



UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
CENTRO REGIONAL UNIVERSITARIO DE LOS SANTOS
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO
MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA SOSTENIBLE

Proyecto de Intervención

“Hidroponía en Casa de Vegetación en El Calabazo de Macaracas
Cuenca Hidrográfica Rio La Villa”

Por

VIRGILIO UREÑA

Profesor Asesor: ALBERTO RAMON MORENO MORENO

LAS TABLAS 17 DE ABRIL 2015



HIDROPONÍA EN CASA DE VEGETACIÓN EN EL CALABAZO DE MACARACAS,
CUENCA RÍO LA VILLA

PROYECTO DE INTERVENCIÓN PARA OBTENER GRADO DE MAESTRO EN
CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ESPECIALIZACIÓN EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
SOSTENIBLE

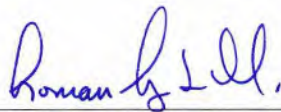
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

APROBADO



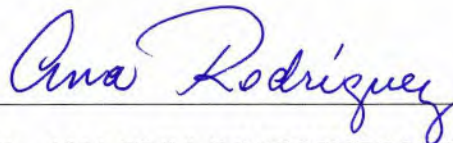
ASESOR

MSc ALBERTO RAMON MORENO MORENO



JURADO

MSc ROMAN GORDON MENDOZA



JURADO

MSc. ANA ELSA RODRIGUEZ VERGARA

PANAMÁ, REPÚBLICA DE PANAMÁ

2015

Agradecimiento:

En primer término al Poder Superior, mi Dios, por permitirme la sabiduría y tomar el mejor rumbo en mi vida profesional y social, a mi madre, mi esposa y mis hijos, por su comprensión y estima.

A los profesores a todos aquellos que nos dictaron las cátedras, de quienes aprendí una tonelada siempre, y me permiten estar en estas instancias, gracias a sus apreciaciones y enseñanzas, en especial al MSc Alberto Moreno, mi asesor y a los miembros de mi comité evaluador MSc Román Gordon Mendoza y MSc Ana Rodríguez, de quienes también obtuve inmensos dividendos de sabiduría.

Dedicatoria:

En especial a la memoria de mi padre, quien desde arriba me ha guiado, lo mismo que mis tíos y abuelos que están allá con él, disfrutando nuestros triunfos y orientándonos para triunfos y victorias, y preparándonos para aceptar las cosas que no podemos cambiar.
Gracias viejo

Índice de Contenido

CONTENIDO.....	Página
Agradecimiento.....	i
Dedicatoria.....	ii
Resumen.....	iii
Abstract.....	iv
Índice de contenido.....	v
Índice de figuras.....	vi
Índice de cuadros.....	vii
Índice de anexos.....	viii
1- Planteamiento del Problema.....	1
2- Antecedentes Justificación e Importancia.....	4
3- Objetivo general.....	9
4- Objetivos específicos.....	10
5- Localización del Proyecto.....	11
6- Metodología.....	13
6.1-Casa de Vegetación.....	13
6.2-Estructuras para hidroponía.....	17
6.3-Filtros y Tanque.....	17
6.4-Diseño del filtro.....	22
6.5-Sustrato a utilizar.....	22
6.6-Estructuras de Hidroponía.....	24
6.7-Tubos en la hidroponía.....	26
6.8-Movimiento del agua.....	28
6.9-Manejo de la temperatura.....	29
7- Volúmenes de agua en el sistema.....	31
8- Soluciones o fertilizantes.....	32
9- Manejo agronómico de la lechuga.....	34
10- Cronograma de actividades.....	35
11- Costos del proyecto.....	36
12- Análisis Económico.....	39
13- Recomendaciones.....	41
14- Bibliografía Citada.....	42
15- Anexos.....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
FIGURA 1. Diseño de la casa de vegetación y las “camas” de tubos	16
FIGURA 2. Vista de planta del filtro inicial	18
FIGURA 3. Vista lateral del filtro inicial.....	19
FIGURA 4. Vista aérea del sitio del proyecto.....	20
FIGURA 5. Vista aérea sitio del proyecto: recorrido del agua.....	21
FIGURA 6. Distribución de los hoyos en dos de los cinco tubos.....	27
FIGURA 7. Soporte para las camas.....	27

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
CUADRO 1. Fórmula desarrollada por la FAO y Cooper.....	33

ANEXOS.

ANEXO	PÁGINA
ANEXO 1. Productos fertilizantes.....	45
ANEXO 2. Producto fertilizante, dosificación.....	45
ANEXO 3. Terrenos con pendiente muy pronunciada aledaños a la quebrada el Calabazo.....	47
ANEXO 4. Área de ubicación de la casa de vegetación.....	47
ANEXO 5. Vista general de la quebrada el Calabazo.....	48
ANEXO 6. Quebrada el Calabazo bajo el fenómeno de El Niño.....	48
ANEXO 7. Punto alto de la toma de agua.....	48
ANEXO 8. Casa de vegetación e hidroponía en Finca NATUREX S.A, Boquete	49

Hidroponía en casa de vegetación en el Calabazo de Macaracas, Cuenca Hidrográfica río La Villa

Resumen:

Este proyecto de intervención, fundamentado en la producción en hidroponía protegida en casa de vegetación, se presentó con la intención de dar respuesta al grave problema de agua que se suscita en toda la península de Azuero, en especial en la cuenca hidrográfica del Río La Villa, en el Calabazo de Macaracas, la quebrada El Calabazo, donde anteriormente se cultivaba hortalizas, pero que por problemas de agua no se ha podido continuar con esta actividad. La hidroponía tiene como su recurso principal el agua, y pareciera antagónico, operar acá con este tipo de proyecto que usará agua, pero nuestro mayor empeño en el mismo es demostrar que la hidroponía “ahorra” agua, y que es manifiesto el reciclaje del agua. La zona en mención, la península de Azuero, jamás ha contado con este tipo de proyecto o esta clase de producción, usando hidroponía, mucho menos en cultivos bajo protección como lo que se propone, hidroponía en casa de vegetación, que es un tema netamente innovador en esta zona, esto sería muy adecuado para hacer docencia en torno a la producción de cultivos también poco usuales para el área, ya que se hace para cultivos de hojas como la lechuga, que tampoco ha sido de auge tradicional en esta zona. Por supuesto que también se elige esta tecnología, que no es muy accesible al productor habitual, es decir es una tecnología que requiere de considerables inversiones; por lo que se quiere implementar en un grupo organizado del área de El Calabazo de Macaracas, organización esta que lleva varios años trabajando en proyectos de tipo ecológico y ambiental. De manera que el proyecto conlleva la hidroponía y la casa de vegetación, lo mismo que tanque de almacenamiento de agua y filtro para ésta.

