

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

PROPUESTA E IMPLEMENTACIÓN DEL MANEJO DEL ÁREA HIDROPÓNICA DEL CENTRO DE
PRÁCTICAS SAN IGNACIO, CAMPUS CENTRAL
SISTEMATIZACIÓN DE PRÁCTICA PROFESIONAL

JOSÉ JORGE UBICO KOOSE
CARNET 12839-13

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, MAYO DE 2018
CAMPUS CENTRAL

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA

PROPUESTA E IMPLEMENTACIÓN DEL MANEJO DEL ÁREA HIDROPÓNICA DEL CENTRO DE
PRÁCTICAS SAN IGNACIO, CAMPUS CENTRAL
SISTEMATIZACIÓN DE PRÁCTICA PROFESIONAL

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

POR
JOSÉ JORGE UBICO KOOSE

PREVIO A CONFERÍRSELE

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

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, MAYO DE 2018
CAMPUS CENTRAL

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR: P. MARCO TULIO MARTINEZ SALAZAR, S. J.
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS
SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ
SECRETARIO: MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA
DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. JULIO ROBERTO GARCÍA MORÁN

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN
MGTR. MAYRA ARACELY DEL CID MAZARIEGOS DE CHINCHILLA

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN
ING. LUIS FELIPE CALDERON BRAN

Guatemala, 09 de mayo del 2018.

Consejo de Facultad
Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas
Presente.

Miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he procedido a revisar el Informe final de Práctica Profesional Sistematizada, del estudiante José Jorge Ubico Koose que se identifica con carné 1283913, titulado: "**PROPUESTA E IMPLEMENTACIÓN DEL MANEJO DEL ÁREA HIDROPÓNICA DEL CENTRO DE PRÁCTICA SAN IGNACIO, CAMPUS CENTRAL.**" Solicitando la revisión para su respectiva aprobación, como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en el grado de académico de Licenciado.

Atentamente,



Inga. Mayra Del Cid
Colegiado No. 2791

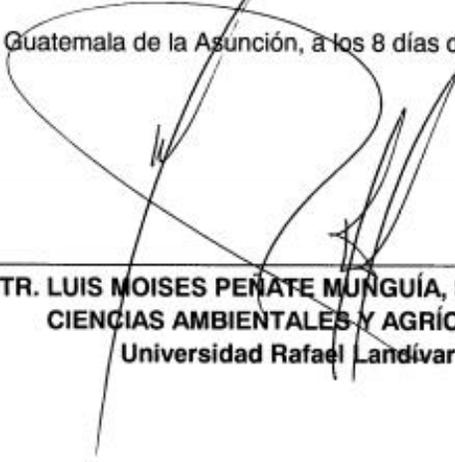
Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Sistematización de Práctica Profesional del estudiante JOSE JORGE UBICO KOOSE, Carnet 12839-13 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA, del Campus Central, que consta en el Acta No. 0688-2018 de fecha 8 de mayo de 2018, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

PROPUESTA E IMPLEMENTACIÓN DEL MANEJO DEL ÁREA HIDROPÓNICA DEL CENTRO DE PRÁCTICAS SAN IGNACIO, CAMPUS CENTRAL

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

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 8 días del mes de mayo del año 2018.



MGTR. LUIS MOISES PENATE MUNGUÍA, SECRETARIO
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar



AGRADECIMIENTOS

Un profundo agradecimiento a:

Dios y la vida por brindarme determinación, paciencia, sabiduría y las fuerzas necesarias para superarme cada día.

La Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas de la Universidad Rafael Landívar por el apoyo y formación a lo largo de mi carrera universitaria, y por la confianza y privilegio al haberme abierto las puertas brindándome la oportunidad de realizar mi trabajo de graduación en el Centro de Practicas San Ignacio de la Facultad.

Mgtr. Mayra del Cid, por su asesoría, revisiones y correcciones del presente documento, así como su apoyo incondicional a lo largo de mi Practica Profesional.

Ing. Luis Felipe Calderón, por su asesoría, revisiones y correcciones del presente documento.

Mgtr. Luis Moisés Peñate y Lic. Anna Cristina Bailey, por su apoyo incondicional a lo largo de mi carrera universitaria y confianza depositada en mí.

DEDICATORIA

Quiero hacer una dedicatoria especial por este logro en mi vida a toda mi familia. Por brindarme apoyo incondicional y estar siempre presentes a lo largo de mi vida otorgándome sabios consejos y cariño. A mis amigos y mentores por todo el apoyo y compañía en las distintas etapas de mi vida. Por último, al universo y todas las personas que de alguna manera u otra influyen en mi siendo mi fuente de motivación para seguir luchando por mis metas hasta alcanzarlas y mejorar como persona cada día.

ÍNDICE

	Página
RESUMEN.....	i
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
2.1 Revisión de literatura.....	3
2.1.1 Hidroponía.....	3
2.1.2 Sistemas y técnicas hidropónicas	4
2.1.3 Solución nutritiva	8
2.1.4 Estructuras	9
2.1.5 Ventajas de la hidroponía.....	10
2.1.6 Desventajas de la hidroponía.....	11
3. CONTEXTO DE LA PRÁCTICA.....	12
3.1 Descripción de la actividad de la institución anfitriona	12
3.2 Necesidad Institucional y Eje de Sistematización	15
3.2.1 Eje de sistematización	15
3.2.2 Necesidad Institucional	15
4. OBJETIVOS	16
4.1 Objetivo General.....	16
4.2 Objetivos Específicos	16
5. PLAN DE TRABAJO.....	17
5.1 Programa a desarrollar.....	17
5.1.1 Evaluación.....	17
5.1.2 Propuesta Técnica	17
5.1.3 Propuesta Económica	18
5.1.4 Calendarización de actividades	18

5.1.5	Implementación de la propuesta de manejo del área hidropónica de CPSI	18
5.1.6	Otras actividades	18
5.2	Indicadores de resultados.....	19
5.2.1	Elaboración de la propuesta técnica y económica del área hidropónica.	19
5.2.2	La implementación de la propuesta de un plan de manejo en el área hidropónica de raíz flotante e invernadero sistemas de tubos PVC.	19
5.2.3	Calendarizado las distintas actividades para la producción hidropónica.	19
5.3	Cronograma de actividades	19
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
6.1	Propuesta Técnica y Económica: Raíz flotante	20
6.1.1	Localización	20
6.1.2	Recipientes y contenedores	21
6.1.3	Nutrición de plantas	22
6.1.4	Oxigenación	24
6.1.5	Manejo Integrado de Plagas (MIP)	25
6.1.6	Cultivos	26
6.1.7	Propuesta Económica: raíz flotante.....	28
6.2	Propuesta Técnica y Económica: Sistemas de Tubos PVC.....	29
6.2.1	Localización	29
6.2.2	Estructura	29
6.2.3	Sustratos	30
6.2.4	Nutrición.....	31
6.2.5	Oxigenación y Recirculación	32
6.2.6	Manejo Integrado de Plagas (MIP)	33
6.2.7	Cultivos	34

6.2.8	Propuesta Económica: Sistema de tubos PVC	36
6.3	Propuesta Técnica y Económica: Invernadero sistema hidropónico con fibra de coco: .	38
6.3.1	Localización	38
6.3.2	Nutrición.....	39
6.3.3	Manejo Integrado de Plagas (MIP)	40
6.3.4	Cultivos	42
6.3.5	Propuesta Económica: invernadero sistema hidropónico con fibra de coco	43
6.4	Implementación del manejo del área hidropónica del CPSI.....	44
6.4.1	Raíz flotante	44
6.4.2	Sistema hidropónico de tubos PVC.....	46
6.4.3	Sistema de Fibra de coco.....	49
6.5	Calendarización de los sistemas hidropónicos en el CPSI	50
6.5.1	Raíz flotante	50
6.5.2	Sistema hidropónico de tubos PVC.....	51
6.5.3	Sistema hidropónico con fibra de coco	51
7.	CONCLUSIONES	53
8.	RECOMENDACIONES	54
9.	BIBLIOGRAFIA	55
10.	ANEXOS	57

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Características de los sustratos utilizados en un sistema hidropónico.	8
Cuadro 2. Análisis comparativo entre cultivos tradicionales y cultivos hidropónicos.	11
Cuadro 3. Nutrientes disponibles en la solución concentrada A: para un volumen de 5 L.....	23
Cuadro 4. Nutrientes disponibles en la solución concentrada B: para un volumen de 5 L.....	23
Cuadro 5. Cultivos recomendables para el Sistema hidropónico de raíz flotante.	26
Cuadro 6. Propuesta Económica: Costos de implementación de un Sistema hidropónico de Raíz flotante en lechuga.....	28
Cuadro 7. Propiedades de sustratos para cultivos sin suelo.	30
Cuadro 8. Manejo integrado de plagas en invernadero con sistemas de tubos PVC.	34
Cuadro 9. Tipos de cultivos y densidad de siembra en sistema de tubos PVC.	35
Cuadro 10. Propuesta Económica: costos de implementación de un Sistema de tubos PVC de 3m ²	37
Cuadro 11. Costos cambio de cobertura invernadero Hidropónico CPSI.....	37
Cuadro 12. Tipos de cultivos y densidad de siembra en sistema hidropónico con fibra de coco. .	42
Cuadro 13. Propuesta Económica: Costos de instalación de sistema hidropónico con fibra de coco de 90 m ²	44
Cuadro 14. Calendarización anual en raíz flotante.	50
Cuadro 15. Calendarización anual en sistema hidropónico de tubos PVC.....	51
Cuadro 16. Calendarización anual en sistema hidropónico de fibra de coco.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Distintos sistemas y medio para cultivos sin suelo (JICA, 1998).....	4
Figura 2. Organigrama del Centro de Prácticas San Ignacio de la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas (Del Cid, 2017).....	13
Figura 3. Actividades de las diferentes áreas de producción del Centro de Prácticas San Ignacio (Del Cid, 2017).	14
Figura 4. Croquis Área de producción 1 CPSI (URL, 2017).	20
Figura 5. Bandejas hidropónicas de inyección de plástico, CPSI, 2018.	21
Figura 6. Canastilla Hidropónica (García, 2016).	22
Figura 7. Modelo de bomba inyectora de oxígeno (Elite, 2017).....	24
Figura 8. Esponja en raíz flotante (Castañeda, 1997).	27
Figura 9. Medidor de pH y Conductividad Eléctrica (JICA, 1998).	31
Figura 10. Mesa de raíz flotante y bandejas hidropónicas, CPSI, 2018.....	45
Figura 11. Diferencia de distanciamientos en raíz flotante, CPSI, 2018.	45
Figura 12. Cosecha de lechuga hidropónica en raíz flotante, CPSI, 2017.	46
Figura 13. Cambio de posición de sistemas de tubos PVC e implementación de mesa raíz flotante,CPSI, 2018.....	46
Figura 14. Crecimiento de algas en sustrato y mangueras. Cultivos sin cosechar, CPSI, 2017. ...	47
Figura 15. Cosecha cilantro, pepino, acelga y cebolla hidropónica en sistema de tubos PVC, CPSI, 2017.	47
Figura 16. Medidor de temperatura y humedad relativa dentro del invernadero de tubos PVC, CPSI, 2017.	48
Figura 17. Tonel con sustrato, agua y cloro para desinfección, CPSI, 2017.....	48
Figura 18. Antes y después de preparación del terreno dentro del invernadero sistema de fibra de coco, CPSI, 2018.....	49
Figura 19. Tubería antigua de drenaje y postes pintados de blanco, CPSI, 2018.	49
Figura 20. Ficha técnica de bomba de oxigenadora (Elite, 2017).....	57

PROPUESTA E IMPLEMENTACIÓN DEL MANEJO DEL ÁREA HIDROPÓNICA DEL CENTRO DE PRÁCTICAS SAN IGNACIO, UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RESUMEN

La presente práctica profesional se realizó en el Centro de Prácticas San Ignacio (CPSI), de la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas de la Universidad Rafael Landívar, Campus Central. El CPSI está conformado por distintas áreas de producción, una de ellas es el área de cultivos hidropónicos, en la cual se enfocó la práctica profesional. El CPSI cuenta con instalaciones y recursos para el cultivo hidropónico, pero con un manejo no adecuado. Por lo cual se realizó una propuesta técnica y económica para el manejo eficiente del área hidropónica en tres sistemas de producción: raíz flotante, tubos PVC y uso de fibra de coco. Además, se realizó la calendarización y planificación de las distintas actividades para la producción, con el objetivo de lograr una producción constante y con rendimientos adecuados. En el sistema de raíz flotante se implementaron ocho nuevas unidades. En el sistema de tubos PVC se modificó la distribución de las mesas dentro del invernadero, se manejó la sombra y se implementó el manejo de acuerdo al requerimiento del cultivo. En el sistema hidropónico de fibra de coco, se preparó el terreno dentro del invernadero para la implementación de dicho sistema. Los resultados obtenidos a través de la práctica profesional serán de utilidad para mantener un área demostrativa apropiada la cual permita a los estudiantes y personal interesado en conocer distintas técnicas de cultivos hidropónicos.

1. INTRODUCCIÓN

El Centro de Prácticas San Ignacio (CPSI) pertenece a la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas de la Universidad Rafael Landívar, Campus Central. Tanto la universidad y la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas están comprometidos a la formación de profesionales con excelencia, valores y con competencias científicas, tecnológicas y empresariales que contribuyan al desarrollo sostenible.

El CPSI es la unidad dentro la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas que se encarga de brindar apoyo a los cursos con créditos prácticos que realizan actividades de campo. Cuenta con áreas a campo abierto, áreas de macro túneles, capacidad de irrigarse por goteo y área de invernaderos. Estos invernaderos tienen distintos aditamentos que les permiten la producción hortícola primordialmente. Además, se cuenta con instalaciones y equipo para la producción hidropónica, los cuales representan una pequeña proporción en relación con el total del área cultivable.

