula, c) programador de riego.

El valor de construcción, que incluye el programador de riego asciende a USD 1.307,30 dólares americanos, valor correspondiente al mercado de la provincia de Santa Elena. Se aprecia que el costo del sistema de riego en el sistema raíz flotante es mayor al del sistema sustrato inerte debido a la conducción que debe hacerse de la solución recirculante.

La superficie sembrada en cada invernadero tipo capilla de 15 m x 7 m con una superficie 105 m² corresponde a 27 m² utilizadas para la producción, existiendo una superficie improductiva de 78 m² que permiten el acceso y tránsito del personal para el manejo del cultivo.

Tabla 13. Costos de los materiales de riego en cultivo de raíz flotante.

DETALLE	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (USD)	TOTAL (USD)
Tubos de 1"	2	6,76	13,52
Codos de 1"	10	1,86	18,59
Tee 1"	6	0,59	3,54
Filtro Y (malla)	1	35,00	35,00
Electroválvula	1	52,00	52,00
Reductores Bushing de 1" a 3/4"	2	0,45	0,90
Válvulas 3/4"	2	2,42	4,84
Reductores de 1" a 3/4"	14	0,50	7,00
Tanque 500 lt	1	117,70	117,70
Bomba 1 HP sumergible	1	539,17	539,17
Tubos de 3/4"	9	3,34	30,06
Tee 3/4"	9	0,25	2,25
Codo 3/4"	40	0,50	20,00
Válvulas Roscables 3/4"	36	1,13	40,68
Unión roscable	72	0,67	48,24
Manguera Flex 1/2"	12	0,26	3,12
Neplo 1/2"	9	0,38	3,42
Salida de Estanque 1/2"	9	4,50	40,50
Manguera Flex 1"	6	0,42	2,52

Tubo pegable 63mm	10	15,81	158,10
Tapón pegable 2"	4	1,18	4,72
Tee 2"	12	2,45	29,40
Codo 2"	16	1,82	29,12
Programador de riego de 6 salidas	1	102,90	102,90
Total			1.307,30

*Valor en mercado local (provincia de Santa Elena) (agosto 2018).

c) Costos infraestructura en sistema Forraje Verde Hidropónico (FVH)

Los materiales usados en el sistema de forraje verde hidropónico, tuvieron un costo de USD 7.237,36 dólares americanos (Tabla N° 14). Algunos de los valores cotizados corresponden al mercado de Sangolquí (provincia de Pichincha) debido a que estos materiales no se encuentran en el mercado local. Si bien el costo unitario de cada bandeja es bajo, lo más caro es el molde para fabricar las bandejas con plástico termoformado.

Cabe recalcar que, según la empresa consultada (Termopack), la producción y venta de estas bandejas especiales es bajo pedido con una solicitud mínima de 10.000 unidades.



Figura 8. Bandeja perforada de plástico termoformado, perforada para cultivo de forraje verde hidropónico.

Tabla 14. Costo de materiales en cultivo de FVH.

Detalle	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR UNITARIO* (USD)	TOTAL (USD)
Estructura metálica de 4 pisos de 6,5 x 1,30	Unidad	4	480,00	1.920,00
Molde fabricación y agujeros de bandejas**	Unidad	1	4.700,00	4.700,00
Bandejas para producir el forraje**	Unidad	416	1,05	436,80
Polietileno negro (0,2 mm espesor)	m	44	2,24	98,56
Flete Bandejas**	Unidad	1	42,00	42,00
Pintura anticorrosiva	Galón	2	20,00	40,00
Total				7.237,36

Nota: * Valor en mercado local (provincia de Santa Elena) (agosto 2018)

**Valor mercado Sangolquí (Provincia de Pichincha) a agosto 2018.

La Tabla 15, presenta los costos de los materiales que se usaron para el sistema de riego por nebulización, este valor asciende a \$ 738,77 dólares americanos, correspondiente al mercado local de la provincia de Santa Elena.

La superficie de suelo utilizada en cada invernadero de 15 m x 7 m con una dimensión 105 m² corresponde a 33,8 m² utilizados para la estructura de forraje verde hidropónico. Los cuatro pisos conteniendo 416 bandejas dan una superficie productiva de 104 m². Si bien existe una superficie improductiva de 71,6 m² de suelo la cual permite el acceso y circulación del personal para el manejo del cultivo, los pisos productivos dan un 100% de aprovechamiento del espacio.

Tabla 15. Costo de materiales de riego para cultivo de FVH en un invernadero de 15x7x 3.5 m.

DETALLE	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR UNITARIO* (USD)	TOTAL (USD)
Bomba 1.5 HP 110V 1 1/4"X1" CPM650 centrifuga	1	Unidad	440,48	440,48
Manguera Flex 1 1/2"	0.5	m	1,02	0,51
Abrazaderas	18	Unidad	1,52	27,36
Reductor de 1 1/2" a 1"	1	Unidad	1,41	1,41
Manguera Flex 1"	18	m	0,47	8,46
Tee 1"	2	Unidad	0,35	0,70
Tapón 1"	1	Unidad	0,99	0,99
Codo 1"	2	Unidad	0,31	0,62
Reductor flex de 1" a 1/2"	2	Unidad	0,19	0,38
Manguera Flex 1/2"	114	m	0,29	33,06
Nebulizadores	80	Unidad	2,02	161,60
Abrazaderas	24	Unidad	1,37	32,88
Tapón 1/2" Tigre macho	16	Unidad	0,47	7,52
Amarra plásticas	144	Unidad	0,02	2,88
Llaves de paso de 1/2"	4	Unidad	2,39	9,56
Tee 1/2"	12	Unidad	0,68	8,16
Codo 1/2"	4	Unidad	0,55	2,20
Total				738,77

Nota: *Valor en mercado local (Provincia de Santa Elena) a agosto 2018

3.1.3 Inversión Total

a) Inversión total para la infraestructura de sistema sustrato inerte para una hortaliza de fruto (pepino) en un invernadero de 15 m x 7 m x 3.5 m.

Para la inversión total se consideraron los costos de construcción e instalación de las naves, del sistema de riego, la construcción de camas al nivel del suelo con drenaje cavado bajo la cama, la mano de obra requerida para la implementación del invernadero y un 5% para imprevistos que puedan surgir.

Existió una diferencia alrededor de sólo USD 300 entre la nave construida en caña y en metal (Tabla 16). Como era de esperarse la mayor inversión corresponde al invernadero metálico, sin embargo si se considera la mayor vida útil y la falta de necesidad de mantención de la misma la balanza se inclina hacia recomendar invertir en este material antes que en caña guadua.

Tabla 16. Inversión de un invernadero en: a) de caña guadua, b) fierro galvanizado

Ítem	CAÑA (USD)	METÁLICO (USD)
Invernadero o Nave (15x7x3,5m)	736,43	1.411,20
Mano de obra nave	390,00	-----
Instalación de Riego	1.054,20	1.054,20
Mano de obra riego	500,00	500,00
Construcción de camas	822,78	822,78
Mano de obra camas	300,00	300,00
Imprevistos (5%)	190,17	204,41
Total inversión	3.993,59	4.292,59

La Figura 9, muestra que los mayores porcentajes de gastos en la inversión de un invernadero a base de caña guadua de 15 m x 7 m x 3.5 m correspondieron al sistema de riego y la construcción de camas para sustrato inerte. Mientras que la mano de obra y la construcción de la nave obtuvieron porcentajes bajos.