Palabras claves: proyecto de intervención, hidroponía, casa de vegetación, lechuga

Abstract:

This intervention project, based on hydroponics production under greenhouse cultivation, was presented with the intention of responding to the serious problem of water encountered across the Azuero Peninsula, especially in the watershed of the Rio La Villa in Calabazo Macaracas, the creek the Calabazo, where previously vegetables were grown, but due to water problems this activity could not continue. Hydroponics has as its main resource water, and it seems antagonistic, to submit this kind of project, which will use water, but our greatest effort in it, is to demonstrate that hydroponics "save" water, and that, in fact, recycling water is accomplished. The area under study, the Azuero Peninsula, has never received this type of project or this kind of production system; using hydroponics, let alone under protection crops as proposed, greenhouse hydroponics, which is clearly an innovator issue in this area, this would be also very suitable for teaching about production of unusual crops in the area, since this project has been designed for leafy crops such as lettuce, which has not been a traditional crop in this area. of course this technology, which is not very accessible to the usual producer, is also chosen it is a technology that requires substantial investments; so it should be implemented in an organized group in the Calabazo area from Macaracas, which has been working on projects related to ecological and environmental issues since several years ago. So the project involves hydroponic techniques and greenhouse structure, as well as water storage tank and it filters

Keywords: intervention Project, hydroponics, greenhouse, lettuce

1-Planteamiento del Problema:

El área de El Calabazo, corregimiento Las Palmas distrito de Macaracas, especialmente en las riberas de la quebrada el Calabazo, fuente que no se seca totalmente, fue objeto en décadas pasadas de pequeñas áreas cultivadas en verano de hortalizas, y otros cultivos para el sustento familiar. A pesar de que esta es un área netamente ganadera y de topografía muy ondulada, se usaba agua para riego en verano, lo que trajo dificultades para el uso de agua con los ganaderos vecinos, de manera tal que se dejó de cultivar las hortalizas en esta zona influenciada por el agua de la quebrada El Calabazo.

Por supuesto que la topografía del área también es problema para los cultivos en gran escala, incluso para los cultivos intensivos por la dificultad que implica el riego por gravedad de estos. Hoy día se puede subsanar este inconveniente con la llegada de los riegos por goteo, pero las fincas también han sido afectadas por efectos de acidez y erosión de los suelos, aunado a la pérdida de la materia orgánica de los suelos que ha sido intensa.

Se quiere dejar claro que existe problema de agua en la zona, concebido principalmente por el uso en cultivos de la manera tradicional, y usando volúmenes

exagerados de agua, y que la producción obtenida, no justificaba el derroche de agua que se estuvo haciendo.

Es evidente que bajo esta problemática, es necesario que se implemente alguna alternativa, para revitalizar la producción de comida en la zona dado que las fincas en el perímetro escogido son propiedad de miembros de una agrupación organizada que realiza trabajos de producción y ambientales, en conjunto, se espera que en el área seleccionada no existirán obstáculos para esta implementación

Actualmente existe una crisis respecto al agua. Pero no se trata de no tener suficiente agua para satisfacer nuestras necesidades. La crisis consiste en la mala gestión que se hace de su uso, y que afecta a tantos millones de personas y a nuestro entorno natural -World Water Council - Vision Report, cualquiera que sea su uso: agricultura, industria, uso doméstico, enormes ahorros en su consumo se pueden lograr con una gestión adecuada (López-Gálvez, 1997).

No es cualquier quebrada, incluso ríos, que soporta los no menos de seis (6) meses de sequía en la península de Azuero. También se está presentando en las últimas décadas la acidificación de nuestros suelos, de modo que la hidroponía compensará en un 100% estas variaciones en pH de los suelos destinados a la producción agrícola. Así que como problema mayor, se destaca la escasez de agua y con respecto a los suelos agrícolas, señalamos la acidificación y la topografía como condición para ser compensados con la producción protegida y manejada con hidroponía.

Entre las hortalizas que pueden utilizarse, son comunes las siguientes familias: Solanáceas (tomate, ají, berenjena, papa), Liliáceas (cebolla, ajo, cebollín, puerro), Crucíferas (nabo, repollo, coliflor, brócoli, berro), Cucurbitáceas (pepino, ayote, melón, sandía), Umbelíferas (culantro, apio, perejil y zanahoria), Compuestas (lechuga) (Guzmán Díaz 2004).

La hidroponía es una técnica de cultivar plantas sin tierra, cuyos beneficios y ventajas no se han difundido todavía lo suficiente, en hidroponía básica, en efecto se describen los métodos para cultivar plantas sin tierra, con poco esfuerzo físico y grandes logros económicos (Ruiz 1999)

2-Antecedentes Justificación e Importancia:

El desarrollo de la hidroponía no ha sido rápido. En los EEUU empezó el interés para desarrollar en lo posible, el uso de soluciones nutritivas completas alrededor de 1925, para una escala de gran producción de cultivos (Withrow y Withrow, citado por Jensen, 2001). En países templados y fríos la producción bajo invernadero ha sido un éxito. Para países tropicales la tecnología se tiene que adaptar a las necesidades socioeconómicas y climáticas existentes (Arce, Singh y Taylor 2006).

No se cuenta con antecedentes de cultivos en casas de vegetación, y mucho menos de hidroponía en el área de la cuenca del río La Villa, de modo que también se convierte en una justificación este hecho. Pero lo más justificable es el mejor uso y reciclaje en el uso del agua para riego. La ejecución del proyecto se justifica porque es un sistema innovador de producción para el área de la península de Azuero. Además que nos permite una producción continua y con mejor control. No obstante se sugiere y se necesita un análisis de laboratorio, bacteriológico y químico del agua de la quebrada en mención.

Lo más importante en torno a un proyecto de producción hidropónica en casa de vegetación es el ahorro de agua, y el reciclaje en el uso de esta bajo el sistema en mención. Además, se cultivará la lechuga, rubro poco usual en la producción habitual en

el lugar, y que cuyo valor actualmente es muy bueno, con la ventaja de ciclo vegetativo corto, obteniéndose así continuas cosechas durante todo el año.

La producción hidropónica se ha desarrollado con más énfasis en los países industrializados, especialmente con hortalizas. En países en vías de desarrollo, particularmente en aquellos del trópico húmedo, hay muy poca investigación e información en este campo. Afortunadamente, existen personas interesadas en desarrollar esta técnica de producción y para ello han iniciado la investigación científica requerida (Ramos y Wiyasa 2007)

Los cultivos en invernadero han evolucionado grandemente en los últimos años, con ellos se ha conseguido cosechar productos vegetales en épocas del año muy diversas y con producciones muy grandes. Se requiere disponer de energía, agua y mano de obra barata y mercados cercanos. Los cuatro requisitos difícilmente se dan simultáneamente. (Domínguez y García 2010).