Los sistemas hidropónicos son distintas técnicas agrícolas en las cuales se cultivan plantas sin suelo. Para ello, existen tres tipos de sistemas, los sistemas de agua que el cultivo está directamente en contacto con el agua y sólo tiene algún contenedor o sujetador para dar soporte al cultivo, los sistemas con sustrato el cual puede ser orgánico o inorgánico y los aeropónicos. Estas técnicas tienen variedad de ventajas entre las más relevantes es el incremento de la productividad por unidad de área en dos vías, una intensificando el rendimiento fisiológico de los cultivos al proveerles la solución nutritiva que requiere, para su alto nivel de producción. Y la segunda a través del aprovechamiento del espacio en arreglos, que no lo permite el cultivo en una sola superficie, por ejemplo, en cultivos verticales (FAO, 2003).

Debido a que el CPSI es un área productiva que busca ser un modelo demostrativo eficiente y tiene los recursos e instalaciones, pero no cuenta con el plan de manejo adecuado para los cultivos hidropónicos. Por lo cual, surge la necesidad de un practicante para la realización de una propuesta de manejo y la implementación del plan de manejo del área de producción hidropónica. Consistió en elaborar una propuesta técnica y económica para los sistemas hidropónicos que requiere.

Además, implementar el plan de manejo para el área hidropónica con el fin de sistematizar los procesos de producción hidropónica debido a su potencial. Se calendarizó las distintas actividades que con llevan un ciclo de producción hidropónica para lograr un flujo permanente de la unidad productiva. La propuesta toma en cuenta el uso adecuado de las instalaciones. Con esto se quiere obtener un área demostrativa eficiente y que sea útil para el CPSI tanto de apoyo a la malla curricular, como a capacitaciones solicitadas por diversas facultades o departamentos de la Universidad Rafael Landívar.

2. ANTECEDENTES

2.1 Revisión de literatura

2.1.1 Hidroponía

La palabra hidroponía proviene del griego Hydro que significa agua y Ponos que significa labor, trabajo o esfuerzo. El concepto de hidroponía abarca todas aquellas formas en que se cultivan plantas con algún soporte sustituyendo al suelo, donde son alimentadas por medio de una solución nutritiva que se le suministra por medio del agua de riego (Gilsanz, 2007).

La hidroponía es parte de los sistemas de producción llamados cultivos sin suelo. En este tipo de sistemas el medio de crecimiento y/o soporte de las plantas puede estar constituido por materiales inertes o no interés, orgánicos o inorgánicos lo cual genera una variable del aporte nutricional de las plantas (Díaz, 2004).

Las técnicas y distintos sistemas hidropónicos están siendo aplicados a nivel mundial, especialmente aquellas áreas de producción en condiciones controladas. Es una alternativa sostenible de producción agrícola debido a que se produce más en menos área y en un menor tiempo. Debido a la escasez de suelos fértiles y el cambio climático la hidroponía es una manera viable de producir alimentos y lograr ayudar a la seguridad alimentaria (FAO, 2003).

Además de ser una técnica o método de producción agrícola comercial, la hidroponía está siendo implementada para uso urbano o familiar ya que permite producir alimentos frescos, saludables y abundantes con un reducido uso del agua y en espacios físicos pequeños. Esto permite mejorar la cantidad y calidad de la alimentación familiar sin aumentar los costos (FAO, 2003).

2.1.2 Sistemas y técnicas hidropónicas

Una de las ventajas de la hidroponía es la variedad de sistemas y técnicas hidropónicas que se adaptan a la necesidad del productor. Estas en general se dividen en tres sistemas: en agua, areopónicos y medio de cultivo o medio sólido el siguiente esquema ejemplifica las distintas divisiones que existen en el cultivo hidropónico (Figura 1).

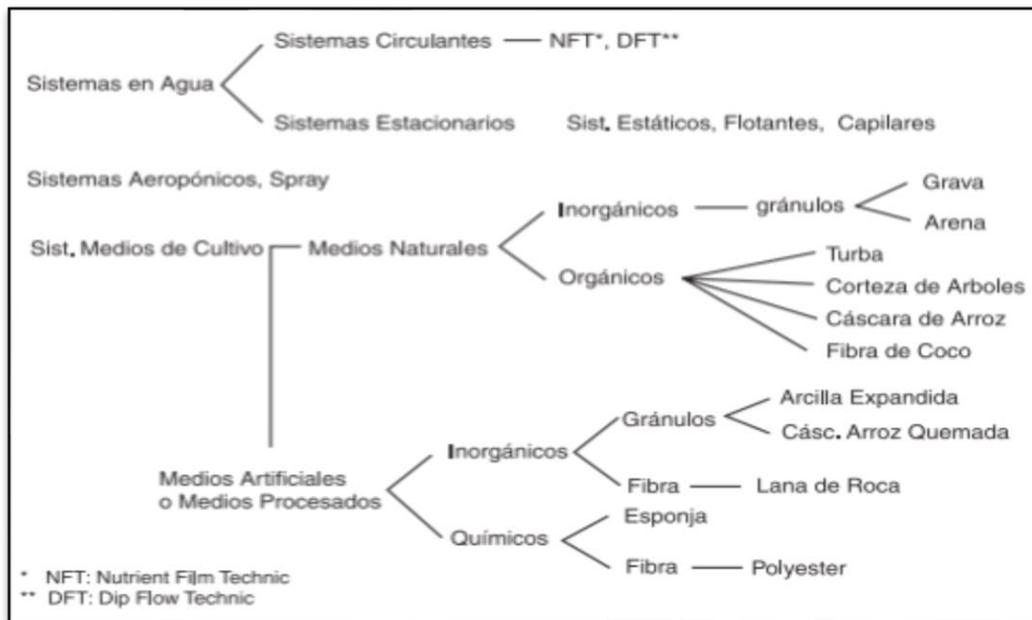


Figura 1. Distintos sistemas y medio para cultivos sin suelo (JICA, 1998).

2.1.2.1 Sistemas en Agua. Se refiere a la técnica agrícola en donde el agua sustituye completamente el suelo como medio de crecimiento y se complementa con la solución nutritiva para brindar los nutrientes esenciales de la planta (FAO, 2003). En los sistemas en agua existen los circulantes o cerrados y estacionarios:

2.1.2.1.1 *Sistemas Circulantes*. Los sistemas cerrados son aquellos que el agua tiene un ciclo y está en movimiento constante por la recirculación como lo es en el sistema NFT (Nutrient Film Technique) y DFT (Deep Flow Technique). El principio de la técnica NFT es la circulación constante de una lámina fina de solución nutritiva que pasa a través de las raíces del cultivo, no existe salida o pérdida al exterior de la solución nutritiva por lo que se constituye un sistema de tipo cerrado (Gilda & Juan, 1996).

2.1.2.1.2 *Sistemas estacionarios*. Los sistemas estacionarios son estáticos, raíz flotante y capilares. En estas técnicas el agua se queda estática no tiene ninguna circulación, pero lo que tienen en común estos sistemas es que las plantas están directamente en agua.

2.1.2.1.3 *Sistema de raíz flotante*. Este método utiliza un medio líquido que contiene agua y sales nutritivas. Su nombre se origina debido a que las raíces flotan dentro del agua con la solución nutritiva. Esta técnica consiste en trasplantar los pilones sobre largas superficies de duroport que se mantienen a flote sobre contenedores con solución nutritiva la cual es oxigenada de manera automatizada o por el encargado (García, 2016).

Para esta técnica se utilizan contenedores donde pueda permanecer la solución nutritiva dentro de él. El duroport que se emplea en esta técnica es de una pulgada de espesor. El largo o ancho del contenedor puede variar dependiendo del nivel de producción que se desea obtener (Castañeda, 1997).

Los hoyos sobre la plancha de duroport se realizan con un tubo de una pulgada de diámetro en caso se vaya a utilizar esponjas como medio de anclaje. La esponja por utilizar debe de tener 2 cm y medio de espesor y 3 x 3 cm de largo y ancho. En el caso de utilizar contenedores de plástico pueden ser hoyos de una hasta dos pulgadas (5 cm) de diámetro.

Los distanciamientos varían dependiendo que se cultiva, pero puede ir desde 15 x 15 cm hasta 20 x 20 cm para el cultivo definitivo (Castañeda, 1997). Debido a que este es un sistema estacionario es necesario revolver el agua con la solución del contenedor para redissolver la solución nutritiva y airear (Castañeda, 1997).

2.1.2.2 *Sistemas Aeropónicos.* En los sistemas aeropónicos se refiere a la técnica agrícola en donde la planta está suspendida en el aire y recibe la solución nutritiva a través de una aspersión cada cierto tiempo. Esta permite una mayor oxigenación de las raíces al estar en contacto directo con el aire lo cual lo convierte en un sistema que produce más en menos espacio al igual que las de más técnicas hidropónicas (Otazú, 2010).

En la aeroponía no se usa ningún medio de cultivo, aparte de un cubo de propagación si las plantas se iniciaron de semilla. Las raíces de los cultivos crecen en una cámara o canal donde están alimentadas por aspersores que distribuyen la solución nutritiva. Las plantas cultivadas en este método son beneficiadas con acceso constante a oxígeno y nutrientes (Basterrechea, 2015).

El sistema aeropónico se caracteriza por ser colocado de manera vertical, consiste en un cilindro de PVC u otros materiales con perforaciones en las paredes laterales. Dentro de esta tubería va el sistema de pulverización donde se distribuye la solución nutriente. Existen dos tipos de aeroponía:

2.1.2.2.1 *La aeroponía de baja presión.* Utiliza una bomba de agua normal que pulveriza la solución nutritiva en las raíces de las plantas utilizando pequeños aspersores. Las gotas son grandes y de tamaño irregular, mojan las raíces y se suele mantener las 24 horas funcionando. Trabaja bastante bien y es la que más se suele hacer de forma casera o artesanal.

2.1.2.2.2 *La aeroponía de alta presión.* Opera con agua a alta presión lo que permite que el agua salga por los aspersores en forma de gotas microscópicas. También suele controlar el tiempo y no se riega continuamente. Es más eficiente y se absorbe de forma más efectiva, además de permitir mejor paso de oxígeno a las raíces (Basterrechea, 2015).

2.1.2.3 *Sistemas de medio sólido.* En el caso de del sistema de medio sólido se refiere cuando el suelo es sustituido por un sustrato (arena, fibra de coco, cascarilla de arroz, etc.) el cual lleva la solución nutritiva para el requerimiento nutricional de la planta. Este permite la siembra de cualquier especie vegetal ya sean flores, vegetales y plantas aromáticas además que se puede realizar con distintos materiales como sustrato (Canovas, 1993).

Los sistemas hidropónicos por medio de cultivo son utilizados a través de sustratos (orgánicos o inorgánicos). Estos sustratos les sirven a las plantas como medio de anclaje para las raíces y también permite el movimiento de la solución nutritiva, en algunos casos la solución llega a las raíces por medio de capilaridad (Figura 1) (JICA, 1998). El sustrato es material sólido distinto al suelo natural que colocado en un contenedor en forma pura o en mezcla permite el anclaje del sistema radicular.

Existen dos tipos de sustrato: los químicamente inertes (arena, grava, roca volcánica, perlita, arcilla expandida, lana de roca, etc.) y los químicamente activos (turbas rubias y negras, corteza de pino, vermiculita, materiales lignocelulósicos, etc.). La principal diferencia entre ambos sustratos es la capacidad de almacenar nutrientes y la capacidad de intercambio catiónico (Canovas, 1993).

El mejor medio de cultivo depende de numerosos factores como son el tipo de material vegetal con el que se trabaja, especie vegetal, condiciones climáticas, sistemas y programas de riego y fertilización, aspectos económicos, etc. (Cuadro 1) (Llurba, 1997).

Cuadro 1.

Características de los sustratos utilizados en un sistema hidropónico.

Características	Descripción
Porosidad	Es el volumen total del medio no ocupado por las partículas sólidas, y por tanto lo estará por aire o agua. La porosidad es importante ya que esta permite la buena oxigenación de las partes radiculares de la planta.
Capilaridad	Es la capacidad de absorber y distribuir en todas las direcciones la solución nutritiva a través de los micros poros. Cuando el sustrato tiene una buena capilaridad el agua es absorbida en todas direcciones, haciendo que las raíces de las plantas encuentren una humedad homogénea.
Estabilidad Física	La compactación y descomposición del sustrato puede causar una reducción del espacio poroso y en la capacidad de aireación a lo largo del cultivo.
Peso	El peso del sustrato determina el montaje hidropónico que se va a realizar. Es recomendable que sea liviano para un fácil manejo.
Costo	Disponibilidad y bajo costo

(Llurba, 1997).

2.1.3 Solución nutritiva

Es una solución acuosa que contiene oxígeno disuelto y todos los nutrientes minerales esenciales, necesarios para el normal crecimiento de las plantas, totalmente dissociados. La solución nutritiva tiene macronutrientes totales y micronutrientes totales las concentraciones de cada minera varía dependiendo el cultivo y la fase en que se encuentre, es por ello por lo que es de suma importancia conocer los requerimientos nutricionales del cultivo que se va a producir (Howard, 1997).

El éxito del cultivo hidropónico está determinado por la constitución de dicha solución nutritiva su solubilidad, pureza y la relación existente entre los diferentes iones minerales, conductividad eléctrica y pH. La disponibilidad de oxígeno juega un rol fundamental en la absorción iónica. La temperatura y el pH del agua debe ser la óptima para que los nutrientes puedan ser más asimilados por el cultivo de mejor manera (Howard, 1997).