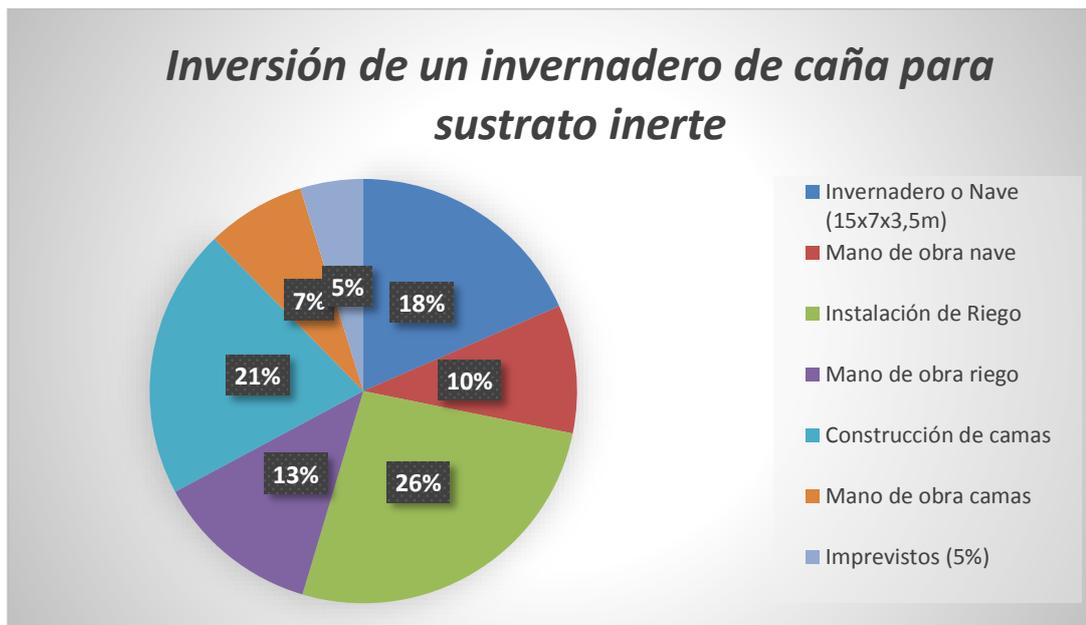


Figura 9. Composición de la inversión de un invernadero de caña para sustrato inerte.

Elaborado por: Torres C.

En el caso de un invernadero metálico tipo capilla de 15 m x 7 m x 3.5 m, la construcción e instalación de la nave y la instalación del sistema de riego obtuvieron los mayores porcentajes dentro de la inversión. La construcción de camas para sustrato inerte y la mano de obra representaron porcentajes bajos en la inversión (Figura 10).

La información referida a costos de inversión en cultivos sin suelo es escasa. Costos de inversión para invernaderos de cultivos en sustrato inerte reportado por Córdova (2005) indican que los ítems de mayor importancia para un sistema de sustrato inerte se dieron en la construcción del invernadero de madera con un 30%, valor disímil al encontrado en el presente estudio en caña guadua con un 23%. La construcción de contenedores para el sustrato alcanzó un 30% mientras que en el presente estudio para el invernadero de caña guadua este ítem representó el 21% existiendo una diferencia de 9 puntos porcentuales. Por su parte el sistema

de riego correspondió un 12% de la inversión total de un invernadero de madera frente al 26% en el actual invernadero de caña guadua. Existe cierta diferencia en varios aspectos, esto puede darse debido a los materiales que fueron usados en ambas inversiones o a precios de materiales o insumos entre países.

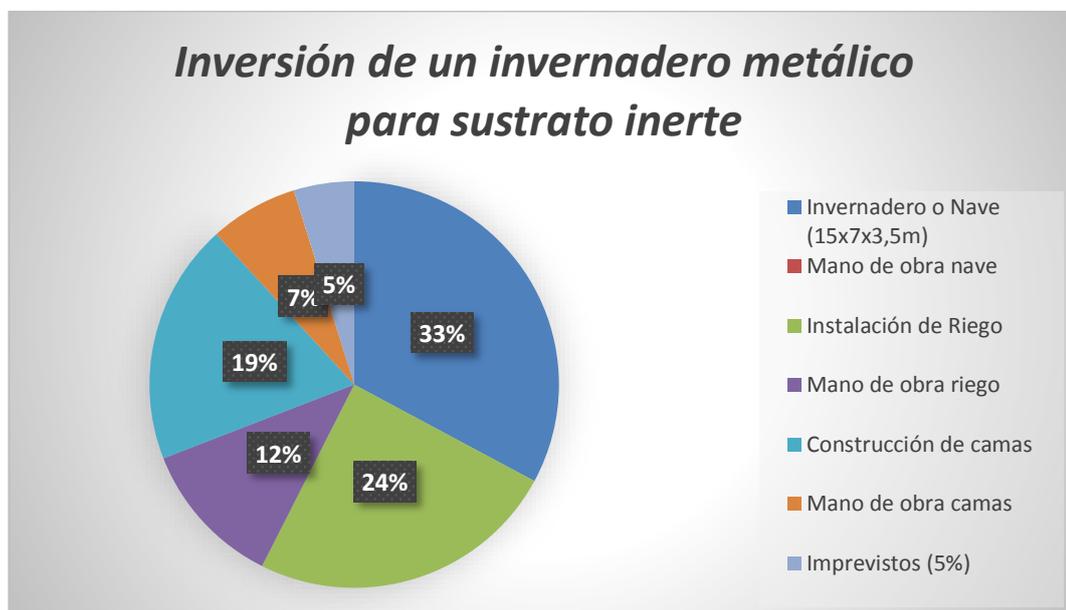


Figura 10. Composición de la inversión de un invernadero metálico para sustrato inerte.

Elaborado por: Torres C.

b) Inversión total en sistema de cultivo de raíz flotante para una hortaliza de hoja (lechuga) de un invernadero de 15 m x 7 m x 3.5 m.

Para la inversión total se consideraron los costos de construcción e instalación de las naves, del sistema de riego, la construcción de camas a 90 cm de altura con recirculación del excedente de agua que ingresó a la cama, la mano de obra requerida para la implementación del invernadero y un 5% para imprevistos.

Similar a lo observado en el sistema anterior existió una diferencia alrededor de sólo USD 300 entre la nave construida en caña y en fierro galvanizado (Tabla 17). Las mismas consideraciones sobre la mayor vida útil y la falta de necesidad de

mantención de la estructura metálica, hacen recomendar invertir en este material antes que en caña guadua.

Tabla 17. Inversión de un invernadero en a) caña guadua, b) fierro galvanizado

ÍTEM	CAÑA Costo (USD)	METÁLICO (USD)
Invernadero o Nave (15x7x3,5m)	736,43	1411,20
Mano de obra Nave caña	390,00	---
Instalación de Riego	1.307,30	1.307,30
Mano de obra riego	500,00	500,00
Construcción de camas	473,51	473,51
Mano de obra camas	300,00	300,00
Imprevistos (5%)	185,36	199,60
Total inversión	3.892,61	4.191,61

En la inversión total del sistema de raíz flotante para el invernadero de caña guadua y uno de fierro galvanizado se refleja que los mayores porcentajes de gastos corresponden al sistema de riego. En comparación con el sistema de sustrato inerte tiene mayor porcentaje de participación en la inversión, debido a que se necesita un sistema de recirculación de la solución fertilizante, lo cual redundaría en más metros de tuberías y se requiere una tubería gruesa de retorno. Para el ítem de construcción de la nave en un invernadero metálico se aprecia que el porcentaje es superior en comparación con el de invernadero de caña guadua. Es decir, existe 15 puntos porcentuales de diferencia entre usar caña (material orgánico, degradable, sensible al ataque de plagas y a la humedad) y metal. Debe tenerse en cuenta este aspecto relevante al elegir un material de construcción del invernadero. En la medida que los cultivos protegidos se han ido masificando en la Sierra los precios han bajado y hoy tenemos una mayor y más asequible oferta para esta tecnología. Mientras que para el caso de los demás ítems considerados en ambas inversiones reflejan porcentajes bajos (Figura 11 y 12).