Algunas ventajas de la hidroponía, justifican su implementación, tales como balance ideal de aire, agua y nutrientes, mayor limpieza e higiene, reducción en gran medida de la contaminación del medio ambiente y de los riesgos de erosión, casi no hay gasto en maquinaria agrícola ya que no se requieren tractores, arado u otros implementos semejantes, la recuperación de lo invertido es rápida, más altos rendimientos por unidad de superficie, perfecto control de pH en agua, posibilidad de varias cosechas al año, mejor calidad del producto (Guzmán 2004)

La comunidad donde se establecerá el proyecto ya tiene acercamiento con entidades como CONADES, FAO, entre otras organizaciones afines, en estos momentos se ejecutan proyectos en el área auspiciados por estas entidades o están solicitándoles proyectos, como es el caso de la FAO, esta es una de las bases fundamentales para levantar este tipo de proyecto y dedicarlo a la comunidad en especial en plena cuenca hidrográfica del Rio La Villa. De este concepto se deriva la gran importancia de un proyecto en donde se demostrará el gran ahorro y reciclaje del agua tal como encontramos en la literatura consultada.

El cultivo es un elemento primordial en toda estrategia de control de plagas. Su estado fitosanitario va a depender de las prácticas culturales a que esté sometido (riego, fertilización, destallados, podas, etc.) y, a su vez, éstas influirán decisivamente en la gestión de las poblaciones de la fauna auxiliar introducida en el invernadero (Pérez, Gázquez, López; Baeza, y Meca 2010)

Así como en los sistemas tradicionales de producción se necesita un suelo de adecuadas condiciones para la producción, en los sistemas hidropónicos se requiere agua de buena calidad, sobre todo libre de contaminantes y de excesivas sales, con un pH cercano a la neutralidad. Aguas comúnmente duras cargadas de excesos de sales significan el desarrollo de formulaciones especiales, cuando no son limitantes del proceso productivo (Gilsanz 2007)

Es evidente que muchos de los productores han abandonado algunos campos debido a la falta de agua para riego de sus cultivos hortícolas en época de verano donde es manifiesta la escasez de agua, especialmente en la cuenca Río La Villa, donde actualmente funcionan cinco potabilizadoras para consumo humano, tres de ellas en el Río La Villa y otras dos en el Río Estibaná en Macaracas. Cada año los volúmenes requeridos de agua potable son mayores, sin embargo, los volúmenes de agua cruda producidos por la cuenca son cada vez menores debido a las conocidas talas y desmontes, al igual se acentúa el problema de la compactación del suelo en estas áreas, restringiendo la producción agrícola. Por tal razón una innovación con proyectos de este tipo es de importancia en una cuenca como la del río La Villa en plena península de Azuero.

Es también una oportunidad para que se logre especializar en este tipo de producción a profesionales del agro, y que se logre el progreso dinámico requerido en el tema de la hidroponía, se incorpore la producción de cultivos bajo techo o protegidos a los colegios y escuelas también, lo mismo que en los patios de las casas como manejo doméstico de la hidroponía.

Los huertos escolares son una herramienta didáctica que ayuda a fomentar habilidades en los estudiantes, relacionadas con el cuidado, el respeto, la responsabilidad y el trabajo en equipo. Además permiten la adquisición de experiencias y conocimientos de valor social y ambiental pues aplican de forma práctica y vivencial los saberes en torno al cultivo de plantas (Ceja 2012).

Un logro que se desea es la adecuación del uso del agua, y manejo de cultivos hortícolas nuevos como lo son las diversas coles, y otras hortalizas manejables en hidroponía, lo que generaría ingresos frescos y constantes en el área, ya que se puede producir durante todo el año.

Los requisitos los cumple el área donde se quiere implantar el proyecto: zona de topografía irregular con pendientes muy pronunciadas, altura superior a los 160 msnm, fuentes hídricas constantes también

3-Objetivo General:

Establecer la producción en casa de vegetación durante todo el año de cultivos hortícolas (lechuga rizada), en hidroponía, con Grupo organizado, con personería jurídica.

4-Objetivos Específicos:

- Usar adecuadamente el recurso hídrico del área, enfatizando en el reciclaje del agua de riego.
- Trabajar con un grupo organizado de productores.
- Ofrecer y evaluar un nuevo concepto de producción en el área.
- Producir en casa de vegetación, ambientada, sin uso de insecticidas, semi orgánica, productos con inocuidad garantizada.
- Incursionar en la producción de hortalizas no tradicionales (lechuga).
- Incorporar prácticas de conservación de suelos con la no remoción de las capas vegetales.
- Contribuir al fortalecimiento de la cadena de frío y al consumidor.

5-Localización del Proyecto:

Este proyecto de intervención se localiza en el Calabazo de Las Palmas distrito de Macaracas, plena cuenca del río La Villa, Sub-cuenca río Estibaná, micro cuenca del río Cacao, en la quebrada el Calabazo, con coordenadas en el sistema UTM N849794 554574W 169 msnm.

Este proyecto está dirigido a grupos organizados y con personería jurídica de acreditación social y laboral, para con el grupo conformado por doce personas, poder tener la capacidad de adquirir auspicio externo para la realización de las casas de vegetación y las estructuras para la hidroponía.

En el área, existe el grupo organizado como Asociación de Productores denominado Grupo Ecológico S.A.V.I.M (Salvemos un Árbol y Viviremos Mejor); los mismos llevan más de diez años trabajando juntos en diversas actividades, en especial de orden ambiental, y producción de plantas forestales, reforestación y actividades relacionadas. Este grupo tiene como presidente a la señora Edelmira Dianett Navarro Gutiérrez, actualmente cuenta con la Resolución de Personería Jurídica Dal-014-PJ-2013

de 21 de febrero de 2013, y están a un paso de obtener su acreditación en Registro Público.

6-Metodología

Cada vez más los invernaderos o casas de vegetación forman parte de procesos productivos que involucren a especies vegetales; tanto en grandes empresas como en el hogar para producción de hortalizas para el auto consumo. Hasta hace un tiempo, estos sistemas de producción eran una práctica costosa, que solo se justificaba para cultivos muy valiosos. Hoy, gracias a la existencia en el mercado de nuevos materiales, los invernaderos constituyen una herramienta útil y económica con la cual es posible prolongar los periodos de crecimiento de las plantas en general (Schinelli Casares 2012).