2.1.4 Estructuras

2.1.4.1 *Sistema de tubos de pvc.* Los tubos de PVC son una de las estructuras más comunes entre las técnicas de cultivo sin suelo. Dependiendo que técnica se utilice y que se desee cultivar va a depender la instalación o diseño de estos. Se deben utilizar tubos de PVC de baja presión ya que no se someten a mucha presión.

La técnica NFT es realizada con tubos de PVC la cual únicamente circula la solución nutritiva por los tubos. También se utiliza distintos sustratos en tubos de PVC. En ambos casos los tubos deben de tener una pendiente para que el agua no se estanque y tenga un flujo adecuado. Una de las ventajas de los tubos de PVC es que ayudan a mantener una temperatura adecuada en las raíces de los cultivos (Hidropónico, 2007).

Existen modificaciones en los sistemas hidropónicos con tubos de PVC, estos son utilizados con sustratos como la arena o grava. Esta técnica se utiliza en casos cuando no se tiene recirculación constante debido a la falta de una bomba. El efecto de la arena es retener la solución nutritiva dentro los tubos por mayor tiempo y que permita al cultivo absorberla de mejor manera (Hidropónico, 2007).

2.1.4.2 *Sistema hidropónico con fibra de coco.* La fibra de coco son las fibras que se encuentran en la cáscara del coco. Existen muchos países donde se cultiva el coco para alimentación y es por ello por lo que la fibra de coco se genera en grandes cantidades.

Existen distintos tipos de fibra de coco. El fino que se utiliza para semilleros y esquejes, donde las raíces son muy pequeñas y débiles, estándar que tiene uso general y la fibra gruesa la cual se utiliza para plantas grandes, acolchado de jardines, etc. (Agromática, 2014).

La fibra de coco es un subproducto natural y orgánico procedente del coco. Tiene una gran capacidad de aireación y retención de agua. Tiene un pH estable y ofrece una respuesta rápida a las correcciones minerales. Se rehidrata fácilmente y retiene nutrientes liberándolos progresivamente. El coco es un sustrato ideal para cultivos sin suelo o componente de otros sustratos (Agromatica, 2014).

Las propiedades de este sustrato (fibra de coco) como principal característica es el ahorro de agua y conservación de humedad. El cultivo con fibra de coco se puede utilizar con sacos de plástico o poliespán. Estos tienen que ser renovados cada tres años debido al deterioro del plástico ya que el sustrato puede durar hasta el doble aun con todas sus propiedades. Además del plástico se pueden utilizar contenedores que requieren de una mayor inversión, pero también tiene mayor duración hasta casi diez años (Cervantes, 2015).

2.1.5 Ventajas de la hidroponía

El uso de la hidroponía tiene muchas ventajas entre ellas está, el menor número de horas de trabajo. En general los sistemas hidropónicos requieren de un menor número de trabajo a comparación de los sistemas de producción convencionales. No es necesaria la rotación de cultivos como en los sistemas convencionales debido a la ausencia del suelo. Ya que en estos sistemas no hay presencia de microorganismos o malezas no existe la competencia de nutrientes (Howard, 1997).

Otra de las ventajas es que las raíces se desarrollan en mejores condiciones de crecimiento sin impedimentos físicos o nutricionales comparado con los sistemas tradicionales donde pueden sufrir problemas de compactación, baja infiltración, falta de oxígeno, etc. El desperdicio de agua es mínimo a través de los sistemas hidropónicos ya que se hace un uso eficiente del agua, porque se utiliza en cantidades necesarias y en forma controlada, además que se reducen las pérdidas por infiltración o evaporación (Díaz, 2004).

La aplicación de agroquímicos se reduce, ya que no existe un suelo como fuente de hospedaje o ciclo de enfermedades. Además, la planta al obtener su nutrición correcta le permite mantenerse inmune a la mayoría de patógenos. El problema con malezas básicamente se reduce a cero, ya sea que los medios son estériles o esterilizados, además que el problema de formación de algas puede ser minimizado. Y una de las grandes ventajas es la alta productividad en espacios más reducidos, además que se adaptan a cualquier área (Cuadro 2) (Gilsanz, 2007).

Cuadro 2.

Análisis comparativo entre cultivos tradicionales y cultivos hidropónicos.

	Sobre Suelo	Hidropónico
Nutrición de Planta	Muy variable Difícil de controlar	Controlada, estable fácil de verificar y corregir
Espaciamiento	Limitado a la fertilidad	Densidades mayores, mejor uso del espacio y la luz
Control de Malezas	Presencia de malezas	Inexistentes
Enfermedades y patógenos del suelo y nematodos	Enfermedades del Suelo	No existen patógenos del suelo
Agua	Plantas sufren estrés Ineficiente uso del gua	No existe estrés hídrico Uso eficiente del agua

(JICA, 1998).

2.1.6 Desventajas de la hidroponía

La principal desventaja es el costo inicial, este varía dependiendo el sistema de producción que se vaya a implementar y el control que se desee realizar del ambiente de crecimiento. Se requieren conocimientos de fisiología y nutrición vegetal, ya que repentinos cambios en la temperatura o de ventilación afectaran al cultivo. Los desbalances nutricionales suelen ser inconvenientes ya que se pueden presentar deficiencias o excesos de nutrición, lo cual hace que el productor tenga que estar pendiente del balance nutricional a lo largo del ciclo. El agua debe ser de buena calidad, sobre todo libre de contaminantes y excesivas sales. Debe tener un pH cercano a neutro (Gilsanz, 2007).

3. CONTEXTO DE LA PRÁCTICA

3.1 Descripción de la actividad de la institución anfitriona

La práctica profesional se realizó en el Centro de Prácticas San Ignacio (CPSI) de la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas (FCAA) de la Universidad Rafael Landívar, ubicada en el Campus Central, Vista Hermosa III, zona 16, en el departamento de Guatemala, Guatemala.

La Universidad Rafael Landívar es una institución de educación superior guatemalteca, independiente y no lucrativa, de inspiración cristiana, visión católica y de tradición jesuítica. La Universidad en su búsqueda de la verdad por medio de sus funciones de investigación, docencia y proyección social, se compromete a contribuir al desarrollo integral y sostenible, transformando a la persona y la sociedad hacia dimensiones cada vez más humanas, justas, inclusiva y libre (URL, 2017).

La FCAA es la unidad académica de la Universidad Rafael Landívar que tiene como misión la formación de profesionales con excelencia en las ciencias ambientales y agrícolas, con valores y con competencias científicas, tecnológicas y empresariales, que contribuyan al desarrollo sostenible. La Facultad está comprometida con la sociedad guatemalteca en la formación de profesionales que se desempeñen con excelencia, liderazgo y vocación, tanto en la conducción de empresas competitivas de producción, como en los procesos de protección y manejo de los recursos naturales y el ambiente (URL, 2017).

El CPSI cuenta con una coordinación, con el apoyo de dos trabajadores de campo y estudiantes a través de pasantías y voluntariado. El fin principal del CPSI, es brindar apoyo para el desarrollo de prácticas de campo, a los cursos de la malla curricular con créditos prácticos de las carreras que ofrece la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. Además, brindar apoyo en las modalidades de graduación, las cuales son: Tesis, Sistematización de Practica Profesional y Proyecto de Grado.

Otro objetivo del CPSI, es la implementación de las buenas prácticas agrícolas (BPA) para garantizar la inocuidad de los productos agrícolas y ser un modelo de la implementación del BPA en fincas agrícolas. Además, realiza un intercambio de los productos agrícolas y se obtiene donaciones para el apoyo de becas estudiantiles o bien se realiza donaciones de productos como parte del componente de RSA de la FCAA.

La Facultad de Ciencias Agrícolas y Ambientales de la Universidad Rafael Landívar cuenta con cuatro coordinaciones cada una encargada de un área distinta. La práctica se realizó en conjunto a la Coordinación del CPSI (Figura 2).

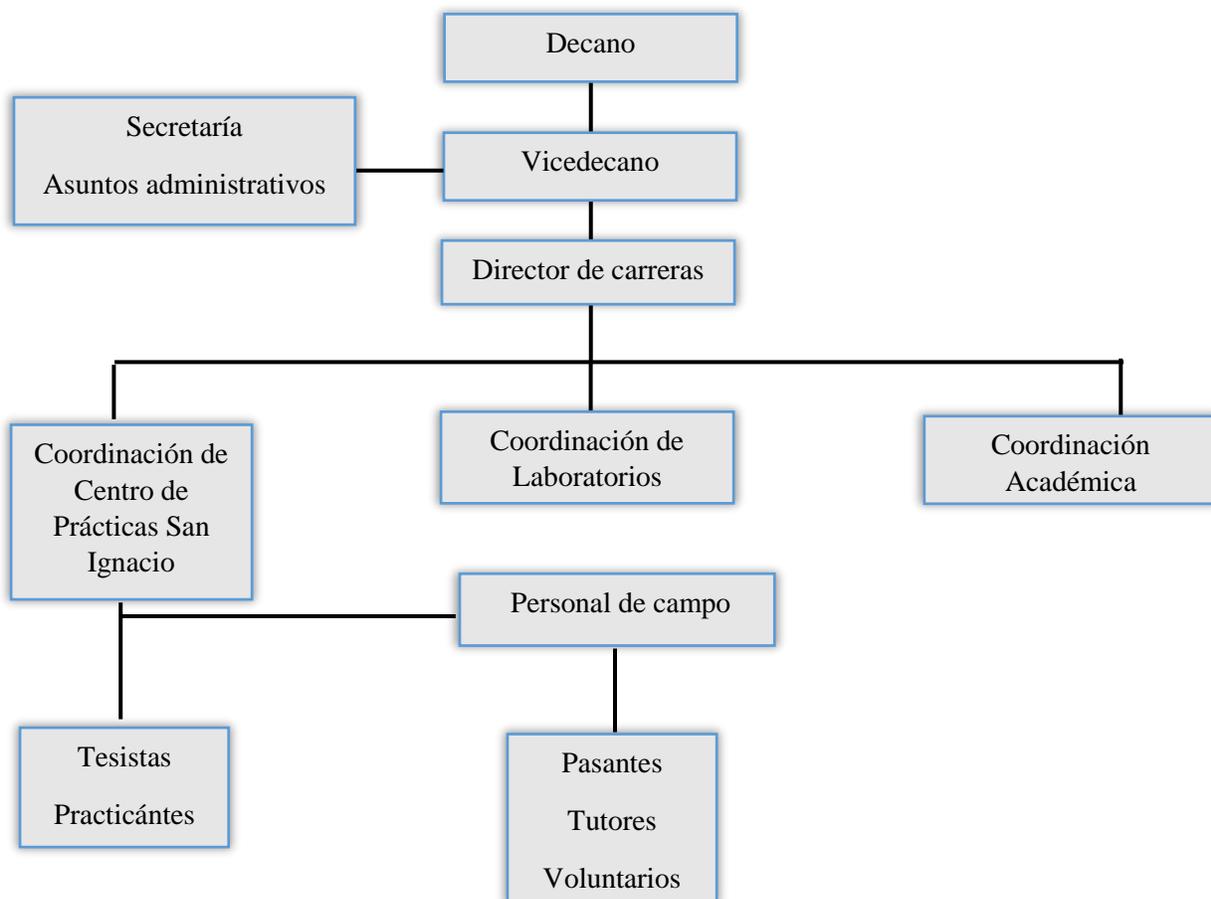


Figura 2. Organigrama del Centro de Prácticas San Ignacio de la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas (Del Cid, 2017).

El área de CPSI está conformada por cuatro áreas diferentes de producción y cada una tiene distintos manejos. La práctica se estuvo enfocando en el área de producción 1 en los cultivos hidropónicos, además de apoyar en los distintos procesos productivos de las otras áreas (Figura 3).