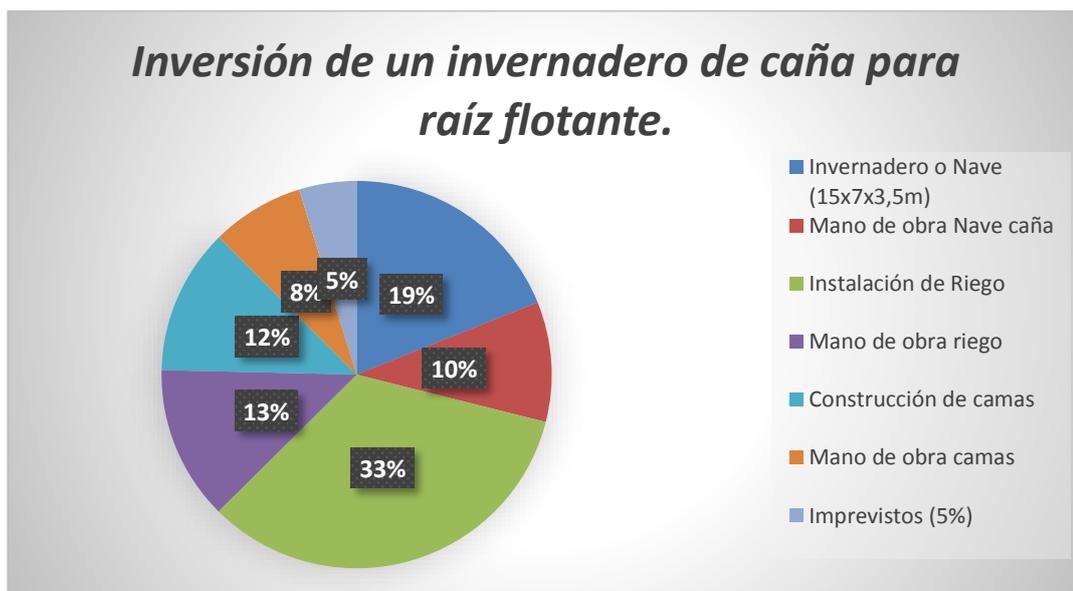


Figura 11. Composición de la inversión de un invernadero de caña para raíz flotante.

Elaborado por: Torres C.

Para invernaderos con un sistema de raíz flotante reportado por INIA (2016) el ítem más significativo en la inversión total fue la construcción de camas para el cultivo con un 35%, muy diferente a lo encontrado en este proyecto en el invernadero de caña en que la construcción de cama donde representó tan solo un 12% de la inversión. Así mismo tanto la mano de obra como el sistema de riego representaron según dicho autor el 22% de la inversión, frente a la inversión en la estructura de caña con un 31% y 33%, respectivamente. Es posible que las diferencias encontradas entre ambas inversiones se deban a diferencias en el dimensionamiento de bombas o distancias a cubrir por las tuberías o a diferencias de precios en los materiales e insumos entre países.

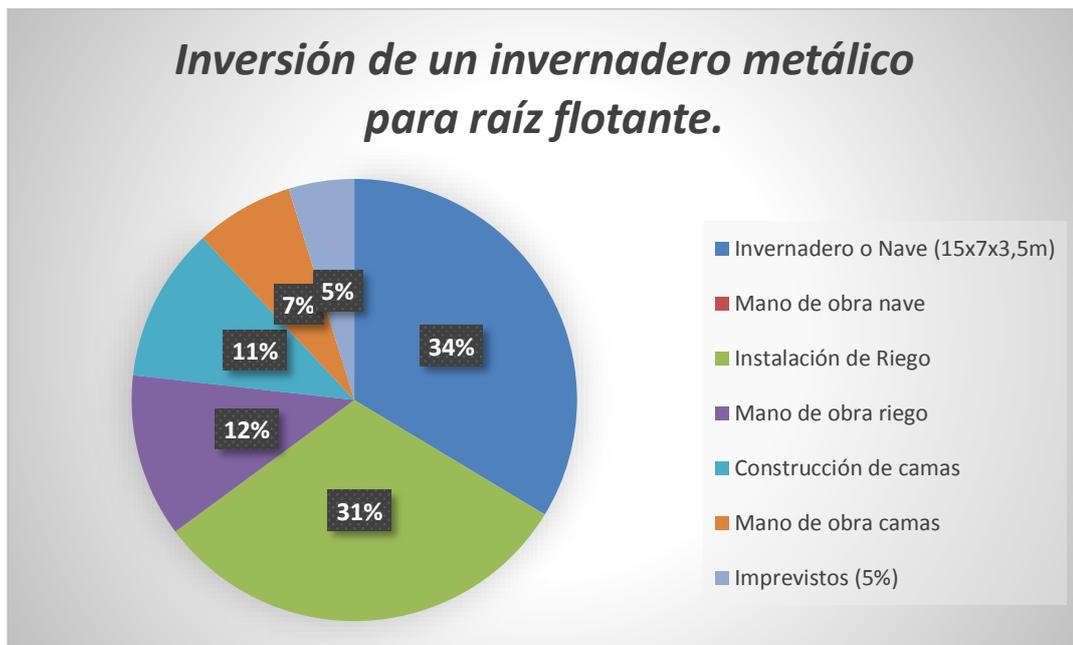


Figura 12. Composición de la inversión de un invernadero metálico para raíz flotante.

Elaborado por: Torres C.

c) Inversión total en cultivo de forraje verde hidropónico con semillas de gramíneas (maíz) de un invernadero de 15 m x 7 m x 3.5 m.

La inversión en este sistema es mayor a los anteriores y supera los USD 10.000, ya que las estructuras que soportan la producción son metálicas, lo cual encarece el sistema. Es posible reemplazar esto con diseños en caña guadua y alambre. No hay restricciones en este sentido. La habilidad del agricultor para diseñar y confeccionar sistemas alternativos que cumplan con los requerimientos técnicos permitirá disminuir costos. Similar a lo observado en los dos sistemas anteriores existió una diferencia de sólo USD 300 entre la nave construida en caña y en fierro galvanizado (Tabla 18). En este sistema cobran aún más relevancia las consideraciones respecto a la vida útil, necesidad de mantención y la sensibilidad de la estructura a la humedad, ya que parte del manejo consiste en la nebulización cada dos horas del forraje. Es decir, el ambiente se satura periódicamente de humedad y esto hace acortar aún más la vida útil del invernadero de caña. Frente a

esto la estructura de fierro galvanizado, la cual no se oxida, representa una clara ventaja para la inversión.

La Figura 13 y Figura 14 demuestran que los gastos superiores la inversión total en un invernadero para FVH correspondió a las estructuras metálicas que sostienen las bandejas plásticas donde crece el forraje para un invernadero de caña y uno de fierro galvanizado, respectivamente. El costo de los materiales utilizados en la construcción de la nave de 15 m x 7 m x 3,5 m de caña guadua y de fierro galvanizado se refleja una diferencia de 6 puntos porcentuales correspondientes al invernadero de metal. En ambos casos se obtuvo un mismo porcentaje de la inversión para los materiales utilizados en la instalación de riego por nebulización. Mientras que en el caso de la mano de obra total utilizada en ambas inversiones expresa una diferencia de 4 puntos porcentuales, que corresponden al invernadero de caña (Figura 13 y 14). Al igual que en el sistema sustrato inerte y raíz flotante se consideró un 5% de imprevistos para el proyecto.