6.1 Casa de Vegetación:

Una casa de vegetación es toda aquella estructura cerrada cubierta por materiales transparentes, dentro de la cual es posible obtener unas condiciones artificiales de microclima, y con ello cultivar plantas fuera de estación en condiciones óptimas (Bastida Tapia 2000)

El sistema de producción bajo condiciones protegidas es relativamente nuevo en el país, generando un impacto importante en los últimos años, por su incremento en área,

productividad, rentabilidad y calidad del producto (Jaramillo Noreña, Rodríguez, y Zapata 2006)

Una buena ventilación asegura la circulación del aire caliente y mayor humedad. En el punto de la transparencia es más que relevante el mayor paso de luz posible. Tanto la luminosidad como la energía calórica deben ser lo más altas posibles, a través de las paredes y el techo. Para lograr este cometido es determinante el tipo de material, tanto del techo como de las paredes (Asociación Mexicana de Constructores de Invernaderos 2010).

Esto sugiere que el cultivo de tomate cherry es sensible a las condiciones ambientales que se producen al interior del invernadero. Considerando los resultados de esta investigación se concluye que, bajo las condiciones de este trabajo, el cultivo en malla anti insectos no afecta la producción y mejora la calidad de los frutos de tomate cherry (Mazuela 2010).

La casa de vegetación que se recomienda, para el área en mención debe poseer algunas mallas especializadas en prevenir la entrada de la “mosca blanca y trips”

Un invernadero es una estructura generalmente cubierta por plástico y/o malla antiáfidos que permite proteger el cultivo de los efectos de la naturaleza, proporcionando,

además, protección contra algunas plagas y posibilitando un mejor control de la nutrición y uso eficiente del agua (Alcorta García 2006).

Es recomendable que esta casa de vegetación sea de una superficie de 450 m², con dimensiones de 30 m de largo, por 15 m de ancho (Figura 1); de estos 450 m², 300 m² serán usados directamente en la hidroponía pura, donde se establecen las “camas” con los tubos para la hidroponía.

Los otros 150 m² serán usados para germinadores y semilleros lo mismo para la ubicación de elementos importantes en el sistema.

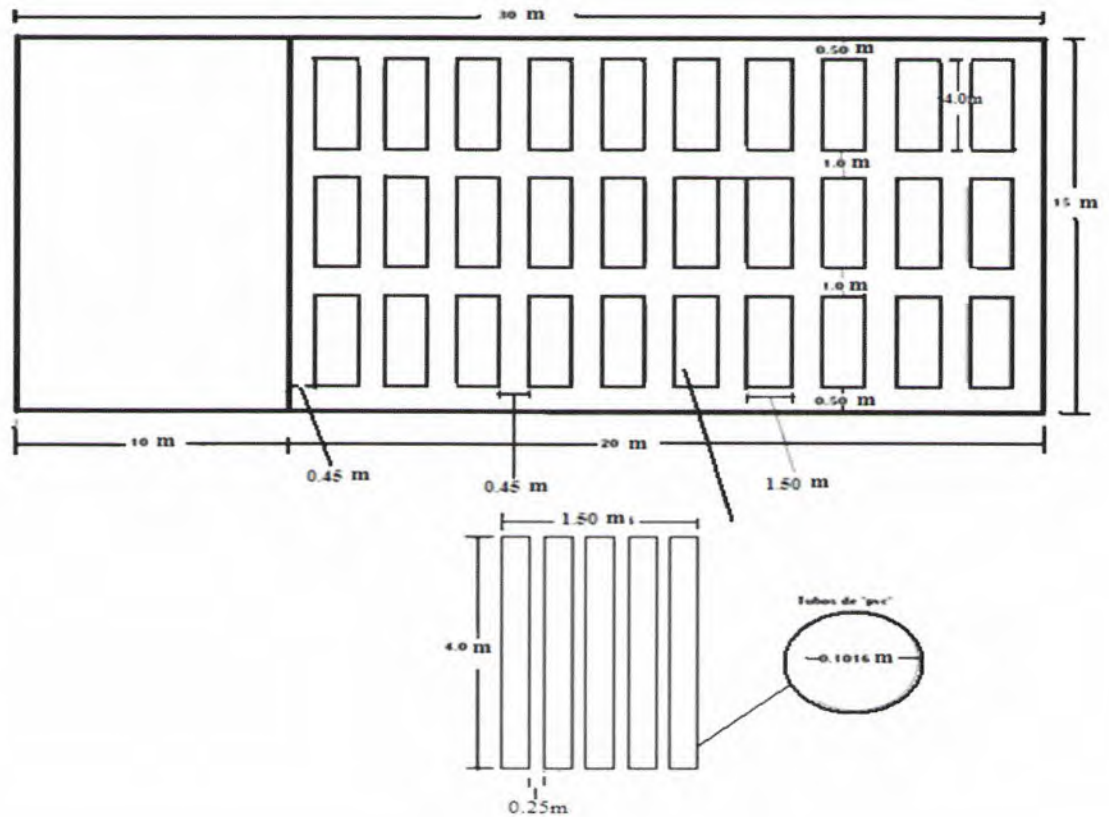


Figura 1. Diseño de la casa de vegetación y las “camas” de tubos para hidroponía

De las casa de vegetación que se encuentran en la bibliografía citada, se elige la “Casa Sombra”, la misma puede reunir las condiciones y exigencias de nuestro caso, especialmente con la mallas, y su costo es más razonable y accesible. Además se usará el método hidropónico NFT (Nutrient Film Technique) que traducido al español significa “la técnica de la película de nutriente”. Este sistema se aplica un mojado de las raíces de la planta con la solución nutritiva, para evitar formaciones de hongos por la estadia del agua en reposo en los tubos.

6.2 Estructuras para hidroponía:

Las camas de hidroponía serán 30, ubicadas en tres bloques de diez camas cada uno. Estas camas tendrán una longitud de 4 m, por 1.50 m de ancho, con una separación entre ellas de 0.45 m, tal cual indica el diseño adjunto (Figura 1).

El diseño incluye una separata especial de las camas, explicando que cada cama será compuesta por cinco (5) tubos de 0.1016 m de diámetro, calibre 64, separados entre ellos por 0.25 m, con largo de 4 m. Los cinco (5) tubos ocuparán un espacio de 1.50 m de ancho 4 m de largo, de manera que en total se necesitan 150 tubos, para el crecimiento de las lechugas.

Estos tubos irán sostenidos en tubos de "PVC", también de diámetro de 0.0762 m, calibre 41.