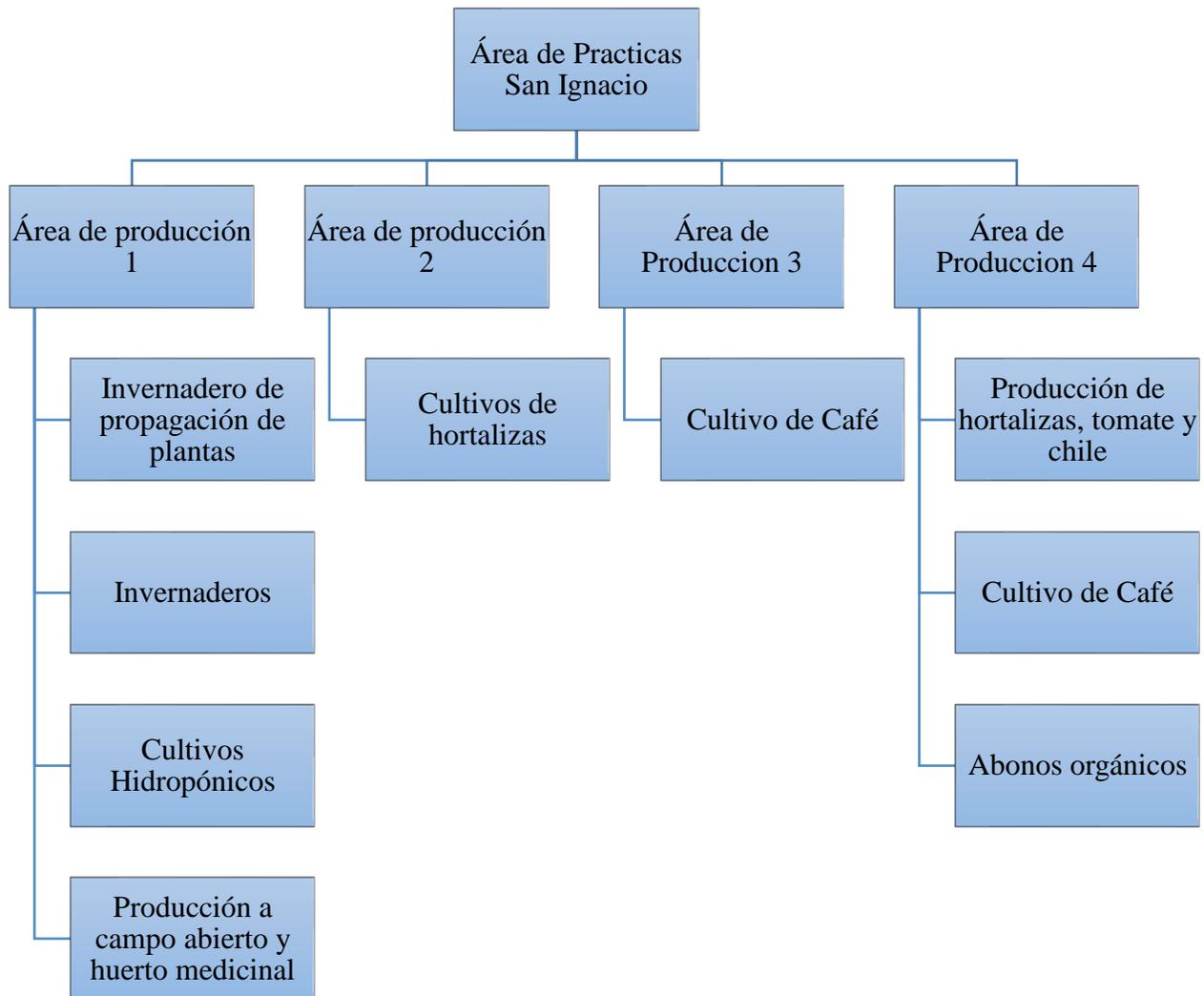


Figura 3. Actividades de las diferentes áreas de producción del Centro de Prácticas San Ignacio (Del Cid, 2017).

3.2 Necesidad Institucional y Eje de Sistematización

3.2.1 Eje de sistematización

El eje de sistematización fue la propuesta e implementación de un plan de producción hidropónica. Debido a que el funcionamiento del área destinada a cultivos hidropónicos no se le daba el manejo adecuado, por lo cual, se buscó sistematizar el proceso de producción hidropónica debido a su potencial de producción en comparación a un sistema convencional, en los sistemas de: raíz flotante y sustrato sólido. Además, tener un módulo que utilice los recursos del Centro de Prácticas San Ignacio (CPSI) de manera adecuada y ser así un modelo demostrativo con fines académicos.

3.2.2 Necesidad Institucional

El centro cuenta con las instalaciones y recursos para el cultivo hidropónico, pero carece de manejo y planificación adecuada. Esto no ha permitido llevar los procesos de manera eficiente para obtener producción hidropónica óptima y poder ser un modelo demostrativo. Por ello se busca la elaboración de una propuesta de manejo adecuado de las instalaciones existentes y el uso adecuado de los recursos.

Además de la propuesta técnica y económica, se buscó la implementación de un módulo hidropónico para la academia la cual tenga un área de producción permanente. Se buscó sistematizar el proceso de producción hidropónica para mantener un ciclo constante de la producción. Se logró obtener un área demostrativa eficiente de utilidad para el CPSI, tanto de apoyo a la malla curricular, como a capacitaciones solicitadas por diversas facultades o departamentos de la URL.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Elaborar una propuesta e implementar el plan del manejo del área hidropónica del Centro de Prácticas San Ignacio (CPSI).

4.2 Objetivos Específicos

Realizar una propuesta técnica y económica del área dedicada a hidroponía en el CPSI en los sistemas: raíz flotante, sistema de tubos de PVC e invernadero sistema hidropónico con fibra de coco.

Calendarizar las actividades para la producción hidropónica en el CPSI para mantener una producción constante.

Implementar una propuesta de manejo del área hidropónica de CPSI.

5. PLAN DE TRABAJO

5.1 Programa a desarrollar

A continuación, se detallan las actividades que se realizaron como parte de la sistematización de práctica profesional.

5.1.1 Evaluación

Se hizo una evaluación de campo, en la cual se realizó una observación directa del estado de las instalaciones, de los recursos, tipos de sistemas hidropónicos y de manejo. Se evaluó su funcionamiento y se realizó una descripción del estado de las instalaciones hidropónicas del CPSI.

5.1.2 Propuesta Técnica

La propuesta técnica consistió en la elaboración de un documento el cual contiene un análisis de los sistemas actuales en comparación a los sistemas ideales para las condiciones hidropónicas. Se determinó el tamaño, la localización, el equipo e instalaciones requeridas para una óptima producción en sistemas hidropónicos, tomando en cuenta los aspectos agronómicos para la producción de hortalizas principalmente. Además, se describió de forma detallada los elementos que debe llevar cada sistema, para así sistematizar los procesos de producción, de acuerdo con su función y alternativas de uso. Esta se realizó con los sistemas que cuenta actualmente y además se realizó otra propuesta para la implementación de un nuevo sistema.

5.1.3 Propuesta Económica

La propuesta económica determinó el monto de los recursos económicos necesarios para la implementación de los sistemas hidropónicos propuestos. Se determinó el costo total que generará dicho sistema para poder obtener una evaluación económica. Esta propuesta permitirá tener un mejor panorama del costo de la implementación de dicho sistema y así tomar la decisión de una manera adecuada y eficiente. La propuesta contiene distintos escenarios para poder comparar cual es la más viable según la situación.

5.1.4 Calendarización de actividades

La calendarización de actividades consistió en la planificación de un ciclo de producción hidropónica de cada sistema. Esta se realizó tomando en cuenta desde los procesos que se deben realizar antes de la siembra, durante y cosecha. El fin de la calendarización será tomar todas las acciones que lleven a una producción eficiente y permita tener un ciclo constante de producción y pueda sistematizar los procesos para facilitar el manejo de cada sistema.

5.1.5 Implementación de la propuesta de manejo del área hidropónica de CPSI

Esta se realizó tomando en cuenta la propuesta técnica y económica para los sistemas de raíz flotante y sistemas de tubos PVC, además se realizó según la disponibilidad de los recursos de la institución anfitriona. Se implementó el correcto plan de manejo, desde la siembra hasta la cosecha para cada sistema, para producir y con ello se recolectó datos del sistema en cuanto a producción.

5.1.6 Otras actividades

Se apoyó en las distintas actividades como siembra de árboles frutales, realización del taller de huertos urbanos, manejo del cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero, se apoyó en los días de “mercadito”, siembra de café, preparación de Macro túnel para chile pimiento, abonos orgánicos, limpieza y mantenimiento de áreas productivas, realización del día de campo del CPSI, se acompañó a visitas requeridas del CPSI, entre otras.

5.2 Indicadores de resultados

5.2.1 Elaboración de la propuesta técnica y económica del área hidropónica.

En el área de sistema hidropónico de raíz flotante, invernadero sistemas de tubos PVC e Invernadero Sistema hidropónico con fibra de coco.

5.2.2 La implementación de la propuesta de un plan de manejo en el área hidropónica de raíz flotante e invernadero sistemas de tubos PVC.

5.2.3 Calendarizado las distintas actividades para la producción hidropónica.

El cual contará con todas las actividades para completar un ciclo de producción hidropónica como realización de semillero, preparación y limpieza de sistemas, trasplante y siembra, aplicación de solución nutritiva, manejos de plagas, cosecha, etc.

5.3 Cronograma de actividades

Actividades	Semanas																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Inducción de instalaciones	x																							
Diagnostico del área productiva		x	x																					
Elaboración de propuesta técnica y económica del área hidropónica				x	x																			
Elaboración del plan de manejo				x	x																			
Calendarización de actividades para la producción hidropónica						x	x	x																
Implementación del plan de manejo					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Siembra					x									x										
Manejo del área hidropónica				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Cosecha											x	x	x								x	x	x	

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentarán los resultados que se obtuvieron en el Centro de Prácticas San Ignacio (CPSI). Se realizó una propuesta técnica y económica para cada sistema hidropónico del CPSI en las cuales se detalló que aspectos técnicos y económicos se deben tomar en cuenta para cada sistema. Se describe lo que se implementó del plan de manejo a lo largo de la práctica profesional en las distintas áreas hidropónicas del CPSI. Por último, se calendarizó los procesos para una planificación anual adecuada para los distintos sistemas hidropónicos.

6.1 Propuesta Técnica y Económica: Raíz flotante

6.1.1 Localización

En una producción hidropónica se recomienda que los cultivos hortícolas deban recibir seis horas mínimo de luz diaria. Por ello se propone en un inicio designar el área de raíz flotante en el invernadero de propagación del CPSI. Luego se recomienda realizar un área únicamente para los sistemas de raíz flotante entre el invernadero de biotecnología y el de propagación o ya sea que dentro del mismo invernadero de propagación se delimite un área únicamente para raíz flotante. Se recomienda colocar la mesa de madera de raíz flotante que posee el CPSI en el invernadero de Cultivos Hidropónicos (Invernadero pequeño) ya que existe el espacio y las condiciones para que se pueda producir dentro del mismo (Figura 4).

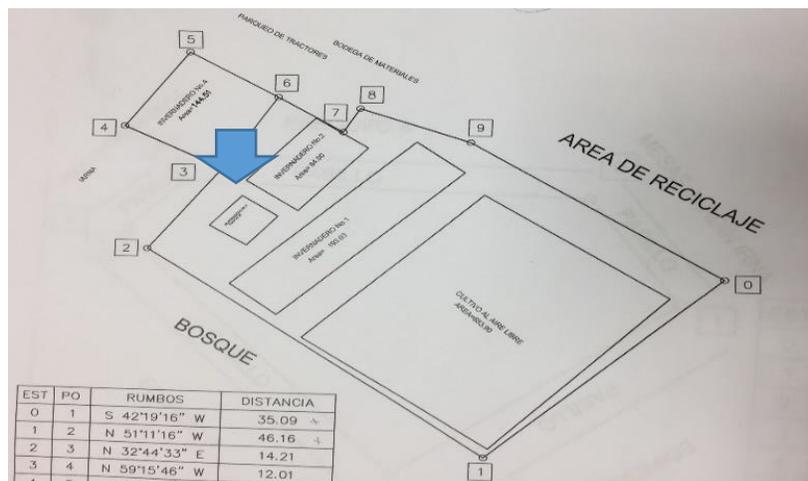


Figura 4. Croquis Área de producción 1 CPSI (URL, 2017).

6.1.2 Recipientes y contenedores

6.1.2.1 Bandejas. Se propone el uso de bandejas hidropónicas de inyección de plástico de 90.60 cm de largo x 75.20 cm de ancho x 11.40 cm (Figura 5). Estas bandejas son de alta durabilidad y pueden ser reutilizadas por varios años consecutivos. Se propone un total de 12 bandejas, con el fin de poder producir en todos los meses del año de manera cíclica. Luego de cada ciclo de producción se debe dar mantenimiento o limpieza a las bandejas para evitar el desarrollo de contaminantes como algas. Para ello se recomienda retirar el agua sobrante y hacer un triple lavado. Primero sólo con agua, luego limpiar con jabón y desinfectante, luego nuevamente con agua. Se puede realizar una desinfección con cloro previo al inicio del nuevo ciclo.



Figura 5. Bandejas hidropónicas de inyección de plástico, CPSI, 2018.

6.1.2.2 Duroport o poliestireno expandido. Se propone la utilización de duroport de 90 cm largo x 75 cm de ancho y 5 cm de grosor para que pueda flotar y soportar de manera adecuada el peso de los cultivos. Los agujeros deben realizarse acorde al tipo de anclaje que se va a utilizar. Si es con esponja se recomienda realizar el agujero de 3 cm de diámetro, si es con algún contenedor debe ser del tamaño del contenedor.

Los agujeros se recomienda realizarlos con un tubo metálico del diámetro adecuado. En la parte superior de las planchas de duroport a la hora del ciclo del cultivo se debe mantener lo más inocuo posible, se puede pasar un paño con cloro al 2% en caso de algún contaminante.

Luego de finalizado el ciclo del cultivo si las tablas se encuentran en buenas condiciones se pueden reutilizar, para ello se recomienda un triple lavado con cuidado y una desinfección con cloro. Se recomienda realizar entre 25 – 30 agujeros por bandeja (15-20 cm entre plantas) para permitir el desarrollo adecuado del cultivo.

6.1.2.3 Contenedores o esponja. Para el sostén de los cultivos se puede utilizar esponja como se ha estado realizando, pero se propone sustituirlo por contenedores especiales para cultivos hidropónicos de 2” de diámetro ya que estos pueden ser reutilizados por varios años, son fáciles de lavar y reduce la contaminación y el desperdicio de esponja (Figura 6).



Figura 6. Canastilla Hidropónica (García, 2016).

6.1.3 Nutrición de plantas

6.1.3.1 Manejo solución hidropónica. Al inicio del ciclo del cultivo el consumo de solución nutritiva es mínimo por lo que la reposición de esta será menor, pero conforme el cultivo va creciendo el consumo será mayor al igual tendrá que ser la reposición del agua con la solución nutritiva. Se recomienda mantener el nivel de la solución nutritiva al alcance de las raíces para su mejor desarrollo.

Cada bandeja tiene capacidad de 77 litros de agua los cuales deben ir acompañados de la solución nutritiva A y B (Cuadro 3 y 4). La solución A consiste en todos los elementos nutritivos que la planta requiere en mayor cantidad (macronutrientes) y la solución B aporta los nutrientes que son requeridos en menor cantidad (micronutrientes), pero son esenciales para que la planta pueda llevar adecuadamente sus procesos fisiológicos. Se recomienda las siguientes dosis: se aplican de A 5 mL/L y B 2.5 mL/L para un total de 385 mL de solución A y 192.5 mL de solución B en 77 litros de agua.