Tabla 18. Costos de inversión de un invernadero en: a) de caña guadua, b) fierro galvanizado

Ítem	CAÑA (USD)	METALICO (USD)
Invernadero o Nave (15x7x3,5m)	\$ 736,43	\$ 1.411,20
Mano de obra construcción nave	\$ 390,00	----
Instalación de Riego	\$ 738,77	\$ 738,77
Mano de obra riego	\$ 500,00	\$ 500,00
Materiales y camas metálicas de 4 pisos	\$ 7.237,36	\$ 7.237,36
Imprevistos (5%)	\$ 480,13	\$ 494,37
Total inversión	\$ 10.082,69	\$ 10.381,70

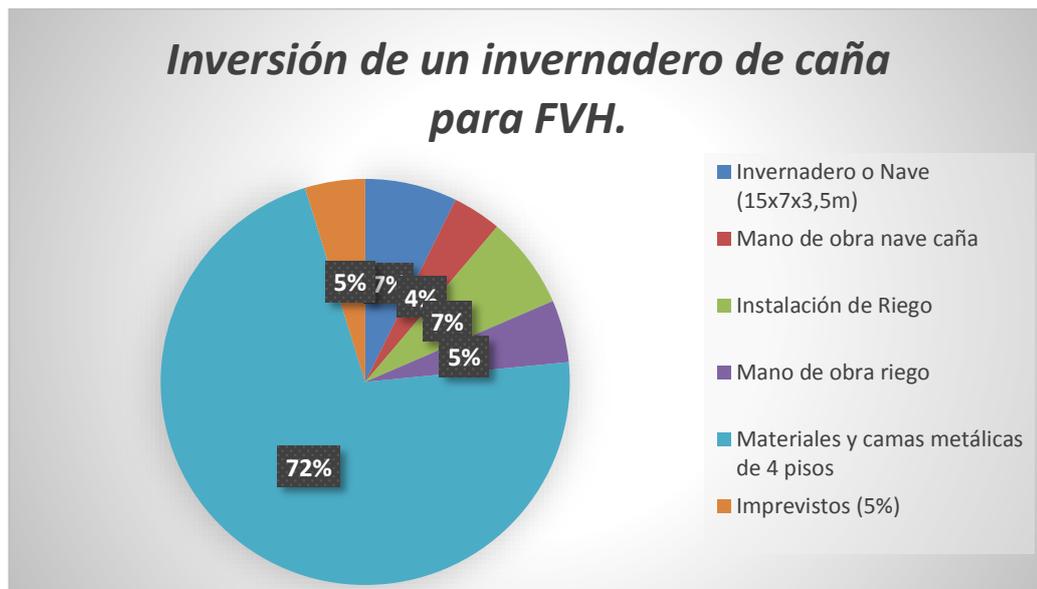


Figura 13. Composición de la inversión de un invernadero de caña para FVH.

Elaborado por: Torres C.

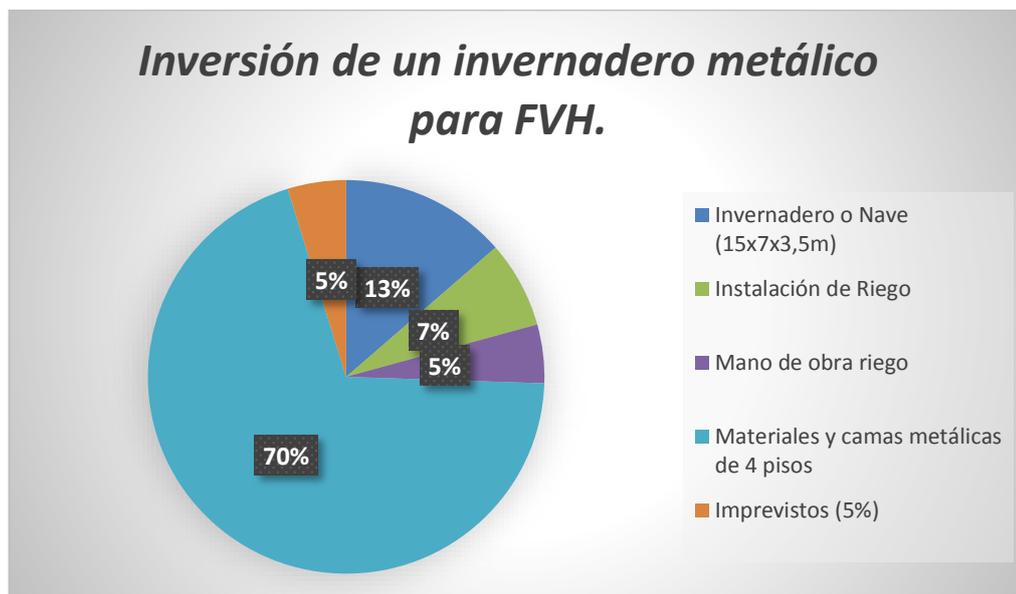


Figura 14. Composición de la inversión de un invernadero metálico para FVH.

Elaborado por: Torres C.

Villavicencio (2014), quien trabajó con invernaderos de madera para forraje verde hidropónico determinó que cada uno de los cuatro ítems considerados para el análisis: construcción de la nave, mano de obra, sistema de riego y bandejas

plásticas; aportaron cada uno en alrededor de un 25%. Mientras que en el presente estudio el ítem con mayor gasto correspondió a los materiales y camas metálicas de 4 pisos con un 72% del total. Mientras que los demás ítems de la inversión obtuvieron porcentajes bajos. Esta diferencia radica en los materiales usados para la estructura de soporte de las bandejas.

En los sistemas de sustrato inerte y raíz flotante el ítem de más importancia fue el sistema de riego utilizado para la producción. En el sistema FVH fue el segundo en importancia. Esto indica que es prioritario rentabilizar al máximo la inversión en riego. Por esta razón más adelante el análisis de sensibilidad modificará la superficie de producción para aprovechar al máximo el sistema de riego presupuestado. El ítem con menor importancia dentro de la inversión fue la mano de obra utilizada.

3.2.- Análisis comparativos de inversión para cultivos sin suelo

El sistema de raíz flotante alcanzó los menores montos de inversión con valores entre USD 4.200 y 3.900, dependiendo del tipo de material de construcción de la nave. Por su parte el sistema de forraje verde hidropónico fue el de mayor inversión con valores superiores a los USD 10.000 (Tabla 19). Queda fuera del análisis de este trabajo estimar los ingresos de la producción a obtenerse en cada uno de dichos sistemas, pero obviamente es necesario avanzar en la obtención de rendimientos comerciales óptimos que permita lograr un margen neto positivo de este ejercicio económico. Según Urrestarazu (2004) estos parámetros permiten analizar la rentabilidad del proyecto comparando los flujos de caja con el pago de inversión efectuado para poner en marcha el proceso productivo con el motivo de comprobar si aquellos compensan o no suficientemente los desembolsos realizados. Cabe recalcar que en el caso del sustrato inerte pueden esperarse 2 a 3 cosechas anuales, dependiendo de las especies vegetales a cultivar. Para el sistema de raíz flotante al usarse preferentemente para hortalizas de hoja podemos aspirar a mayor número de cosechas anuales. En el caso de lechuga en la Sierra se logran

9 cosechas anuales, en la provincia de Santa Elena podemos aspirar a un número similar, aunque con algunas dificultades en el peso a cosecha del producto final. En el caso del forraje verde hidropónico con una duración del ciclo de siembra a cosecha que varía de 15 a 18 días, según las temperaturas ambientales, podemos estimar 16 cosecha anuales.