6.3 Filtros y Tanque:

Esta estructura se implementará, para garantizar agua de buena calidad para la hidroponía, se ha diseñado un filtro que cuenta con cuatro elementos (Figura 2), y que estará inserto en un punto con inclinación para facilitar más el movimiento del agua en este filtro. El agua antes de caer al reservorio periódico, debe pasar por tres (3) cámaras

ocupadas con piedras de basalto, arena y carbón vegetal, para garantizar agua de excelente calidad. El filtro será la estructura que garantiza una mejor calidad de agua, y estará compuesto por cuatro cámaras para este efecto (Figura 3); estará ubicado a unos 199 metros de la toma tal cual muestra la Figura 4, donde se muestra el detalle de la inclinación o elevación del recorrido y especifica claramente que va de los 163 msnm a los 150 msnm, de modo que por gravedad movemos esa agua con facilidad. De igual forma se puede visualizar en esta figura el recorrido del agua del filtro a la casa de vegetación recorre unos 65.9 m, y va de los 150 msnm a los 149 msnm, lo cual nos garantiza el transporte del agua sin necesidad aun de bombeo artificial (Figura 5)

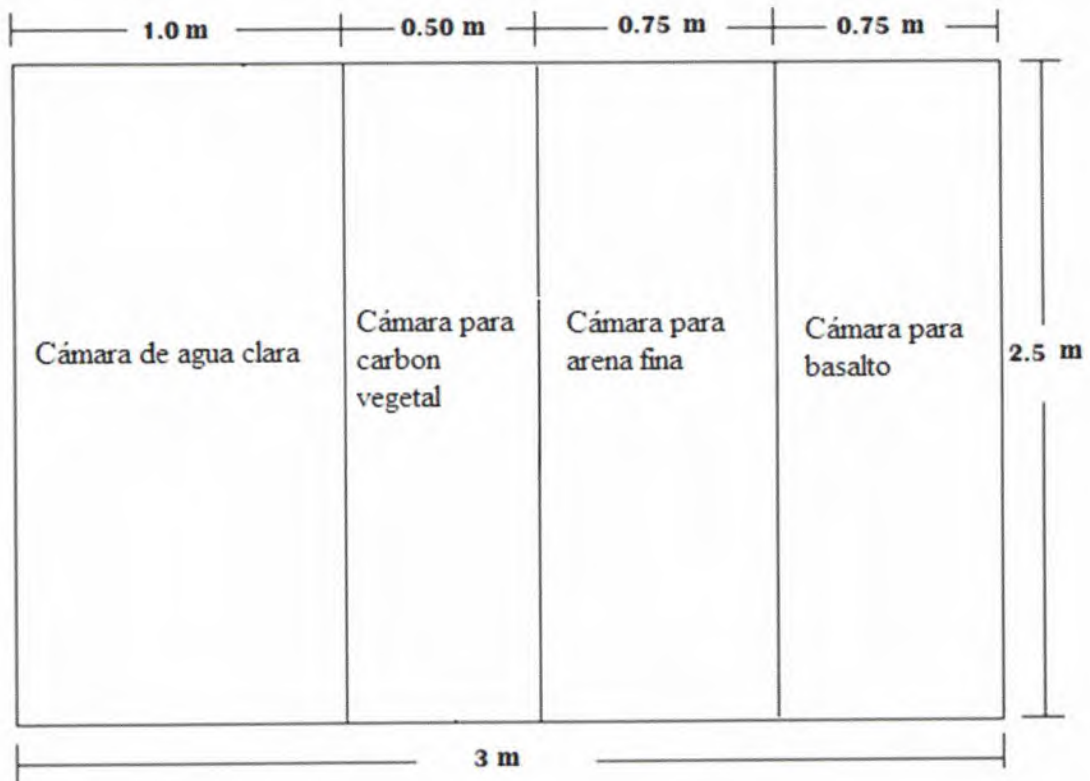


Figura 2. Vista de planta del filtro inicial

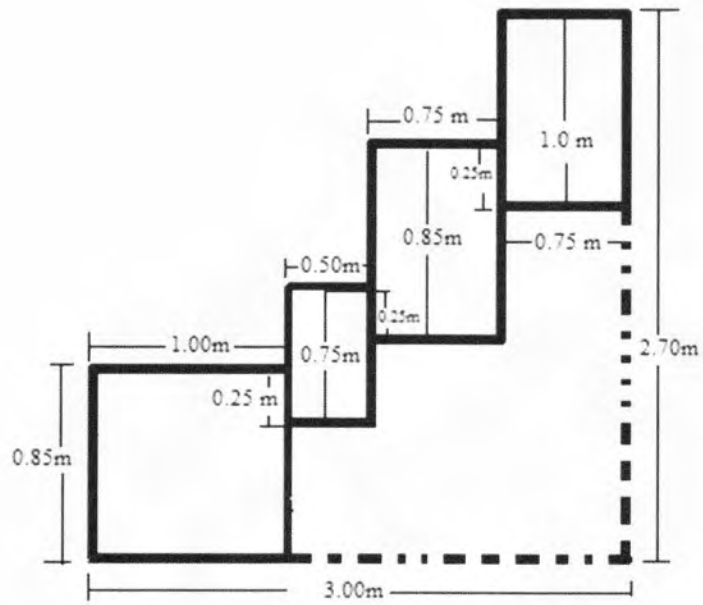


Figura 3. Vista lateral del filtro inicial.