Cuadro 3.

Nutrientes disponibles en la solución concentrada A: para un volumen de 5 L.

Nutrientes	Proporción (g)
Nitrato de Potasio	550
Nitrato de Amonio	350
Superfosfato Triple	200
Nitrato de Calcio	100

(García, 2016).

Cuadro 4.

Nutrientes disponibles en la solución concentrada B: para un volumen de 5 L.

Nutrientes	Proporción (g)
Sulfato de Magnesio	500
Sulfato de Sílice	100
Quelato de Hierro al 6%	17
Sulfato de Manganeso	5
Sulfato de Zinc	1.5
Sulfato de Cobre	1
Molibdato de Amonio	0.2

(García, 2016).

Dependiendo del consumo del cultivo se repone únicamente la cantidad de agua que vaya consumiendo. A los 30 días se debe vaciar el total del contenido y se vuelve a llenar la bandeja con agua y agregar solución A y B, como se realizó al momento de la implementación.

En caso de formular las soluciones se recomienda realizar un estudio de la fuente de agua a utilizar para tomar los parámetros de conductividad eléctrica y pH del agua, ya que estos pueden influir de manera positiva o negativa en la formulación de la solución.

Una vez obtenido los resultados del estudio del agua se procede a la formulación de acuerdo con los resultados del estudio y a los requerimientos nutricionales del cultivo. Para un mejor manejo se recomienda la utilización de un medidor de conductividad eléctrica, para determinar si la concentración de nutrientes es la óptima, la cual debe estar entre 750 – 1500 ppm. En caso la medición del medidor de conductividad eléctrica sea menor a los parámetros se debe añadir más solución nutritiva, si en caso es mayor a los parámetros se debe añadir más agua.

A la mitad del ciclo (15 – 20 días aproximadamente) se recomienda una aplicación de un fertilizante foliar en caso exista alguna deficiencia en el cultivo. En los tipos de nutrientes se pueden utilizar soluciones estándar que ya están preparadas o se pueden formular si en caso se desea modificar los porcentajes de cada nutriente dependiendo del cultivo.

6.1.4 Oxigenación

De momento se recomienda realizar la oxigenación diaria de forma manual, levantando las tablas de duroport y agitar durante 5 minutos al día el agua, esto se debe realizar con la mano cubierta con guantes para evitar el contacto directo con la solución de fertilizantes. Otra forma de realizarlo, sin tener que tener contacto con la solución es colocar una manguera y soplar durante 5 minutos. Se propone la colocación de un sistema de oxigenación utilizando un oxigenador de pecera o una bomba de aire de 2 salidas y un timer, en la cual sale las mangueras en cada bandeja y oxigena la solución nutritiva a lo largo del día cada cierto tiempo (Ver Figura 6 y Anexo 1).



Figura 7. Modelo de bomba inyectora de oxígeno (Elite, 2017).

6.1.5 Manejo Integrado de Plagas (MIP)

El Manejo Integrado de Plagas consiste en la utilización de distintos métodos y técnicas de forma holística e integral que busca la reducción de aplicación de agroquímicos en las unidades productivas. Por ello, se recomienda la implementación del MIP en los cultivos hidropónicos, para obtener una producción con menos residuos de agroquímicos. Se recomienda aplicar productos químicos únicamente si no existe otra alternativa.

Se puede evitar la aplicación de agroquímicos con control físico como la protección del invernadero, mantener en alto las bandejas y alejadas de otros cultivos. Con trampas para insectos como trampas amarillas para mosca blanca. Se puede utilizar nets o mayas con medidas de 50 mesh (50 agujeros en 1 pulgada cuadrada) lo cual permite la ventilación del invernadero, pero reduce el ingreso de insectos. Evaluar cuales pueden ser los posibles vectores que puedan dar paso alguna plaga y así evitar el paso de estos.

Se recomienda mantener limpia el área hidropónica y sus alrededores. Debido a que el cultivo mantiene sus niveles nutricionales óptimos permanece sano y vigoroso en su ciclo de vida lo cual ayuda a repeler algunas plagas y enfermedades. Cuando se decide realizar control químico en MIP debe ser un plaguicida de banda levemente tóxica y que sea específico a la plaga que se espera controlar. Dentro del MIP se recomienda la utilización del control biológico y físico como una alternativa para controlar las plagas.

En el caso de la técnica sin suelo no es necesaria la rotación de cultivos, pero se debe realizar una desinfección de los medios o sustratos para evitar posibles focos de enfermedades para las plantas. Se puede utilizar cloro, ácidos, solarización con mulch, etc. Se recomienda remover cualquier hospedero de plagas alrededor del invernadero y se puede colocar barreras vivas como plantas aromáticas para repeler plagas o como hospederos alternos, para evitar el ingreso de estas.

El monitoreo constante es fundamental para estar preparado ante la plaga, debido a que el área productiva es pequeña facilita el monitoreo diario para detectar a tiempo posibles plagas y saber qué medida de control utilizar.

Se puede realizar con trampas para la plaga que se espera tener dentro del área sembrada. Para ello se debe contabilizar la población de los insectos presentes y el daño del cultivo. Si la población no está aumentando y el daño en el cultivo es mínimo se recomienda no aplicar nada.

6.1.6 Cultivos

El sistema de raíz flotante es ideal para cultivos de bajo tamaño (15-50cm). Al tener las condiciones adecuadas ayuda a que el ciclo del cultivo disminuya y se obtengan cosechas con excelentes rendimientos en un menor tiempo. Para este método de cultivo hidropónico se propone cultivos de bajo tamaño, hojas verdes y algunas plantas aromáticas.

Cuadro 5.

Cultivos recomendables para el Sistema hidropónico de raíz flotante.

Cultivo	Nombre científico	Densidad de siembra (cm entre plantas)
Lechuga	<i>Lactuca sativa</i>	15-20
Acelga	<i>Beta vulgaris</i>	15-20
Pak choy	<i>Brassica rapa</i> subsp. <i>Chinensis</i>	15-20
Albahaca	<i>Ocimum basilicum</i>	15-20
Berro	<i>Nasturtium officinale</i>	15

(Zeidan, 2018).

6.1.6.1 Siembra. Diez días previos a la cosecha se propone la realización de semilleros del cultivo que va a ser sembrado en la bandeja para lograr una producción constante. El semillero tiene una gran importancia, ya que es aquí donde comienza a desarrollarse la planta y debe desarrollarse en buenas condiciones para que así sea su rendimiento a lo largo del ciclo y obtener una planta sana y productiva. Cuando se siembra se recomienda que las plantas que se vayan a utilizar tengan la menor cantidad de contaminantes en las raíces (tierra, sustrato, etc.).

Si los pilones se van a colocar en contenedores se recomienda colocar primero el contenedor en la plancha de duroport y luego el pilón. Si se utiliza esponja se recomienda “abrazar” con la esponja el pilón y luego cuidadosamente insertarlo en el agujero (Figura 8). Siempre tomando en cuenta de no provocar daños mecánicos en las plántulas al momento de trasplantarlas.

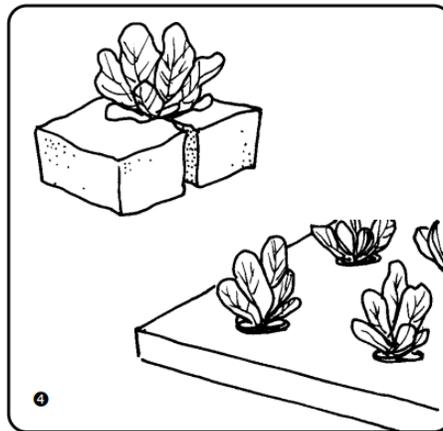


Figura 8. Esponja en raíz flotante (Castañeda, 1997).

La siembra se recomienda realizar en horas frescas para evitar estrés del cultivo debido a la manipulación. En el caso de que los semilleros sean con algún sustrato como el peat moss o algún otro se recomienda lavar las raíces con agua previo al traslado en los contenedores para evitar la contaminación de la solución nutritiva.

6.1.6.2 Cosecha. Las cosechas se deben realizar entre 1 o 2 meses máximo (dependiendo el cultivo), ya que si se pasa de este tiempo la planta empieza a florear y pierde su punto óptimo para el consumo. Se debe realizar cuidadosamente para evitar dañar el cultivo y la plancha de duroport para poder reutilizarla en el siguiente ciclo. La cosecha se recomienda realizar en horas frescas para evitar el estrés del cultivo debido a la manipulación. En raíz flotante la cosecha se recomienda realizar de forma manual con el debido cuidado para evitar generar daños mecánicos.

6.1.6.3 Observaciones generales. Debido a que ya se cuenta con una mesa de madera de 1 m x 1m, esta puede ser utilizada para los pilones o plántulas que serán trasplantadas a las bandejas. Se puede tener una mayor densidad de plantas ya que sólo estarán allí previo a la cosecha y así el cultivo ya viene adaptado al medio hidropónico.

6.1.7 Propuesta Económica: raíz flotante

El siguiente cuadro permite observar y analizar cuál es lo costó de los procesos de producción en el sistema hidropónico de raíz flotante (Cuadro 6).

Cuadro 6.

Propuesta Económica: Costos de implementación de un Sistema hidropónico de Raíz flotante en lechuga.

Descripción	Cantidad	Costo Unitario (Q)	Costo Total (Q)
Pilón de Lechuga	200	0.50	100
Bandejas Hidropónicas 90.60 cm de largo x 75.20 cm de ancho x 11.40 cm de alto de inyección de plástico	8	160.00	1,280.00
Planchas de Duroprt 2" de grosor	18	12.00	216.00
Bomba Oxigenadora Elite 802	1	150.00	150.00
Ts para conexión de mangueras	8	10.00	80.00
20mts de manguera para pecera	1	5.00	100.00
Contenedores de plástico 3" de diámetro	200	80.00	160.00
Total			2,086.00

El costo de producción en ocho bandejas hidropónicas es de Q.2,086.00. En un ciclo con las ocho bandejas hidropónicas se puede obtener una cosecha de 200 lechugas en aproximadamente dos meses. Una ventaja de producir cultivos hidropónicos es que el mercado paga más por una lechuga hidropónica versus una lechuga convencional, por distintas razones, entre ellas se puede mencionar: menor residuos de agroquímicos, alimentos más limpios, etc. Esto permite vender a un mejor precio las lechugas y tener una unidad productiva más rentable, además de tener un retorno de la inversión más rápida.

6.2 Propuesta Técnica y Económica: Sistemas de Tubos PVC

6.2.1 Localización

Para el aprovechamiento de la estructura se recomienda que los sistemas hidropónicos de PVC permanezcan dentro del Invernadero de cultivos hidropónicos ubicado en el área de producción 1. Dentro del invernadero se realizó un cambio de posición de los sistemas ya existentes. Se recomienda dejarlos en el eje Oeste – Este debido al aprovechamiento del espacio y de la intensidad lumínica. Además, que se realizó la poda de un árbol que generaba sombra en el invernadero lo cual afectaba el desarrollo de los cultivos.

6.2.2 Estructura

Se recomienda el uso de tubos de PVC debido a su durabilidad, estos pueden ser de 3” – 4” de diámetro, tapones de PVC (pueden ser de drenaje), acoples de PVC de 1” de diámetro para la salida de la solución nutritiva. Se propone colocar acoples, codos, y Ts de riego para la entrada donde inyecta la solución a las tuberías acompañado de manguera negra para riego para evitar el crecimiento de algas dentro la manguera y poder tener un mejor manejo y distribución de la solución nutritiva.

El soporte de los tubos debe ser de tubos galvanizados o de acero inoxidable para evitar la corrosión de este y lograr una mayor duración de la estructura. Se deben cambiar los tubos de PVC abiertos, ya que están en mal estado y deteriorados. Se recomienda colocar tapaderas nuevas con cinta de aislar para sellar y evitar fugas. No se sugiere utilizar pegamento para que en un futuro si se desea quitar las tapas para limpieza u otro objetivo no sea de dificultad.

En el caso del invernadero se recomienda un cambio de la tela antiviral al igual que la parte del centro del techo, ya que en la época de lluvia entra el agua lo cual provoca mayor humedad y da paso al desarrollo de hongos.

En la estructura del invernadero se recomienda que el techo sea de polietileno especial para techos de invernadero, los laterales del invernadero se recomienda utilizar maya antivirus de 50 mesh (50 agujeros en 1 pulgada cuadrada) para evitar el ingreso de insectos, se recomienda que tenga dos puertas para evitar el fácil ingreso de plagas. Además, se recomienda el uso adecuado del pediluvio y la desinfección de manos previo al ingreso al invernadero.

6.2.3 Sustratos

Se recomienda con fines demostrativos dejar unos sistemas con arena o grava, y utilizar otros sustratos como piedra volcánica, cascarilla de arroz o sin sustrato directamente en agua. Con el objetivo de poder realizar distintas pruebas del uso de distintos sustratos y comparar rendimientos.

Cuadro 7.

Propiedades de sustratos para cultivos sin suelo.

Nombre	Material	pH	Capacidad de retención de agua (%)	Conduc eléctrica
Rockwool	Lana de piedra volcánica	7 – 9.5	70 – 80%	0
Perlita	Lava en contacto con agua	7	50 – 60%	0
Tuff	Piedra Volcánica	6.5	20 – 35%	0
Fibra de Coco	Fibra de Coco	7	75 – 85%	0
Cascarilla de Arroz	Cascarilla de Arroz	7	75 – 80%	0
Arena o Grava	Arena	7	60 – 70%	0

(Zeidan, 2018).