La Tabla 19 también refleja la diferencia entre la inversión de un invernadero metálico frente a un invernadero artesanal de caña guadua. Para los tres sistemas de producción, sustrato inerte, raíz flotante y forraje verde hidropónico dichas diferencias rondan los USD 300.

Tabla 19. Análisis comparativo de inversión en los distintos sistemas de cultivo sin suelo (en dólares americanos).

Ítem	Sustrato inerte	Raíz flotante	Forraje verde Hidropónico
Invernadero metálico	\$ 4.292,59	\$ 4.191,61	\$ 10.381,70
Invernadero caña guadua	\$ 3.993,59	\$ 3.892,61	\$ 10.082,69
Diferencia en inversión	\$ 299,00	\$ 299,00	\$ 299,01

Esto muestra que no es rentable la inversión en un invernadero de caña guadua debido a que este genera un costo adicional para su mantenimiento y cuidados durante el tiempo de vida útil para que no se deteriore con rapidez por motivos de lluvia, mohos, termitas, entre otros. Mientras que el invernadero metálico no necesita de mantenimiento debido a que este no se oxida y tiene una vida útil muy superior al de la caña.

3.3.- Análisis de sensibilidad

Como se mencionó en el capítulo anterior el ítem con mayor importancia es el sistema de riego, por lo cual se puede optimizar su uso debido a que la bomba de 1 HP alcanza para una mayor superficie productiva. Con esta bomba se puede

regar hasta 1.000 m² de naves con un control óptimo de riego, ya que los tiempos de riego son cortos y mediante el programador se pueden establecer ciclos durante el día.

Si bien la construcción del invernadero con dimensiones 15 m x 7 m x 3,5 m, no representa una dimensión comercial, el tiempo de dedicación y esfuerzo que se ponen en 105 m² bien pueden aplicarse a 1.000 m². Por lo cual se proyectó a un equivalente de 5 naves de producción con una dimensión de 30 m x 7 m x 3,5 m, la cual da un ancho de nave de 35 m que cubre una superficie productiva de 1.000 m². Así, si bien se modifican las inversiones en infraestructura (nave y camas) y mano de obra, no se modifica para los equipos de riego (bomba y programador) que pueden ser optimizados.

Por todo lo mencionado se realizó un análisis de sensibilidad considerando esta como una superficie que representa un nivel comercial. Este tipo de inversión puede ser realizado por una persona individual o colectivo (asociación de productores).

La Tabla 20 refleja un resumen del total de las inversiones en 1.000 m² de para la infraestructura metálica frente a la infraestructura del invernadero de caña guadua. Se observa una diferencia de la nave metálica alrededor de USD 1.200,00 superior a la estructura de caña guadua. En la sección de Anexos podemos encontrar los detalles de la inversión en 1.000 m².

Si bien la Tabla 20 detalla que el costo de inversión de la infraestructura metálica es superior a la infraestructura de caña guadua, cabe recalcar que el invernadero de caña guadua genera un gasto adicional por su mantenimiento y mantiene una vida útil corta. Por lo tanto no es recomendable la inversión en invernadero de caña guadua. Mientras que la infraestructura metálica es recomendable la inversión debido a su mayor tiempo de durabilidad y resistencia.

Tabla 20. Análisis comparativo de inversión en los distintos sistemas de cultivo sin suelo en 1.000 m².

Ítem	Sustrato inerte (USD)	Raíz flotante (USD)	Forraje verde hidropónico (USD)
Invernadero metálico	22.440,88	23.967,92	47.096,05
Invernadero caña guadua	21.310,63	22.764,17	45.892,30
Diferencia	1.130,25	1.203,75	1.203,75

La Tabla 21 detalla la inversión en un invernadero de caña guadua con 105 m² frente a la inversión del mismo en 1000 m², reflejado el porcentaje más significativos a considerar en este caso el sistema de riego.

El análisis de sensibilidad demuestra la variación de los costos y porcentajes de la inversión de infraestructura de caña guadua reflejando el porcentaje del sistema de riego frente a la construcción del invernadero.

En la inversión de infraestructura de caña el ítem más significativo es el sistema de riego en sustrato inerte. En la inversión de 1.000 metros cuadrados se muestra una disminución del porcentaje que representa el sistema de riego respecto de la inversión total. Es decir que al aumentar la superficie de producción de 105 a 1.000 m² la incidencia del porcentaje del sistema de riego disminuye en la inversión total debido a que este se optimiza mediante los controles de riego. Para el sistema de raíz flotante el porcentaje del sistema de riego también obtuvo una disminución de la inversión total. Es decir que al igual que en sustrato inerte, al aumentar la superficie de producción la incidencia del sistema de riego disminuye. La disminución en ambos sistemas varía entre 11 y 14 puntos porcentuales.

Para el caso del cultivo forraje verde hidropónico el ítem con mayor incidencia en la inversión total es la construcción del invernadero debido a los materiales usados como la estructura de soporte de bandejas. A diferencia de cultivo sustrato inerte y

raíz flotante el sistema de riego tiene incidencia baja en la inversión. Los datos obtenidos reflejan que al aumentar la superficie de producción aumenta 2 puntos porcentuales el aporte de la inversión en el sistema de riego respecto de la inversión final. Lo cual puede considerarse una variación poco significativa.

Tabla 21. Análisis comparativo de los ítems más importantes en la inversión de infraestructura de caña.

Cultivo sin Suelo	Superficie (m2)	Inversión Total (\$)	Participación de Mat. + M.O. (%)	Participación de sistema de riego (%)
Sustrato Inerte	105	3.993,59	74%	26%
	1000	21.310,63	88%	12%
Raíz flotante	105	3.892,61	66%	34%
	1000	22.764,17	77%	23%
Forraje verde hidropónico	105	10.082,69	93%	7%
	1000	45.892,30	91%	9%

Nota:*Mat= materiales de construcción de invernadero

*MO= mano de obra ocupada en la construcción de la nave, en la instalación del sistema de riego y construcción de camas.

La tabla 22 muestra los costos de inversión de infraestructura en fierro galvanizado con una dimensión 105 m² frente a una de 1.000 m², mostrando los porcentajes de los ítems significativos en la inversión.

El análisis de sensibilidad demuestra la variación de los costos y porcentajes de la inversión de infraestructura metálica reflejando el porcentaje del sistema de riego frente a la construcción del invernadero.

En la inversión de infraestructura de fierro galvanizado el ítem más significativo es el sistema de riego en sustrato inerte. Para una infraestructura de 1.000 m² se observa una disminución del porcentaje del sistema de riego en la inversión total. Es decir que al aumentar la superficie de producción de 105 a 1.000 m² la incidencia del porcentaje del sistema de riego disminuye considerablemente en la inversión total debido a que este se puede optimizar mediante los controles de

riego que son cortos y automatizados con un programador de riego. En el sistema de raíz flotante, al igual que en sustrato inerte, el porcentaje de incidencia de inversión del sistema de riego disminuye, es decir que al agrandar la superficie de producción disminuye su incidencia en la inversión total. Esta disminución es un poco menor a la observada en el invernadero de caña con 9 a 13 puntos porcentuales.

Al igual que en la Tabla 21, la Tabla 22 demuestra que el sistema de riego de cultivo forraje verde hidropónico es bajo debido a que el mayor ítem de incidencia en la inversión corresponde a la construcción del invernadero más los materiales utilizados en el soporte donde descansan las bandejas plásticas termoformadas. Al igual que en un invernadero de caña guadua de 1.000 m² en el invernadero metálico con las mismas dimensiones el índice de porcentaje del sistema de riego aumenta en un 2%. Es decir que a mayor superficie de producción el sistema de riego no incide en una variación significativa en la inversión total.