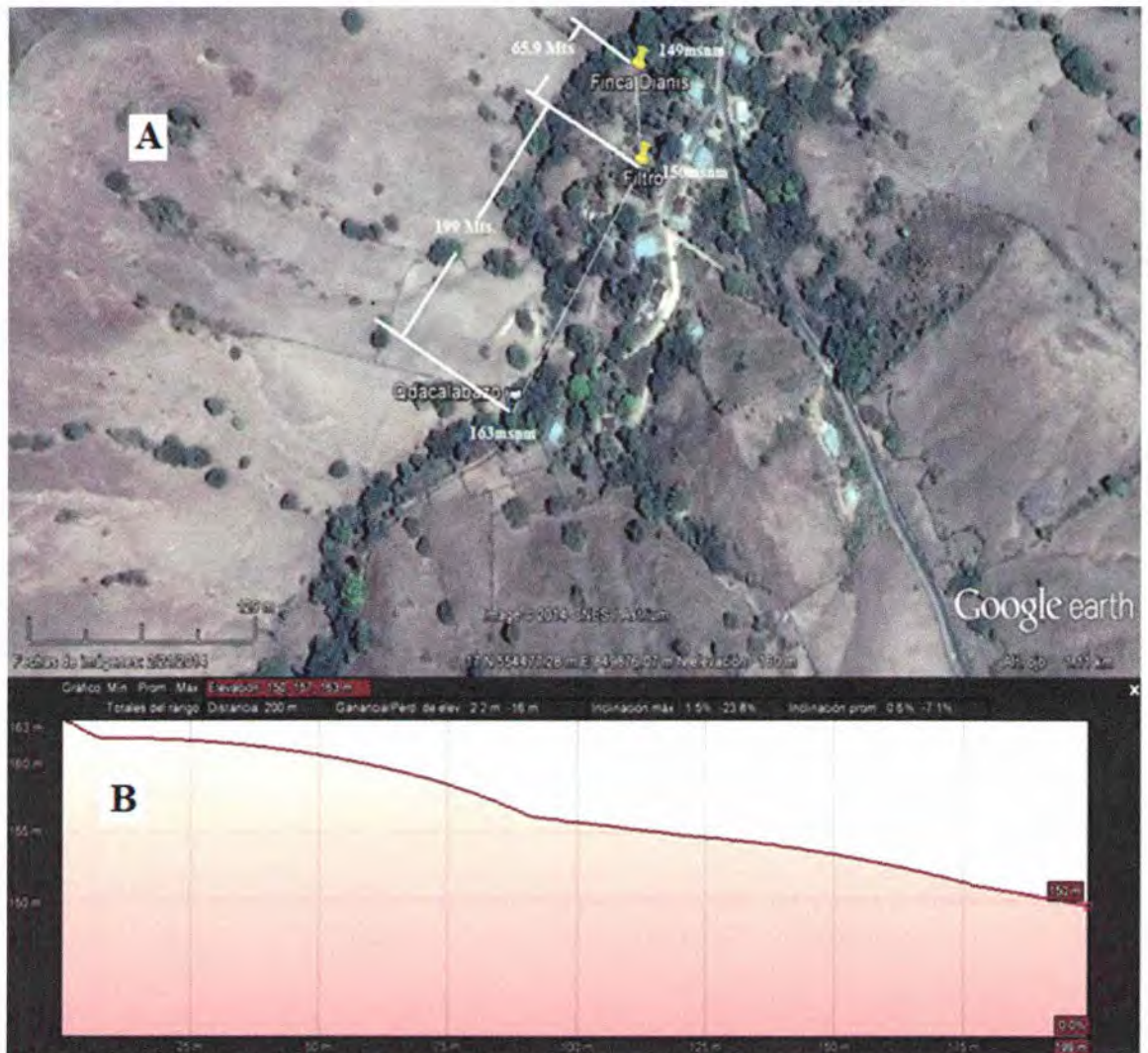


Figura 4. Vista aérea del sitio del proyecto

A- Recorrido del agua de la toma al filtro

B- Pendiente y distancias del recorrido

Tanque para depósito de agua: este elemento es vital para el mejor desenvolvimiento del sistema, para garantizar el volumen de agua requerido; este tanque debe coleccionar agua para tener siempre 13 metros cúbicos de agua.

Esto se logra construyendo un tanque de mampostería, con dimensiones de 2 m de largo, 2 m de ancho, por 2m de profundidad, lo que colectará 8 m³ de agua para generar y continuar el sistema hidropónico bajo cualquier eventualidad negativa en el volumen de agua.

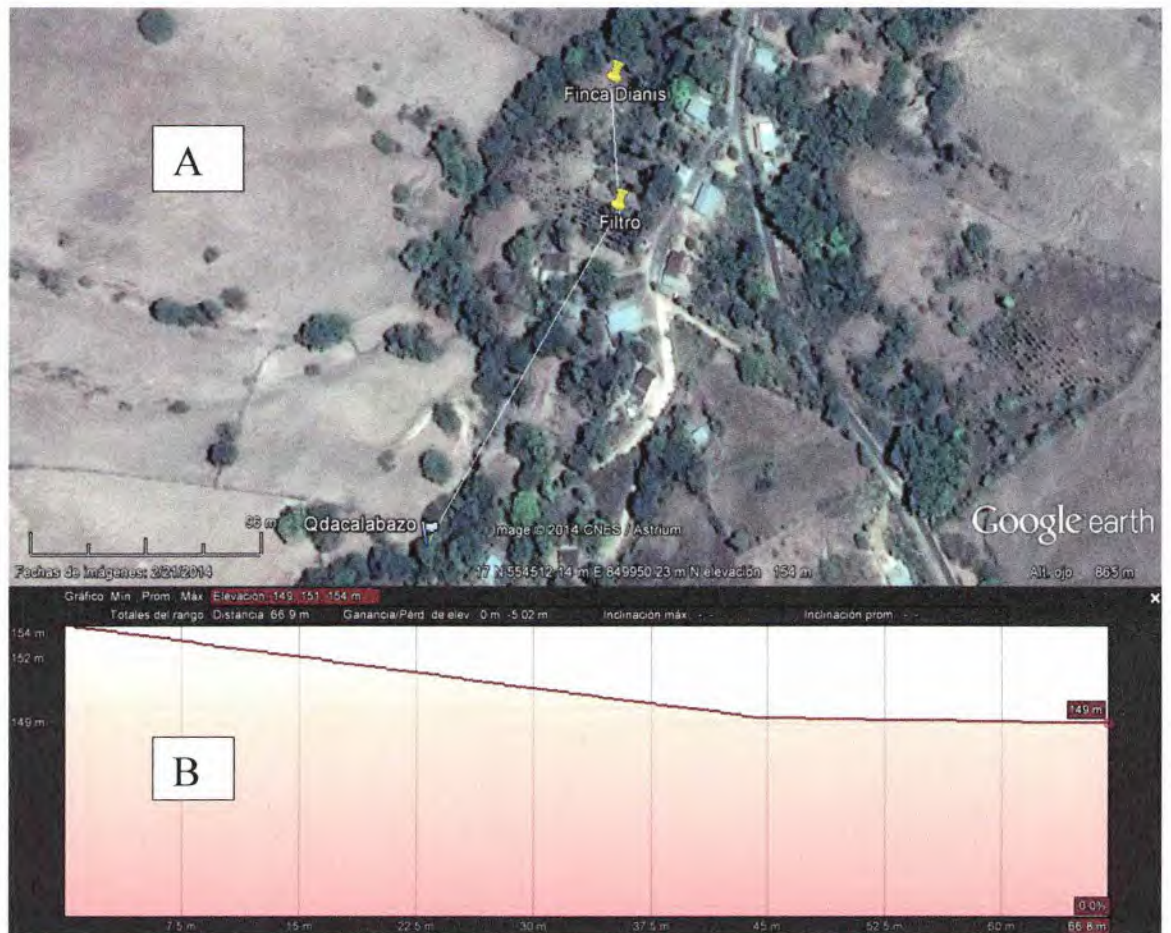


Figura 5. Vista aérea sitio del proyecto recorrido del agua
 A-Recorrido del agua del filtro a la casa de vegetación
 B Pendiente y distancia del recorrido

6.4 Diseño del filtro:

Para que este filtro funcione más rápidamente se aprovechará la inclinación del terreno, y se harán las cámaras de manera que se aproveche la pendiente del terreno y realizarlos escalonadamente, el agua pueda pasar de una cámara a otra con mayor facilidad, y proveer el área de soluciones y mezclado rápidamente. La gravedad permitirá al sistema el movimiento de esta agua ya que la cámara última de reboso del agua estará a 150 msnm, para de ahí bajarla también por gravedad a los 149 msnm del área de los tanques de solución nutritiva.