En el caso de uso de algún sustrato siempre se debe realizar una desinfección con cloro al finalizar el ciclo del cultivo. El procedimiento consiste en dejar en remojo el sustrato con cloro y agua (10 mL/L) durante 1-2 días, luego sacar el sustrato, realizar un lavado solo con agua y dejar que este seque en un área donde no se contamine, luego se procede a la colocación del sustrato en los tubos de PVC.

También se puede realizar sin sacar el sustrato de los tubos PVC, inyectando el desinfectante a través del sistema de riego por dos días. Luego se recomienda aplicar únicamente agua para drenar cualquier residuo del desinfectante. Otro método es mover el sustrato y dar paso a la solarización cuando la radiación solar y temperatura sean altas.

6.2.4 Nutrición

Se recomienda la aplicación diaria de la solución nutritiva. Para estos sistemas es necesaria una aplicación de 20 litros de agua con 100mL de solución A y 50mL de solución B, como mínimo dependiendo del requerimiento nutricional de cada cultivo.

Para obtener mejores resultados en el rendimiento de los cultivos y del sistema productivo se recomienda monitorear la conductividad eléctrica y el pH de la solución la cual debe estar en un pH de 5.5 - 6.5 y la conductividad eléctrica debe estar entre los 750 - 1500 ppm. Si la conductividad eléctrica sobre pasa se debe aplicar más agua, y si está por debajo de 750 se debe aplicar más nutrientes.



Figura 9. Medidor de pH y Conductividad Eléctrica (JICA, 1998).

La solución que drena de los tubos no siempre contiene el mismo porcentaje de nutrientes que al inicio por lo cual se recomienda reponer los nutrientes según la cantidad de agua que se aplique. Para tener un manejo óptimo se recomienda medir la conductiva eléctrica de la solución drenada para ver cuánto se debe reponer.

Siempre es recomendable una aplicación foliar a la mitad del ciclo de los cultivos para reforzar su desarrollo y nutrición. En los tipos de nutrientes se pueden utilizar soluciones estándar que ya están preparadas o se pueden formular si en caso se desea modificar los porcentajes de cada nutriente dependiendo del cultivo.

En caso de formular las soluciones se recomienda realizar un estudio de la fuente de agua a utilizar para tomar los parámetros de conductividad eléctrica y pH del agua, ya que estos pueden influir de manera positiva o negativa en la formulación de la solución. Una vez obtenido los resultados del estudio del agua se procede a la formulación de acuerdo con los resultados del estudio y a los requerimientos nutricionales del cultivo.

6.2.5 Oxigenación y Recirculación

Debido a que estos sistemas son en cierto modo artesanales, al recolectar la solución que drena de los sistemas en los recipientes se deben reincorporar en el contenedor de la solución al hacer esta acción se oxigena la solución por lo cual no es necesario de una oxigenación como tal. La recirculación también es parte de la oxigenación. Además, es importante en estos sistemas ya que con esto se obtiene una optimización del agua y los nutrientes del sistema productivo permitiendo que este baje costos.

Siempre es necesario monitorear el contenido de solución nutritiva recolectada en las cubetas y verificar que estas se mantengan limpias tanto de residuos orgánicos como de posible formación de algas para evitar contaminar el sustrato o tapar las mangueras.

6.2.6 Manejo Integrado de Plagas (MIP)

El Manejo Integrado de Plagas consiste en la utilización de distintos métodos y técnicas de forma holística e integral que busca la reducción de agroquímicos en las unidades productivas. Se recomienda aplicar productos químicos únicamente como última alternativa.

El control físico o la implementación de trampas en el área productiva ayuda a la disminución de agroquímicos. Por ejemplo, si se tiene problema con mosca blanca se puede colocar trampas amarillas o azules en el caso de trips. Existen variedades de nets o mayas con distintas medidas en los agujeros según la plaga que se quiere evitar que ingrese. Pero principalmente se debe evaluar cuales son o pueden ser los posibles vectores o plagas y luego se establece que medidas de control físico se pueden utilizar y que beneficien a la reducción de posibles plagas.

Una de las ventajas de la hidroponía es que los cultivos siempre están en condiciones óptimas debido a la buena nutrición. Esto permite que el cultivo desarrolle cierta inmunidad a enfermedades y plagas lo cual reduce la necesidad de aplicar agroquímicos. En caso de plaga o algún patógeno se recomienda una aplicación a lo largo del ciclo (Ver inciso 6.1.5).

Se recomienda siempre limpiar y desinfectar tanto el área cultivable o sustratos, como alrededor de los sistemas hidropónicos para evitar posibles hospederos de plagas o enfermedades. Se puede utilizar cloro, ácidos, solarización con mulch, etc. Además, se puede colocar barreras vivas como plantas aromáticas para repelar plagas o evitar el ingreso de estas.

Cuadro 8.

Manejo integrado de plagas en invernadero con sistemas de tubos PVC.

Cultivo	Plaga	Manejo	Descripción
Acelga	Gusano (<i>Trichoplusia ni</i>)	Preventivo	1 aplicación de insecticida natural. Piretrina
Cilantro	Ácaros (<i>Tetranychus telaris L.</i>)	Preventivo	1 aplicación de insecticida natural. Piretrina
Cebolla	Trips (<i>Thrips tabaco Lind.</i>)	Preventivo	1 aplicación de insecticida natural. Piretrina
Fresas	Araña roja (<i>Tetranychus urticae</i>)	Preventivo	1 aplicación de insecticida natural. Piretrina
Pepino	Pulgones (<i>Aphis gossypii</i>)	Preventivo	1 aplicación de insecticida natural. Piretrina

(Ecológica, 2017).

La piretrina es un insecticida de amplio espectro y sin efectos nocivos para los seres humanos y animales. Es un insecticida proveniente de las flores de crisantemos (*Chrysanthemum cinerariaefolium* o *Anaciclus pyretrum*). Este insecticida natural actúa por contacto y puede ser utilizado para el control de pulgones, cochinillas, trips, mosca blanca, araña roja y entre otros. Los principios activos se degradan con el contacto de la luz solar desapareciendo en su totalidad luego de 48 horas (Ecológica, 2017).

6.2.7 Cultivos

El sistema de tubos de PVC es ideal para cultivos de bajo o medio tamaño. El sustrato permite el anclaje del cultivo lo cual ayuda a soportar mejor el peso de la planta, por ello en el sistema de tubos de PVC se puede cultivar cultivos como pepino, tomate, chile o berenjena. Al tener las condiciones adecuadas ayuda a que el ciclo del cultivo disminuya y se obtengan cosechas con excelentes rendimientos en un menor tiempo determinado. Si se utiliza tutores se puede cultivar cultivos con frutos ya que esto permite que la planta tenga soporte de su peso.

Cuadro 9.

Tipos de cultivos y densidad de siembra en sistema de tubos PVC.

Cultivo	Nombre científico	Densidad de siembra (cm entre plantas)
Lechuga	<i>Lactuca sativa</i>	15-20
Acelga	<i>Beta vulgaris</i>	15-20
Pak choy	<i>Brassica rapa</i>	15-20
Albahaca	<i>Ocimum basilicum</i>	15-20
Berro	<i>Nasturtium officinale</i>	10-15
Pepino	<i>Cucumis sativus</i>	10-15
Tomate	<i>Solanum lycopersicum</i>	10-15
Berenjena	<i>Solanum melongena</i>	10-15
Frambuesas	<i>Rubus idaeus</i>	20
Mora	<i>Rubus</i>	20
Arugula	<i>Rúcula</i>	10-15
Fresas	<i>Fragaria</i>	10-15
Cilantro	<i>Coriandrum sativum</i>	10-15

(García, 2016).

6.2.7.1 Siembra. La preparación de los semilleros es fundamental para el éxito del ciclo productivo de cada cultivo. Es importante realizar semilleros en buenas condiciones y con el manejo adecuado para tener plántulas o pilones vigorosos y con buen desarrollo vegetativo y de raíz. Se recomienda 10 días previos a la cosecha se propone la realización de semilleros del cultivo que va a ser sembrado en los tubos para lograr una producción constante.

Dependiendo el cultivo y el sustrato que utilice se puede realizar siembras directas en los sustratos con el fin de evitar el estrés en el cultivo que se genera a la hora del trasplante. En la siembra se recomienda que las plántulas a utilizar vayan con la menor cantidad de contaminantes en las raíces (tierra, sustrato, etc.). Se recomienda realizar la siembra en horas frescas para evitar un mayor estrés del cultivo debido a la manipulación. Además, se pueden realizar los semilleros en bandejas aparte con el mismo sustrato que tendrá los tubos designados para dicho cultivo.

6.2.7.2 Cosecha. Las cosechas se deben realizar entre uno mes o tres meses máximos (dependiendo el cultivo), el cultivo no debe sobrepasar este tiempo ya que pueden empezar a florear y perder su punto óptimo para el consumo en el caso de hojas. Esta se debe realizar cuidadosamente para evitar dañar el cultivo y permitir una segunda cosecha.

La cosecha se recomienda realizar en horas frescas para evitar un mayor estrés del cultivo debido a la manipulación. En el caso de cultivos que producen frutos como el tomate, chile, berenjena, frambuesas, etc. La cosecha se puede prologar hasta 6 meses ya que el cultivo sigue produciendo mientras se le siga dando la solución nutritiva. Luego de los 6 meses se recomienda cambiar de material vegetativo ya que la producción empieza a reducir.

6.2.8 Propuesta Económica: Sistema de tubos PVC

La siguiente propuesta económica está hecha en base a los costos de producción de un sistema de tubos PVC con todos los costos necesarios para obtener un sistema adecuado y por ende obtener una producción más rentable (Cuadro 10).

Cuadro 10.

Propuesta Económica: costos de implementación de un Sistema de tubos PVC de 3m².

Descripción	Cantidad	Costo Unitario (Q)	Costo Total (Q)
Pilones de Acelga	70	0.50	350.00
Tubos de PVC 4" de 6 m	2	75.00	150.00
Tapas de PVC para drenaje 4"	12	3.00	36.00
Tubo de PVC 1" 6 m	1	40.00	40.00
Acoples de PVC 1"	8	2.00	16.00
Codos de PVC 1"	2	2.00	4.00
Ts de PVC de 1"	5	2.00	10.00
Contenedor de 40 L	1	50.00	50.00
Acoples para riego	10	1.00	10.00
Ts para riego	5	1.00	5.00
Codos para riego	2	1.00	2.00
Manguera de riego negra 20mm x m	2	10.00	20.00
Cinta de aislar rollo	1	40.00	40.00
Cascarilla de arroz saco	1	20.00	20.00
Arena saco	1	35.00	35.00
Cubetas de 10 L	1	15.00	15.00
Estructura metálica	1	500.00	500.00
Total			1,303.00

Cuadro 11.

Costos cambio de cobertura invernadero Hidropónico CPSI.

Descripción	Costo Total (Q)
- Sujeción de techos y paredes: Perfil de lámina de acero, con alambre galvanizado cubierto de PVC. Una línea de perfil en tubería paralela a la línea de canal del invernadero	
- Servicio de mantenimiento de estructuras: Técnicos especializados para la instalación de las coberturas	
Total	7,674.38

6.3 Propuesta Técnica y Económica: Invernadero sistema hidropónico con fibra de coco:

6.3.1 Localización

Se recomienda utilizar el segundo invernadero grande del área de producción 1 del CPSI. Debido al poco uso y el nuevo mantenimiento del invernadero se encuentra en óptimas condiciones para desarrollar la instalación de sistema de producción hidropónica con fibra de coco. La ubicación del invernadero permite el aprovechamiento de horas luz disponibles en el día.

6.3.1.1 Preparación del área. Actualmente el invernadero contiene un sistema hidropónico de fibra de coco antiguo el cual ya no está en uso debido al deterioro de las bolsas con fibra. Se recomienda retirar las pacas de fibra de coco y desecharlas. Luego se recomienda preparar el terreno y nivelarlo y apelmazarlo con el objetivo de tener la pendiente adecuada (1%) para el correcto funcionamiento del nuevo sistema hidropónico.

6.3.1.2 Materiales e instalación. Debido a que existe la oportunidad de realizar una implementación de este sistema productivo con una empresa externa o contratista se recomienda realizarlo; aunque los costos puedan ser más altos la durabilidad y calidad de los materiales a utilizar serán mucho mejor.

Es necesario la colocación de plastextil en el suelo del invernadero para mantener limpio el área de los cultivos y evitar el crecimiento de malezas o puntos de hospederos de algún patógeno. Se recomienda colocar block en donde va a estar el sistema de drenaje y las pacas de fibra de coco. En este caso debido a las dimensiones del invernadero se recomienda la implementación de cuatro surcos con dos filas de block en cada uno (20cm entre cada uno). Entre las dos filas de cada surco se recomienda implementar el plástico para drenaje hidropónico a lo largo del surco.

Una vez colocado el plástico para el drenaje encima de los blocks, se coloca las pacas de fibra de coco y luego el sistema de riego. Al final de cada surco se recomienda acoplar una tubería la cual lleve la solución drenada a un contenedor final. Actualmente no se tiene un contenedor como tal por lo cual la solución nutritiva se pierde.

Se recomienda colocar un tonel o un rotoplast para almacenar la solución nutritiva y colocar un sistema de bombeo para que esta recircule en el sistema hidropónico. Se sugiere el uso de un timer especial el cual inyecte cada determinado tiempo la solución nutritiva a lo largo de las pacas de fibra de coco.