Tabla 22. Análisis comparativo de los ítems más importantes en la inversión de infraestructura metálicos.

Cultivo sin Suelo	Superficie (m²)	Inversión Total (\$)	Participación de Mat. + M.O. (%)	Participación de sistema de riego (%)
Sustrato Inerte	105	4.292,59	75%	25%
	1000	22.440,88	88%	12%
Raíz flotante	105	4.191,61	69%	31%
	1000	23.967,92	78%	22%
Forraje verde hidropónico	105	10.381,70	93%	7%
	1000	47.096,05	91%	9%

Nota:*Mat= materiales de construcción de invernadero

*MO= mano de obra ocupada en la construcción de la nave, en la instalación del sistema de riego y construcción de camas.

Los rendimientos de pepino que se obtuvo en el proyecto de investigación fueron de 6 frutos por plantas. Esto se debió a problemas obtenidos dentro del invernadero y un inadecuado diseño del contenedor que no permitió el óptimo desarrollo radicular. Cabe recalcar que con condiciones agronómicas favorables para el cultivo se puede lograr obtener sobre 15 frutos por planta.

La Tabla 23 muestra los rendimientos de la producción de pepino con el sistema de sustrato inerte dentro de un invernadero metálico tanto para 105 m² como para 1000 m². La comercialización del pepino se la realiza por docenas y a un precio promedio por docena.

Tabla 23. Rendimientos del pepino en sustrato inerte en ambas superficies de producción.

	Total m ²	Superficie cultivada (m ²)	Rendimiento fruto m ⁻²	Rendimiento frutos cosecha	Rendimiento anual	Docenas frutos	Precio a productor (USD)	Total Ingreso Anual (USD)
Superficie de producción	105	27	105	2.835	8.505	708,75	3,00	2.126,25
	1000	270	105	28.350	85.050	7.087,50	3,00	21.262,50

La Tabla 24 nos muestra los rendimientos alcanzados en la producción de lechuga con el sistema de raíz flotante en ambas superficies de producción y el precio estimado por lechuga.

Tabla 24. Rendimientos de lechuga bajo el sistema de raíz flotante.

	Total m ²	Superficie cultivada (m ²)	Rendimiento plantas m ⁻²	Rendimiento total	Rendimiento anual	Precio a productor (USD)	Total Ingreso (USD)

Superficie de producción	105	27	32	864	7.776	0,5	3.888,00
	1000	270	32	8.640	77.760	0,5	38.880,00

La Tabla 25 detalla los rendimientos alcanzados en kg por m² y la producción estimada anual en forraje verde hidropónico con la variedad de maíz Trueno en ambas superficies de producción. Esta producción estimada para un productor pecuario que desee producir forraje para su ganado. En este sistema no se considera un el precio de venta al mercado, ya que estará destinado para consumo propio.

Tabla 25. Rendimientos de maíz con el sistema forraje verde hidropónico.

	Total m ²	Superficie cultivada (m ²)	Rendimiento Forraje (kg m ⁻²)	Rendimiento forraje total (kg)	Rendimiento anual (kg)
Superficie de producción	105	104	8	832	13.312
	1000	1040	8	8.320	133.120

La Tabla 26 muestra un flujo económico para estimar la rentabilidad del proyecto mediante un análisis de sensibilidad. En la producción de pepino mediante el sistema de sustrato inerte para un invernadero metálico de 1000 m², se proyecta un rendimiento promedio por planta de 15 frutos. Se considera una producción anual de 7.088 docenas. A un precio promedio de \$ 3,00 dólares americanos (precio consultado con comerciantes del mercado de La Libertad). Se refleja que el VAN del proyecto resulta negativo, lo que quiere decir que el proyecto con esas cantidades de producción y las condiciones generan un proyecto no es rentable.

Tabla 26. Flujo económico de un invernadero metálico de 1000 m² para sustrato inerte.

Años	0	1	2	3	4	5
Ingresos (\$)		21.262,50	21.262,50	21.262,50	21.262,50	21.262,50
Costos (\$)		18.000,00	18.000,00	18.000,00	18.000,00	18.000,00
Inversión (\$)	-22.440,88					
FCE (\$)	-22.440,88	3.262,50	3.262,50	3.262,50	3.262,50	3.262,50

Tasa de interés	12%
VAN	-10.680,30
TIR	-10%
B/C	0,52

Mediante el análisis de sensibilidad realizado, obtenemos que para recuperar la inversión y lograr un VAN 0, la producción debe llegar a ser de 8.075 docenas anuales, elevándose un 14% de la producción actual.

Otra variable que podría cambiar es el monto de la inversión, para lograr un VAN 0, con una producción de 7.088 docenas de fruto a un precio de \$ 3,00 y un costo de \$ 18.000,00 la inversión debe disminuir en un 52% llegando a un valor de 11.760,58.

La Tabla 27 nos muestra el flujo de caja del sistema de raíz flotante para el cultivo de lechuga en un invernadero metálico con una dimensión de 1000 m². Se obtuvo una producción por cosecha de 8640 lechugas logrando obtener un rendimiento anual de 77.760 lechugas. Considerando un precio de 0.50 dólares por lechuga y un costo fijo de 18.000 dólares anuales se logra obtener rentabilidad en este sistema. Cabe recalcar que los costos son un promedio estimado.

Tabla 27. Flujo de caja económico para el sistema de raíz flotante en invernadero metálico de 1000 m².

Años	0	1	2	3	4	5
Ingresos (\$)		38.880,00	38.880,00	38.880,00	38.880,00	38.880,00
Costos (\$)		18.000,00	18.000,00	18.000,00	18.000,00	18.000,00
Inversión (\$)	-23.967,92					
FCE (\$)	-23.967,92	20.880,00	20.880,00	20.880,00	20.880,00	20.880,00

Con los datos detallados anteriormente refleja los siguientes resultados:

Tasa de interés	12%
VAN	51.299,81
TIR	83%
B/C	3,14

Lo que quiere decir que el proyecto de sistema de raíz flotante es rentable. Por cada dólar que se invierte se obtiene una ganancia de \$ 2,14 dólares.

Se realizó el análisis de sensibilidad para reflejar supuestos en caso de alza de precios de los materiales utilizado y por ende una elevación del valor de la inversión. Con un costo fijo anual de \$ 18.000, y a un precio de \$ 0,50 dólares por lechuga, el valor de la inversión debe elevarse en un 314% llegando a un valor de \$ 75.267,73 en este punto tenemos un VAN 0, lo que quiere decir que no se obtiene ganancias ni pérdidas. Se recupera la inversión.

Debido a que los costos fijos son un estimado se realizó un análisis de sensibilidad suponiendo un alza del valor con una producción anual de 77.760 lechugas un precio de venta de \$ 0,50 dólares, la inversión de \$ 23.967,92 dólares. El costo fijo para este sistema debe elevarse en un 79%, llegado a un valor de \$ 32.231,07. Lo que daría como resultado con estas condiciones un VAN 0, se recupera la inversión.

La tabla 28 refleja el flujo de caja de un invernadero metálico con sistema de forraje verde hidropónico con una dimensión de 1000 m². Los datos obtenidos del

rendimiento de forraje fueron de 8 kg por m² llegando a una producción anual de 133.120 kg, considerando un costo anual de \$ 13.680,00 y un precio de venta de \$ 0,11 dólares

Tabla 28. Flujo de caja económico del sistema forraje verde hidropónico en un invernadero de 1000 m².