El agua debe tener aproximadamente 264.9 m de recorrido para ser dispuesta luego a las estructuras de hidroponía.

6.5 Sustrato a utilizar:

Muchos de los métodos hidropónicos actuales emplean algún tipo de medio de cultivo o sustrato, tales como: cascarilla de arroz cruda y quemada, grava, arenas, piedra pómez, serrines, arcillas expandidas, carbones, turba, cáscara de coco, lana de roca, espumas sintéticas, entre otros, a los cuales se les añade una solución nutritiva que contiene todos los elementos esenciales necesarios para el normal crecimiento y desarrollo de las plantas (Calderón Sáenz 2001).

No existe el sustrato ideal; cada uno presenta una serie de ventajas e inconvenientes y su elección dependerá de las características del cultivo a implantar, las variables ambientales y de la instalación. El sustrato debe ser liviano, que presente cierto grado de porosidad, tamaño apropiado sin bordes cortantes y que sea químicamente inerte (Resh, 1997; Manson, 1990; Ansorena, 1994, citados por Montero 2006).

Cuando se utilizan residuos de madera (aserrín), es preferible que no sean de pino ni de maderas de color rojo, porque éstos contienen sustancias que pueden afectar a las raíces de las plantas, si sólo es posible conseguir material de estas. Si se utiliza cascarilla de arroz, es necesario lavarla, dejarla fermentar bien y humedecerla antes de sembrar o trasplantar durante 10 a 20 días, según el clima de la región (menos días para los climas más calientes) (Filippetti 2014).

Para preparar un sustrato, en un balde plástico colocar la cascarilla de arroz cubriéndola con suficiente agua y remojar durante 10 días a los 10 días botar el agua sucia y lavar la cascarilla de arroz con agua limpia, hasta que el agua salga clara. En un balde plástico lavar la piedra pómez hasta que el agua salga clara (Castañeda 2001).

El sustrato es necesario en pequeñas porciones, en los vasitos que irán desde el germinador hasta los tubos de crecimiento en el sistema de hidroponía; para este evento se prefiere lo orgánico, siempre y cuando esté libre de contaminantes. Para este proyecto se ha elegido usar cascarilla de arroz, aserrín o viruta desmenuzada de maderas amarillas.

La cascarilla de arroz debe ser bien lavada o en caso similar ser quemada para liberar aluminio y dejarla fermentar bien unos días antes de usar, estos dos elementos en proporciones iguales.

6.6 Estructuras de Hidroponía:

Pasos: se inicia desde las estructuras que soportarán la planta inicialmente

(a) Primero se preparan los vasitos donde se efectuará la siembra.

Con la ayuda de un cautín caliente estos se perforan, haciéndoles 7 orificios de la siguiente forma. El del centro es más grande.

(b) Después se corta la tela que va a servir para mantener húmedo el sustrato en los vasitos. Esta tela es de la que sirve para limpieza en cocina. Se recomiendan las marcas Magitel o Flash pues otras marcas se pudren.

Las tiras deben ser aproximadamente de 2 x 10cm.

(c) Por el orificio central del vasito se pasa una tira de tela, como se ve en la foto.

(d) Antes de llenar los vasitos con el sustrato, hay que mojarlo todo en una cubeta o en una bolsa de plástico, ya que es mucho más difícil mojarlo dentro del vasito.

(e) Se llenan los vasitos con el sustrato de siembra.

(f) Se colocan los vasitos en la charola del germinador y se hace la siembra de la semilla. Para eso se hace un orificio de aproximadamente 1 cm de profundidad, con un lápiz sin punta.

(g) En el orificio se coloca una semilla, cuidando no cubrirla, ya que de lo contrario no germinará. La lechuga es una planta cuyas semillas necesitan estar iluminadas para

germinar. Se colocan los vasitos en la charola del germinador, pero antes la llenamos con la solución nutritiva. El nivel de líquido debe quedar a dos centímetros del fondo de los vasitos.

(h) Se enciende la luz del germinador.

(i) A los tres días aproximadamente se empieza a ver cómo se asoman las plántulas.

Los vasitos deben permanecer ahí por tres semanas. Durante este tiempo debemos cuidar que el nivel de agua no baje demasiado. La luz debe permanecer encendida las 24 horas del día.

(j) Después de tres semanas se preparan los tubos de cultivo, asegurándonos de que no hayan fugas de solución nutritiva y que la bomba la esté circulando todo el tiempo.

(k) Si no hay fugas se pasan los vasitos del germinador a los tubos de cultivo.

(l) Al momento del trasplante la lechuga debe tener cuando menos cinco hojas verdaderas. A partir de ese momento las lechugas empezarán a crecer rápidamente.

(m) El mantenimiento de los tubos de cultivo se realiza vigilando que la bomba impulse la solución, que no existan fugas de agua, que el nivel del agua en el recipiente sea correcto y que la solución no se agote.

(n) Si se cuenta con un conductímetro, se revisa que la medición se encuentre entre 1.5 y 2 mS/cm (mili Siemens/centímetro). Para mantener ese nivel se puede agregar fertilizante o agua, dependiendo de la necesidad. Si no contamos con este aparato se recomienda cambiar toda la solución dos semanas después del trasplante. Después cada semana y finalmente cada 5 días.

A las cinco semanas de haber sido trasplantadas, las lechugas tendrán tamaño suficiente para ser cosechadas. La cosecha es muy fácil, pues sólo hay que sacar del tubo

de cultivo la lechuga con todo y el vasito. Es importante que estemos seguros que salga con las raíces completas, pues si quedan partes de ellas en el tubo se pueden descomponer y afectar a las lechugas que aún queden dentro (Hombre Naturaleza 2014)

6.7 Tubos en la hidroponía:

Los tubos de 0.1016 m de diámetro, serán los que poseerán la solución enriquecida y contendrán el vasito con la plántula y la “mecha” que se humedece y brinda humedad al sustrato del vasito que posee la plántula.