A veces la recirculación de la solución con lleva más trabajo ya que se debe monitorear que la solución que sale sea la misma que entra para mantener en el nivel adecuado los cultivos. Entonces para facilitar se recomienda recolectar la solución nutritiva drenada en el contenedor y utilizarla para otros fines, como regar los cultivos de campo abierto, café o frutales.

6.3.2 Nutrición

Se recomienda la aplicación diaria de la solución nutritiva. Para este sistema es necesario un dosificador y timer que realice la aplicación de la solución nutritiva a lo largo del día. Para obtener mejores resultados en el rendimiento de los cultivos y del sistema productivo se recomienda monitorear la conductividad eléctrica y el pH de la solución la cual debe estar en un pH de 5.5 - 6.5 y la conductividad eléctrica debe estar entre los 750 - 1500 ppm.

Si la conductividad eléctrica sobre pasa se debe aplicar más agua, y si está por debajo de 900 se debe aplicar más nutrientes. Para tener un manejo óptimo se recomienda medir la conductiva eléctrica de la solución drenada para ver cuánto se debe reponer si en caso se fuera a reutilizar. Siempre es recomendable una aplicación foliar a la mitad del ciclo de los cultivos para reforzar su desarrollo y nutrición, basados en un análisis foliar. En los tipos de nutrientes se pueden utilizar soluciones estándar que ya están preparadas o se pueden formular si en caso se desea modificar los porcentajes de cada nutriente dependiendo del cultivo.

En caso de formular las soluciones se recomienda realizar un estudio de la fuente de agua a utilizar para tomar los parámetros de conductividad eléctrica y pH del agua, ya que estos pueden influir de manera positiva o negativa en la formulación de la solución. Una vez obtenido los resultados del estudio del agua se procede a la formulación de acuerdo con los resultados del estudio y a los requerimientos nutricionales del cultivo. El plan de fertilización debe ser acorde al tipo de cultivo que se va a sembrar en el sistema hidropónico.

6.3.3 Manejo Integrado de Plagas (MIP)

Debido al potencial de calidad de producción que se puede obtener a través de este sistema de producción se recomienda utilizar métodos integrales que permitan el mejor control y monitoreo de posibles plagas con el fin de poder reducir las aplicaciones de agroquímicos. Se recomienda aplicar productos químicos únicamente como última alternativa.

Se puede evitar la aplicación de agroquímicos con control físico como la protección del invernadero, mantener en buenas condiciones las pacas de fibra de coco y limpio el plastitextil en el suelo. Esto ayuda a evitar posibles hospederos de plaga y mantener limpia el área del cultivo. Implementar trampas para insectos, como trampas amarillas para controlar y monitorear la mosca blanca y azules para trips. Se puede utilizar nets o mayas con medidas de 50 mesh que son 50 agujeros en 1 pulgada cuadrada lo cual permite la ventilación del invernadero, pero evita el ingreso de insectos. Evaluar cuales pueden ser los posibles vectores que puedan dar paso alguna plaga y así evitar el paso de estos.

La disponibilidad de nutrientes para la planta en el sistema hidropónico con fibra de coco es alta y esto permite que el cultivo tenga un buen desarrollo y pueda desarrollar propiedades inmunes o repelentes a ciertos patógenos o plagas. Es importante evitar el ingreso o crecimiento de estos por lo cual se recomienda mantener limpia el área hidropónica y sus alrededores.

Para evitar el uso de químicos se puede utilizar control biológico como una alternativa para mantener controlada la plaga y aun así poder obtener una cosecha adecuada. Por último, si la plaga no se puede controlar y se considera que va a tener un alto impacto negativo en la cosecha se puede aplicar el control químico siempre y cuando este sea un pesticida selectivo y de toxicidad baja.

El monitoreo a través de las trampas amarillas permite ver qué población de mosca blanca existe en el área productiva. Si la trampa tiene menos de cuarenta por ciento del área de la trampa con mosca blanca significa que la población de la plaga es baja y no es necesario aplicar agroquímicos. En caso la trampa amarilla presente mayor al cuarenta por ciento en comparación a la cobertura total de la trampa se puede tomar la decisión de aplicar agroquímicos para el control de esta.

En el caso de los cultivos sin suelo no es necesaria la rotación, pero se debe realizar una desinfección de los medios o sustratos para evitar posibles focos de enfermedades para las plantas. La fibra de coco puede ser utilizada entre 8-10 años después de esto se recomienda cambiarla, ya que el volumen no sigue siendo el mismo por la degradación.

Una de las limitantes de las pacas de fibra de coco, es la cobertura de plástico especial en donde se encuentra ya que tienen una duración de 3 años aproximadamente, pero la fibra aún puede seguir siendo utilizada. Se recomienda remover cualquier hospedero de plagas alrededor del invernadero y se puede colocar barreras vivas como plantas aromáticas para repelar plagas o evitar el ingreso de estas.

El monitoreo constante es fundamental para estar preparado ante la plaga, debido a que el área productiva es pequeña facilita el monitoreo diario para detectar a tiempo posibles plagas y saber qué medida de control se puede realizar. El monitoreo se puede realizar con trampas para la plaga que se espera tener dentro del área sembrada. Para ello se debe contabilizar la población de los insectos presentes y el daño del cultivo. Si la población no está aumentando y el daño en el cultivo es mínimo se recomienda no aplicar nada.

Como parte del MIP se debe realizar el manejo adecuado de los pediluvios y puntos de desinfección de manos previo al ingreso del invernadero. Para ello se debe lavar las manos con desinfectantes como alcohol o jabón anti-bacterial. Además de remojar el calzado en una solución desinfectante (amonio cuaternario) esto para evitar el acceso de patógenos al invernadero.

6.3.4 Cultivos

El sistema de fibra de coco es ideal para cultivos de mayor tamaño. Al tener las condiciones adecuadas ayuda a que el ciclo del cultivo disminuya y se obtengan cosechas con excelentes rendimientos en un menor tiempo determinado. Para este método de cultivo hidropónico se propone cultivos de mayor tamaño. Si se utiliza tutores se puede cultivar cultivos con frutos ya que esto permite que la planta tenga soporte de su peso.

Cuadro 12.

Tipos de cultivos y densidad de siembra en sistema hidropónico con fibra de coco.

Cultivo	Nombre científico	Densidad de siembra (cm entre plantas)
Sandia	<i>Citrullus lanatus</i>	30
Melon	<i>Cucumis melo</i>	30
Pepino	<i>Cucumis sativus</i>	30
Tomate	<i>Solanum lycopersicum</i>	30
Berenjena	<i>Solanum melongena</i>	30
Frambuesas	<i>Rubus idaeus</i>	30
Mora	<i>Rubus</i>	30

(Zeidan, 2018).

6.3.4.1 Siembra. En el momento de la siembra o trasplante los pilones deben ir con las raíces limpias. Uno de los principales vectores de contaminantes en los sustratos es a la hora de sembrar ya que las plántulas pueden llevar en las raíces residuos orgánicos que dan paso al crecimiento de algas. Siempre se debe utilizar pilones uniformes, que no estén con deficiencias y/o que contengan alguna enfermedad o plaga.

Una de las ventajas de tener uniformidad y calidad de material vegetativo es que se tendrá mayor control sobre el cultivo y permitirá tener un mejor rendimiento durante su ciclo de vida. A la hora de realizar el trasplante se debe tomar en cuenta la temperatura dentro del invernadero, ya que en este proceso las plántulas sufren un proceso de deshidratación.

Por lo cual se recomienda hacerlo cuando la temperatura dentro del invernadero no sea muy alta, para evitar que la planta transpire demasiado. Una vez sembrado el área se puede dar paso al riego con la solución nutritiva para que la planta pueda empezar a adaptarse a su medio.

6.3.4.2 Cosecha. En el sistema de fibra de coco permite iniciar la cosecha en el segundo mes del cultivo y terminarla hasta el sexto mes. Es decir, un ciclo productivo puede ser de hasta 6 meses. Esto se debe a que las condiciones en las que se encuentra el cultivo son óptimas para su desarrollo lo cual permite tener una producción mayor. Esta se debe realizar cuidadosamente para evitar dañar el cultivo y permitir la siguiente cosecha.

La cosecha se recomienda realizar en horas frescas para evitar el estrés del cultivo debido a la manipulación. Se recomienda cosechar los frutos cuando reúnan las características organolépticas requeridas por el consumidor. Esto para evitar pérdidas al momento de cosechar, ya que se busca que todo lo cosechado pueda ser aprovechado para ser más sostenibles.

6.3.5 Propuesta Económica: invernadero sistema hidropónico con fibra de coco

La siguiente propuesta económica se realizó según el equipo necesario y adecuado para el correcto funcionamiento de un invernadero con sistema hidropónico con fibra de coco. Esta propuesta se diseñó para la implementación de un sistema de mayor duración y calidad para que el CPSI cuente con innovación hidropónica (Cuadro 13).

Cuadro 13.

Propuesta Económica: Costos de instalación de sistema hidropónico con fibra de coco de 90 m².

Descripción	Cantidad	Medida	Costo Unitario. (Q)	Costo Total. (Q)
Ground cover (Plastitextil)	1	Rollo	4,050.00	4,050.00
Plastico para drenaje Hidropónico (Ginegar)	1	Rollo	470.00	470.00
Manguera ciega de 20mm	300	Metro	4.55	1,365.00
Tubin NAANDAN	500	Metro	1.23	615.00
Gotero CNL	320	Unidad	0.88	281.00
Estaca drop guide	320	Unidad	0.35	112.00
Adaptador de manguera ciega 20mm	5	Unidad	3.38	16.90
Perforador para manguera	2	Unidad	390.00	760.00
Grow bag Pelemix 50x20x12	80	Unidad	15.60	1,248.00
Dosificador Mixrite 3.5	1	Unidad	4,530.00	4,530.00
Servicio de instalación	1	Unidad	2,000.00	2,000.00
Total				15,447.90

Debido al nivel de tecnología de este sistema, el costo de producción es más elevado que los anteriores. Pero al implementar un sistema hidropónico con este tipo de tecnología la producción que se obtendrá será mayor, además de la optimización de los insumos y aprovechamiento del invernadero. A través de este sistema se logra prolongar las cosechas y aumentar la producción por lo cual el retorno de inversión será más rápido que en un sistema convencional.

6.4 Implementación del manejo del área hidropónica del CPSI

6.4.1 Raíz flotante

En un inicio en el CPSI solamente contaba con una mesa de raíz flotante hecha de madera y con plástico polietileno negro. Como parte de las implementaciones del manejo de raíz flotante en el CPSI se implementaron ocho bandejas hidropónicas nuevas de inyección de plástico con una mayor resistencia y durabilidad. Se efectuó con el fin de tener nuevas unidades productivas de raíz flotante. Se movió la mesa hidropónica de madera al invernadero de cultivos hidropónicos para aprovechar el espacio (Figura 10).



Figura 10. Mesa de raíz flotante y bandejas hidropónicas, CPSI, 2018.

Además, se implementaron nuevos distanciamientos entre plantas para optimizar y mejorar el desarrollo de los cultivos, ya que los distanciamientos anteriores permitían tener más plantas, pero el desarrollo no era adecuado debido a la alta densidad. Ahora se utilizó un distanciamiento de 15cm entre plantas el cual permitirá el desarrollo óptimo de la lechuga (Figura 11).

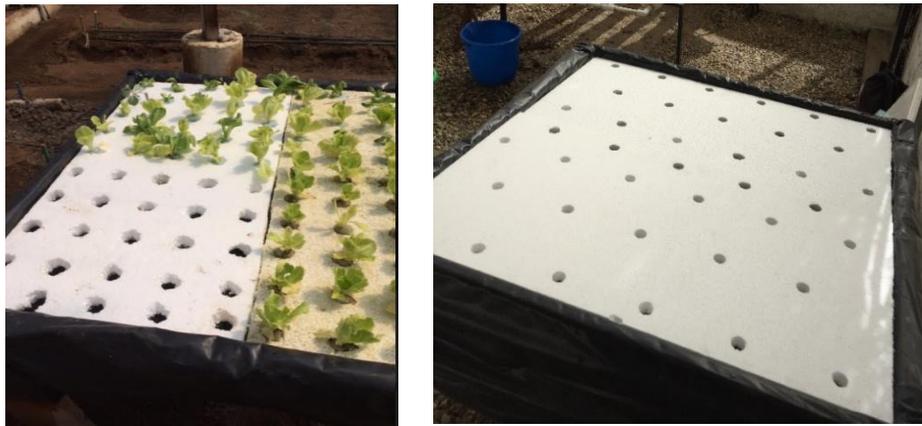


Figura 11. Diferencia de distanciamientos en raíz flotante, CPSI, 2018.

Se completo un ciclo productivo en raíz flotante con lechuga (un mes y medio). Por lo cual se realizó la cosecha de lechuga hidropónica en el sistema de raíz flotante (Figura 12). En la cual se obtuvo un rendimiento de 2.65 Kg/m² (5.84 lb/m²).



Figura 12. Cosecha de lechuga hidropónica en raíz flotante, CPSI, 2017.

6.4.2 Sistema hidropónico de tubos PVC

Al inicio estos sistemas se encontraban en mal estado, debido al uso inadecuado de ellos. Se realizó la limpieza y cambio de la posición de cada sistema para optimizar el espacio del invernadero al igual que la obtención de luz para los cultivos. Además, que se añadió la mesa de madera del sistema hidropónico raíz flotante (Figura 13).



Figura 13. Cambio de posición de sistemas de tubos PVC e implementación de mesa raíz flotante, CPSI, 2018.

Se realizó limpieza profunda en los distintos sistemas de PVC ya que tenían algas en el sustrato y mangueras por las cuales se inyecta la solución nutritiva (Figura 14). Además, se retiró todos los cultivos que no se cosecharon en el ciclo pasado. Luego de la limpieza se realizó la siembra de distintos cultivos.