Años	0	1	2	3	4	5
Ingresos (\$)		14.643,20	14.643,20	14.643,20	14.643,20	14.643,20
Costos (\$)		13.680,00	13.680,00	13.680,00	13.680,00	13.680,00
Inversión (\$)	-47.096.05					
FCE (\$)	-47.096.05	963,20	963,20	963,20	963,20	963,20

Tasa de interés 12%
 VAN -43.623,93
 TIR -47%
 B/C 0,07

Con los datos mencionados antes el análisis respectivo demuestra que para recuperar la inversión es necesario vender el forraje a un precio de \$ 0.20 dólares por kg. Cabe recalcar que este precio es elevado para la venta de forraje y recordar que este sistema de producción está enfocado en la producción de forraje para un productor que se dedique a la producción pecuaria y así pueda generar alimentos para sus ganados.

Otra variable para realizar el análisis de sensibilidad en forraje verde hidropónico es el valor de la inversión. Para lograr recuperar la inversión a un costo anual de \$ 13.680,00 dólares, un precio de venta de \$ 0,11 dólares y una producción anual de 133.120 kg de forraje. La inversión debe disminuir en un 7,37% llegando a un valor de \$ 3.472,12 dólares.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- ✚ La diferencia entre invertir entre un invernadero de caña guadua y uno de fiero galvanizado está en alrededor de USD 300,00 y 1.200 si la dimensión es 105 o 1.000 m², respectivamente; independiente del sistema de producción sin suelo. Esto estimula a elegir este último en caso de una inversión por su durabilidad y bajo costo de mantenimiento.
- ✚ Mediante el análisis de sensibilidad realizado se determinó que en el sistema de raíz flotante es donde se logra obtener rentabilidad, mientras que en los demás sistemas se lograría recuperar la inversión. Para el caso de forraje verde hidropónico esto puede ser por el alto valor que tiene la construcción de camas y materiales de las bandejas para forraje. Para ello se recomienda utilizar la astucia de los productores para crear un sistema de soporte de bandejas para forraje económico.
- ✚ El análisis económico comparativo de los costos de inversión de tres sistemas de cultivos sin suelo en 1000 m² determinó que el de menor y mayor inversión fueron sustrato inerte y forraje verde hidropónico, respectivamente. La elección de la inversión a realizarse debe complementarse con la productividad anual, los rendimientos y precios esperado para cada especie vegetal.
- ✚ El análisis de sensibilidad realizado entre una infraestructura de 105 m² (1 nave) y 1.000 m² (equivalente a 10 naves) demuestra que al ampliar la superficie de cultivo se logra optimizar la inversión en el sistema de riego bajando su incidencia en el porcentaje de inversión total en el cultivo de sustrato inerte y raíz flotante. Mientras en el forraje verde hidropónico el porcentaje de incidencia no varía.

Recomendaciones

Mediante los resultados obtenidos se recomienda la inversión en un invernadero de fierro galvanizado debido a su mayor durabilidad y menor costo de mantenimiento, frente al invernadero de caña guadua.

Sería necesario buscar materiales alternativos para el sistema de soporte de las bandejas en el sistema de forraje verde hidropónico, ya que el alto costo de la infraestructura metálica puede afectar la rentabilidad de dicho sistema productivo.

El análisis de sensibilidad es una herramienta que nos permite comparar y sustituir elementos para una mejor toma de decisiones en la inversión. Sin embargo, se debe complementar con otros análisis económicos para la decisión final. En este sentido se debe complementar este estudio con el análisis económico de la producción obtenida en estos sistemas junto con un estudio de mercado de la demanda (precios y volúmenes) a nivel local y nacional para estimar la rentabilidad de los cultivos sin suelo en la provincia de Santa Elena.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Burés, S. (s.f.). *Manejo de sustratos*. Disponible en: http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/consolidado/publicacionesdigitales/80-373_I_CURSO_DE_GESTION_DE_VIVEROS_FORESTALES/80-373/7_MANEJO_DE_SUSTRATOS.PDF. Consultado: 29/08/2018

Beltrano, J, y Gimenez, DO (eds) (2015), *Cultivo en hidroponía*, D - Editorial de la Universidad Nacional de La Plata, La Plata. Available from: ProQuest Ebook Central. [6 agosto 2018]. <https://ebookcentral.proquest.com/lib/upsesp/reader.action?ppg=1&docID=4499425&tm=1536601039690>

Castañeda, F. (2001). *Manual técnico de hidroponía popular*. Guatemala. Disponible en: <http://bvssan.incap.org.gt/local/file/MDE104.pdf>. Consultado: 01/04/2018.

Córdova, R. (2005). *Evaluación técnica y económica de la producción de lechugas hidropónicas bajo invernadero en la Comuna de Calbuco, X Región*. Chile. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/fac796e/doc/fac796e.pdf>. Consultado: 08/09/2018.

Correa, M. (2009), *¿Qué es la hidroponía?*, El Cid Editor | apuntes, Córdoba. Available from: ProQuest Ebook Central. [6 agosto 2018]. <https://ebookcentral.proquest.com/lib/upsesp/reader.action?ppg=1&docID=3182839&tm=1536601077875>

Fernández, M., Aguilar, M., Carrique, J., Tortosa, J., García, C., López, M. y Pérez, J. (2017). *Suelo y medio ambiente en invernaderos*. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Sevilla. España. Disponible en: <https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/publicacion/17/07/3.%20Suelo%20y%20medio%20ambiente%20en%20invernaderos%202017%20BAJA.pdf>. Consultado: 20/08/2018.

Gamero, C., (2015). *Evaluación de gramíneas y leguminosas de trópico alto en cultivo hidropónico como alternativa de producción orgánica para la nutrición animal*, Universidad de la Salle. Colombia. Disponible en: <http://repository.lasalle.edu.co/handle/10185/17694>. Consultado: 20/07/2018.

Gassó, F., y Solomando, V. (2011). Estructura e instalaciones de un invernadero. Universidad Politécnica de Catalunya. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/11369/Mem%C3%B2ria.pdf>. Consultado: 21/08/2018.

Gilsanz, J. (2007). Hidroponía. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Uruguay. Disponible en: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/520/1/11788121007155745.pdf>. Consultado: 20/08/2018.

Guerra, G. (2012). Análisis de proyectos de inversión. Disponible en: <https://es.slideshare.net/alsazar/anlisis-de-proyectos-de-inversin-ingeniera-financiera>. Consultado: 01/04/2018

Granjero. (2014). Lechuga. Producción y comercio en Uruguay. Disponible en: http://www.mercadomodelo.net/c/document_library/get_file?uuid=10e77dd1-a851-4b60-b7e3-d59785a353ea&groupId=42766. Consultado: 24/08/2018.

Guanochanga, S., y Betancourth, V. (2010). Proyecto de factibilidad para la creación de una empresa dedicada a la producción y comercialización de lechugas hidropónicas en la ciudad de Quito. Facultad de Ciencias Administrativa y Económicas. Universidad Politécnica Salesiana. Disponible: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4580/1/UPS-ST000594.pdf>. Consultado: 20/08/2018.

Guzmán, G. (2004). Hidroponía en casa: una actividad familiar. San José. Costa Rica. Disponible en: http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/Hidroponia.pdf. Consultado: 30/03/2018.

Isan, A., (2013). *Ecología verde*. [En línea] Disponible en: <https://www.ecologiaverde.com/hidroponia-una-agricultura-mas-ecologica-y-sostenible/#ixzz4iCf2bYX1>. Consultado: 25/05/2018.

INIA. (2014). Producción de forraje verde hidropónico (FVH). Disponible en: <http://www.inia.cl/wp-content/uploads/2015/05/Producci%C3%B3n-de-forraje-verde-hidrop%C3%B3nico.pdf>. Consultado: 22/08/2018.