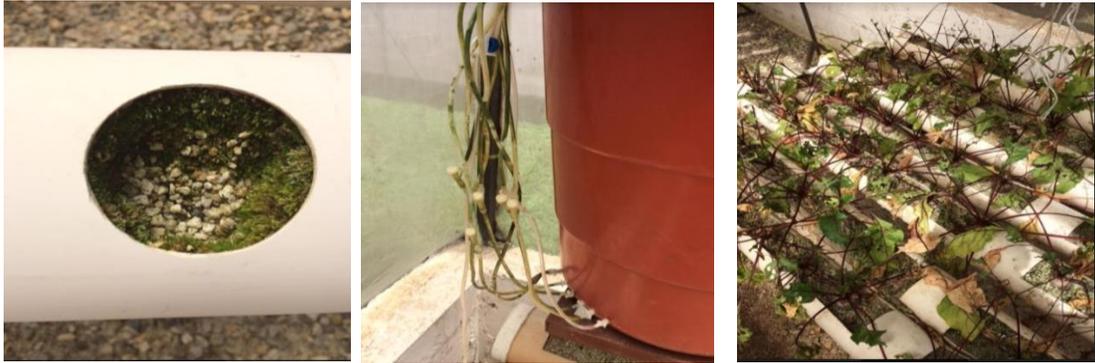


Figura 14. Crecimiento de algas en sustrato y mangueras. Cultivos sin cosechar, CPSI, 2017.

Se completó un ciclo de producción de acelga, pepino, cebolla y cilantro. Esta cosecha se obtuvo luego de dos meses y medio se obtuvo buenos rendimientos de producción al igual que la calidad de los productos (Figura 15). El rendimiento que se obtuvo por cultivo fue: cilantro 2.5 Kg/3m² (5.5 lb/3m²), pepino 7.8 Kg/3m² (17.16 lb/3m²), acelga 4.8 Kg/3m² (10.56 lb/3m²) y cebolla 3 Kg/3m² (6.6 lb/3m²). Una de las ventajas es que se pudo proporcionar productos sin residuos químicos y frescos.



Figura 15. Cosecha cilantro, pepino, acelga y cebolla hidropónica en sistema de tubos PVC, CPSI, 2017.

Se realizó una poda del árbol ubicado a la par del invernadero ya que este causaba sombra, lo cual no permitía el desarrollo adecuado de los cultivos. Se colocó un medidor de temperatura y humedad dentro del invernadero para poder obtener datos de la temperatura y humedad dentro del invernadero (Figura 16). Se registró una temperatura máxima de 44 y mínima de 6 grados $^{\circ}\text{C}$. Y humedad máxima de 98% y mínima de 12 % dentro del invernadero.



Figura 16. Medidor de temperatura y humedad relativa dentro del invernadero de tubos PVC, CPSI, 2017.

Se implementó un procedimiento de lavado de los sustratos. Este consistió en la desinfección del sustrato (arena) para limpieza de algas (Figura 17). Se sacó el sustrato de los tubos PVC y se colocó en un tonel al cual se le añadió agua y cloro (10%). Se dejó reposar por dos días y luego se sacó del tonel y se dejó la arena destilando y solarizando.



Figura 17. Tonel con sustrato, agua y cloro para desinfección, CPSI, 2017.

6.4.3 Sistema de Fibra de coco

El invernadero destinado para la instalación del sistema hidropónico de fibra de coco contenía un sistema antiguo y sin uso. Además, el terreno no era uniforme y contenía piedras. Se retiraron las pacas de fibra de coco viejas, se preparó el terreno, se buscó el tubo de drenaje y se niveló el área para dar paso a la instalación del sistema hidropónico nuevo. Luego se retiraron los postes los cuales se pintaron de blanco para luego poder reintroducirlos al invernadero (Figura 18 y 19).



Figura 18. Antes y después de preparación del terreno dentro del invernadero sistema de fibra de coco, CPSI, 2018.



Figura 19. Tubería antigua de drenaje y postes pintados de blanco, CPSI, 2018.

6.5 Calendarización de los sistemas hidropónicos en el CPSI

La calendarización de actividades consiste en la planificación de un ciclo de producción hidropónica de cada sistema. Esta se realizó tomando en cuenta los procesos se deben realizar antes de la siembra, durante el desarrollo fenológico y la cosecha. El fin de la calendarización será tomar todas las acciones que lleven a una producción eficiente y permita tener un ciclo constante de producción logrando sistematizar los procesos para facilitar el manejo de cada sistema.

6.5.1 Raíz flotante

El objetivo de una planificación anual es completar los ciclos productivos durante un año en el sistema hidropónico de raíz flotante. Para ser más eficientes en el manejo de este sistema. Se inicia con la desinfección de las bandejas o mesa de raíz flotante, paralelamente a esta acción se debe preparar el semillero entre 20-25 días antes de la fecha de trasplante, se recomiendan cultivos de hoja como: lechuga, acelga, apio, etc. Luego se aplica la solución nutritiva, se siembra y se oxigena durante el período de crecimiento del cultivo hasta llegar a la cosecha. Esto se realiza de manera cíclica al mismo tiempo o un poco antes de cosechar se debe empezar a preparar los siguientes semilleros para que al cosechar se pueda desinfectar y volver a sembrar.

Cuadro 14.

Calendarización anual en raíz flotante.

Descripción	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dec
Desinfección	X			X			X			X		
Semillero	X			X			X			X		
Lechuga	X			X						X		
Acelga				X			X					
Apio							X					
Trasplante		X			X			X	X		X	
Aplicación de Solución Nutritiva		X	X		X	X		X	X		X	X
Oxigenación		X	X		X	X		X	X		X	X
Manejo del cultivo		X	X		X	X		X	X		X	X
Cosecha	X		X	X		X	X		X	X		X

6.5.2 Sistema hidropónico de tubos PVC

Al igual que la calendarización anual del sistema de raíz flotante en el sistema de tubos PVC se tienen las mismas finalidades. A diferencia que en este sistema los períodos de crecimiento del cultivo son más prolongados por lo cual se obtendrán menos cosechas a lo largo del año. La desinfección puede llevar más tiempo debido por lo cual se debe realizar un mes antes de la siembra y al mismo tiempo se deben hacer los semilleros para que cuando esté listo el sustrato se proceda a la siembra. En el caso del sistema de tubos PVC la aplicación de solución nutritiva debe ser diaria.

Cuadro 15.

Calendarización anual en sistema hidropónico de tubos PVC

Descripción	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dec
Desinfección	X				X				X			
Semillero	X				X				X			
Siembra o trasplante		X				X				X		
Aplicación de la Solución Nutritiva		X	X	X		X	X	X		X	X	X
Manejo del cultivo		X	X	X		X	X	X		X	X	X
Cosecha			X	X			X	X			X	X

6.5.3 Sistema hidropónico con fibra de coco

Si se sigue esta calendarización anual se puede obtener dos cosechas al año de cultivos como tomate o chile pimiento. Es importante tomar en cuenta que en este sistema el cultivo puede permanecer por más tiempo en el sistema y así obtener una mayor cosecha.

Cuadro 16.

Calendarización anual en sistema hidropónico de fibra de coco

Descripción	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dec
Desinfección del invernadero	X						X					
Compra de pilones	X						X					
Siembra		X						X				
Aplicación de fertiriego		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
Manejo del cultivo		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
Cosecha				X	X	X				X	X	X

7. CONCLUSIONES

Se realizó la propuesta técnica y económica para cada sistema hidropónico en el Centro de Prácticas San Ignacio (CPSI) que detalla los aspectos de manejo y costos de implementación en los sistemas de raíz flotante, tubos PVC con arena como sustrato e invernadero con fibra de coco. Con lo que se logró sistematizar los procesos para la producción hidropónica.

Se calendarizó las distintas actividades para la producción hidropónica con el propósito de mantener una producción constante y, se proyectó la realización de las actividades necesarias para llevar una adecuada ejecución de los ciclos productivos.

Se implementó la propuesta de manejo del área hidropónica de CPSI. En el sistema de raíz flotante se establecieron ocho bandejas hidropónicas y se mejoró la densidad de siembra en las planchas de duroport. En el sistema de tubos PVC se modificó la distribución de las mesas dentro del invernadero. Finalmente se niveló el área dejándola con una pendiente del 1% y se estableció los distanciamientos adecuados para la ubicación del sistema hidropónico con fibra de coco.

8. RECOMENDACIONES

Se recomienda asignar un área específica para el sistema de raíz flotante y reparar el invernadero de propagación para evitar el ingreso de plagas.

Es conveniente fomentar el uso de medidores de potencial de hidrogeno (pH) y conductividad eléctrica (CE).

Se hace necesario realizar el cambio de manguera de inyección en los sistemas de tubos PVC, como se indica en la propuesta técnica para obtener una distribución uniforme de la solución nutritiva.

9. BIBLIOGRAFIA

- Agromatica. (2014). *Agromatica*. Obtenido de Agromatica: www.agromatica.es/sustrato-fibra-de-coco/
- Basterrechea, M. (30 de enero de 2015). *Hidroponía casera*. Obtenido de Hidroponía casera: www.hidroponiacasera.net/aeroponia-la-guia-basica/
- Canovas, F. (1993). *Cultivos sin suelo*. Almería: Instituto de estudios Almerienses.
- Castañeda, F. (1997). *Manual Técnico de Hidroponía Popular*. Guatemala: Instituto de Nutrición de Cetro América y Panamá.
- Cervantes, M. (2015). *Filosofía*. Obtenido de fitosofia.blogspot.com/2015/04/cultivo-en-fibra-de-coco
- Del Cid, M. (22 de 09 de 2017). CPSI. FCAA. URL. (Jose Jorge Ubico, Entrevistador)
- Díaz, G. A. (2004). *Hidroponía en casa: una actividad familiar*. Costa Rica: Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- Ecológica, A. (2017). *Agricultura y consumo ecológico*. Obtenido de <https://www.ecoagricultor.com/category/blog/agricultura-ecologica-blog/>
- Elite. (2017). Bombas de aire Elite.
- FAO. (2003). *La Huerta Hidropónica Popular*. Santiago, Chile.: Oficina regional de la FAO para América Latina y Caribe.
- García, E. (2016). *Manual Técnico de Hidropónica y Cultivos sin Suelo*. Guatemala: Soluciones Agroecológicas.
- Gilda, C., & Juan, I. (1996). *La empresa hidropónica a mediana escala: la técnica de la solución nutritiva recirculante NFT*. Chile: Universidad de Talca.
- Gilsanz, J. C. (2007). *HIDROPONÍA*. Uruguay: INIA.
- Hidropónico, T. s. (2007). *Todo sobre cultivo hidropónico*. Obtenido de todohidroponico.com/2007/06/sistema-hidropónico-con-tubos-pvc

Howard, M. R. (1997). *Cultivos Hidropónicos. Nuevas técnicas de producción*. Madrid. Barcelona. México: Ediciones Mundi-Prensa.

JICA. (1998). *Curso de horticultura protegida*. Japón: Universidad de Osaka.

Llurba, M. (1997). *Parámetros a tener en cuenta en los sustratos*. Madrid: Revista Horticultura.

Otazú, V. (2010). *Manual de Aeroponía*. Perú: CIP.

Senge, P. (2006). *La Quinta Disciplina*. Argentina: Garnica.

URL. (22 de 09 de 2017). *Universidad Rafael Landívar*. Obtenido de www.url.edu.gt

Von Bertalanffy, L. (2004). *Teoría General de los Sistemas*. México: Fondo de Cultura Económica.

Zeidan, O. (2018). *Soiless growing*. Shefayim, Israel.

10.ANEXOS

Anexo A.

Ficha técnica de bomba de aire para oxigenación en los sistemas de raíz flotante.



HA802
BOMBA ELITE 802 PARA 20 GAL

Descripción:
Bomba Elite 802 para 20 gal.

Características:
Las bombas de aire ELITE son una fuente confiable para artículos operados por aire como las rocas vivas ELITE, las burbujas de aire ELITE, los adornos accionados por aire, o los separadores de urea que funcionan con aire, para añadir movimiento u oxígeno a cualquier acuario.

1. Cubierta para amortiguar el ruido.
2. La placa de la base impide la vibración y el movimiento de la bomba.
3. Bobinas que no se calientan de larga vida útil.
4. Brazo oscilante de alta precisión con imán permanente.
5. Diafragma Tensile Flex durable, de goma altamente flexible.
6. El cuerpo integrado de la válvula impide la fuga de aire.
7. La bisagra empotrada proporciona un movimiento uniforme del brazo oscilante.
8. La salida de aire está empotrada para proteger el respiradero.

Ventajas:
•Silenciosa, poderosa, durable.

Instrucciones:
Instale la bomba de aire al nivel de la superficie por encima del acuario. Si se pone la bomba de aire por debajo de la manguera de agua, utilice siempre una válvula de retención. Nunca ponga la bomba de aire en un lugar donde pueda mojarse. Constate que la manguera de aire no esté enroscada y que todos los accesorios estén limpios y no restrinjan el flujo de aire. Fije la manguera de aire a la salida de la bomba de aire ELITE y después conéctela a un tomacorriente. Antes de quitar la manguera de aire siempre desconecte el aparato.

Especificaciones:
Las salidas se basan en una columna de agua de 12 pulgadas de altura que utiliza una roca viva cilíndrica de 1 pulgada.

Bomba de aire	No. de Salida	No. de rocas vivas
802	2	3X2

El desempeño puede variar de acuerdo al tipo de rocas vivas y de válvulas de aire utilizadas.

HAGEN

Distribuid

Figura 20. Ficha técnica de bomba de oxigenadora (Elite, 2017).