INIA. (2016). Antecedentes técnicos y económicos sobre producción de hortalizas baby en cultivo sin suelo bajo las condiciones de la Región de Atacama. Chile. Disponible en: <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR40579.pdf>. Consultado: 08/09/2018.

INEC (2010). *Resultados del censo. Pobreza*. En línea. Disponible en: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manual-lateral/Resultados-provinciales/santa_elena.pdf. Consultado: 20/03/2018.

Cruz, J. y Matías, S. (2010). *Adaptación de cinco híbridos de tomate con dos técnicas de poda cultivadas bajo sistema semihidropónica, en Manglaralto, cantón Santa Elena*. Tesis. Facultad de ciencias agrarias. Ecuador. Disponible en: <http://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/913>. Consultado: 30/08/2018.

Kaiser, B., (2017). *Evaluación de tres niveles de nitrato de potasio, en lechuga (lactuca sativa. l.) cultivado bajo sistema de producción hidropónica*. Guayaquil, Ecuador. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/15618/1/Kaiser%20Chavez%20Betsy%20Patricia.pdf>. Consultado: 30/03/2018.

López, G. y Heredia, M. (2013). *Producción y Comercialización de Lechugas y Tomates Hidropónicos en la Ciudad de Guayaquil*. Tesis. Facultad de Ciencias Económicas. Universidad Católica Santiago de Guayaquil. Ecuador.

Marín, M. (2013). *Diseño de invernaderos*. Instrucciones técnicas. Disponible en: <https://www.portalfruticola.com/assets/uploads/2017/07/Manual-de-Invernaderos-2.pdf>. Consultado: 7/08/2018.

Masaquiza, P. (2016). *Manejo de población de insectos en pepino (cucumis sativus l.) bajo principios de producción limpia en el sector la Isla, Cantón Cumandá*. Tesis. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24085/1/tesis%20006%20Ingenier%20C3%ADa%20Agropecuaria%20-%20Paola%20Alexandra%20Masaquiza%20-%20cd%20006.pdf>. Consultado: 22/08/2018.

Mojica, G., Cuéllar, S., Medina, C. y Mejía, C. (2014). *Tecnologías relacionadas con invernaderos para flores*. Bogotá. Colombia. Disponible en: http://www.sic.gov.co/recursos_user/boletines_tecno/boletin_invernaderos_19jun.pdf. Consultado: 20/08/2018.

Oasis. (2017). *Manual de hidroponía*. En línea. Disponible en: http://www.oasiseasyplant.mx/wp-content/uploads/2017/04/Manual-de-hidroponia_Media.pdf. Consultado: 20/08/2018.

PNUD (2016). *Informe sobre el desarrollo humano*. En línea. Disponible en: http://hdr.undp.org/sites/default/files/HDR2016_SP_Overview_Web.pdf. Consultado: 20/03/2018.

Siácara, J., (2014). *Evaluación del cultivo hidropónico de lechuga (lactuca sativa l.)*, La Paz, BO.: s.n. Disponible en: <http://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/5366>. Consultado: 21/03/2018.

Solís, A. (2016). *Apuntes de horticultura avanzada*. Facultad de ciencias agrícolas. Universidad Autónoma del Estado de México. Disponible en: <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/63704/secme-11279.pdf?sequence=1>. Consultado: 20/08/2018.

Soria, J. (2012). *Hidroponía y acuarística del Caribe. 6° curso de hidroponía básica para principiantes*. Disponible en: http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_247_Curso%20Hidropon%C3%ADa%20Basica.pdf. Consultado: 02/08/2018.

Soto, F. (2015). *Hidroponía familiar en sustrato*. Disponible en: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10809.pdf>. Consultado: 27/08/2018.

Rocohano, H. (2018). *Efecto de dosis de creolina en el control de insectos plagas en el cultivo de pepino (Cucumis sativus L.) en Manglaralto, Provincia de Santa Elena*. Tesis. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Estatal Península de Santa Elena. La Libertad. Ecuador. Disponible en: <http://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/4395/1/UPSE-TIA-2018-053.pdf>. Consultado: 20/03/2018.

Rodríguez, J. (2013). *Comportamiento agronómico de cinco híbridos de maíz (zea mays l.) en estado de choclo cultivados a dos distancias de siembra*. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Guayaquil. Ecuador.

Rubio, C. (2017). *Automatización de un cultivo hidropónico NFT para el control de temperatura, riego y mezcla de la solución nutritiva, ubicada en la zona urbana de Quito*. Tesis. Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. Ecuador.

Plaza, B., Jiménez, S., Pérez, M., y Lao, M. (2015). *Sistemas recirculantes y su interés en el cultivo de plantas ornamentales*. Departamento de producción vegetal. Universidad de Almería. España.

Sikeusa (2014). *O.k.Seeds - Pepino*. Disponible en: <http://www.sikeusa.com/wp-content/uploads/2014/05/PEPINO-JAGUAR-final-mayo.pdf>. Consultado: 24/08/2018.

SRI. (2014). Gastos generales deducibles. Depreciación. Pág. 19

Urrestarazu, M. (2004). *Tratado de cultivo sin suelo. Aspectos económicos y medioambientales*. Ediciones mundi- prensa. España. Pág. 851.

Villavicencio, A. (2014). *Producción de forraje hidropónico*. Instituto de investigación agropecuaria. Chile.

ANEXOS

Anexo 1A. Inversión infraestructura de caña guadua frente a una estructura metálica de 1000 m² en un cultivo de sustrato inerte.

Ítem	Costo caña guadua (USD)	Costo fierro galvanizado (USD)
Invernadero o Nave (30x35x3,5m)	6.554,77	10.151,20
Mano de obra nave	2.520,00	----
Instalación de Riego	2.643,27	2.643,27
Mano de obra riego	750,00	750,00
Construcción de camas	6.427,80	6.427,80
Mano de obra camas	1.400,00	1.400,00
Imprevistos (5%)	1.014,79	1.068,61
Total inversión	21.310,63	22.440,88

Anexo 2A. Inversión infraestructura de caña guadua frente a una estructura metálica de 1000 m² en un cultivo de raíz flotante.

Ítem	Costo caña guadua (USD)	Costo fierro galvanizado (USD)
Invernadero o Nave (30x35x3,5m)	6.554,77	10.151,20
Mano de obra Nave caña	2.450,00	-----
Instalación de Riego	5.190,29	5.190,29
Mano de obra riego	1.000,00	1.000,00
Construcción de camas	4.735,10	4.735,10
Mano de obra camas	1.750,00	1.750,00
Imprevistos (5%)	1.084,01	1.141,33
Total inversión	22.764,17	23.967,92

Anexo 3A. Inversión infraestructura de caña guadua frente a una estructura metálica de 1000 m² en un cultivo de forraje verde hidropónico.

Ítem	Costo caña guadua (USD)	Costo fierro galvanizado (USD)
Invernadero o Nave (15x7x3,5m)	6.554,77	10.151,20
Mano de obra nave caña	2.450,00	-----
Instalación de Riego	4.006,58	4.006,58
Mano de obra riego	1.000,00	1.000,00
Materiales y camas metálicas de 4 pisos	29.695,60	29.695,60
Imprevistos (5%)	2.185,35	2.242,67
Total inversión	45.892,30	47.096,05

Glosario

PRSV-(Virus de la mancha anular de la Papaya).

Sc –scab/gummois(*cladosponum Cucumerinum*).

WMV-(Virus Mosaico de la Sandia raza2).

ZYMV-(Virus del Mosaico Amarillo del Calabacín).

ALS-(Mancha Angular).

A2-(*Colletrotrichum Orbiculare* Raza2 Antracnosis).

CMV-(Virus Mosaico Del Cohombro).

PM-(Mildeo Polvoroso).