Los tubos estarán dispuestos en lo que se llamará las “camas”. Estas estarán conteniendo, como se mostró en el diseño de la figura 1, cinco (5) tubos, de cuatro metros de largo y separados unos 0.25 metros, de manera que la cama tendrá un ancho de 1.50 metros. Los tubos tendrán una serie de perforaciones del diámetro adecuado para que el vasito se sostenga ahí sin caerse; estos agujeros se definen, que tengan una separación de 0.30 metros, de modo que en cada tubo, en sus cuatro metros de largo podemos ubicar con facilidad once (11) perforaciones de 0.05 metros de diámetro para sostener el vasito. Separados por treinta centímetros (0.30 m) ocupan 3.55 metros, solo quedan 45 centímetros que serán usados en los espacios del final de cada extremo del tubo (Figura 6).

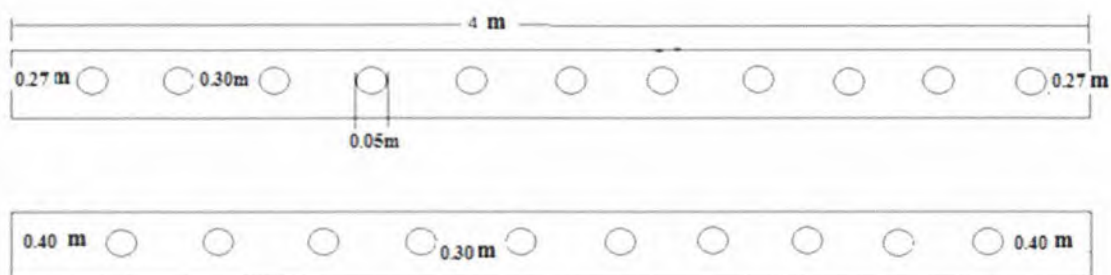


Figura 6. Distribución de los hoyos en dos de los cinco tubos.

En tubo vecino será diferente la ubicación de los huecos debido a que deben ser alternos entre ellos o sea con una ubicación tipo “tres bolillos”.

De esta manera vamos a tener dos (2) tubos que solo tendrán los diez hoyos, y espacios entre los extremos del tubo y el hoyo siguiente de 40 centímetros, y tres (3) tubos tendrán los once (11) hoyos, el espacio del extremo del tubo al hoyo será de unos veintisiete (27) centímetros.

De esta manera cada “cama”, será capaz de sostener cincuenta y tres (53) hoyos o plántulas en total; como son treinta (30) camas, de esta manera simultáneamente tenemos capacidad para mil quinientas noventa (1590) plantas en total.

Los tubos deben ser soportados por tubos de “PVC” también de siete punto sesenta y dos cm. de diámetro calibre 41, en este soporte se estima casualmente la inclinación que debe poseer una diferencia de ocho (8) centímetros



Figura 7. Soporte para las camas

en la altura de las patas iniciales versus las finales, se usarán tres (3) “patas” para soportar la “cama” entera, la que muestra la figura solo posee dos (2) “patas”, este diseño usará tres (3), una intermedia para garantizar un adecuado soporte (Figura 7)

Los tubos serán sostenidos o asegurado a los soportes con “eles” de madera, que asegurarán el tubo al soporte, separándolos en los 25 centímetros entre ellos, y ubicarlo lo más cerca del lado de 1.5 m de ancho de la camaos metro y medio de ancho de la cama.

6.8 Movimiento del agua:

El diseño elegido será de lo más simple posible, se genera, que cada “cama” debe tener una ligera pendiente (2-5 centímetros por cada metro de tubo), en este caso debe variar unos 8 centímetros ya que nuestras camas son de cuatro (4) metros, para que el agua pueda moverse al extremo opuesto con facilidad. De esta manera se usará un tubo colector al final de cada “cama” y así poder coleccionar simultáneamente toda el agua del bloque entero, y moverla por gravedad a tanques, donde se tendrá una bomba sumergible eléctrica para recircular el agua nuevamente a los tanques de origen. Para este efecto, cada tubo debe tener al final una llave para abrir y cerrar cuando deseemos desalojar el tubo para la recirculación de la solución en todos los tubos del sistema.

Se necesitan tres bombas sumergibles para levantar nuevamente la solución a los tanques iniciales de la solución, solo para hacerla recircular, y garantizar también la aireación de las raíces, y por supuesto cambiar esta solución como indica arriba, para

luego cambiar toda la solución dos semanas después del trasplante. Después cada semana y finalmente cada 5 días. Posterior a esto se requiere también otra bomba para que nos impulse el agua de vuelta al filtro, ya que hay 3m de diferencia en altura y 65.9 m de distancia; es decir, debe ser una bomba sumergible de mayor potencia para elevar el agua de vuelta al filtro inicial para garantizar el verdadero reciclaje del agua.

Para efectos de conocer el caudal de la quebrada el Calabazo, realizamos un aforo volumétrico, es decir se tomó un recipiente de volumen conocido y se llenaba tomando el tiempo de este llenado, en cinco ocasiones, se promedió el tiempo estimado en ese volumen y se llevó a litros por segundo arrojando un asombroso volumen de 9.80 l/seg, lo que es excelente, para tomar el agua necesaria para el proyecto y deja margen adecuado para que aguas debajo de la toma del proyecto no ocasionen desbalances hídricos a esta fuente.

6.9. Manejo de la temperatura.

La entrada de flujo de energía radiante en el invernadero puede reducirse pintando los techos y laterales aislados con pinturas opacas, pantallas de tela o por películas de agua. Otro método para reducir este efecto es la nebulización (CIHA 1999)

Debido a las elevadas presiones provocadas y al reducido tamaño del orificio del nebulizador se crea una gota pequeña. Por lo que se mantiene más tiempo flotando en la atmósfera del invernadero y de esta manera funciona bajando la temperatura (Cervantes 2002).

Para obtener el máximo descenso de temperatura se deben colocar los nebulizadores a cierta altura en el invernadero, y evitar que el agua choque con el techo de éste, y de forma lateral para que la gota de agua pueda tener el máximo de recorrido posible y pueda de esta manera evaporarse antes de llegar al cultivo. Sin embargo, el método más utilizado para disminuir la temperatura es bajando la luminosidad que pueda entrar. Es el método más económico que existe actualmente (Lee 1999).

Es de importancia, para las casas de vegetación en el trópico, el control de la temperatura y la humedad relativa; para este efecto se utilizará la acción de un nebulizador para bajar la temperatura y mantener la humedad en adecuados márgenes, para el mejor desarrollo de la lechuga y no confrontar problemas de desarrollo del cultivo.

Se tendrá también la posibilidad de pintar los techos de la casa de vegetación, especialmente en la época seca cuando la radiación solar es más intensa en nuestras áreas.

7-Volúmenes de agua en el sistema:

Es evidente que los tubos no funcionarán a capacidad, es decir, totalmente llenos; cada tubo tiene diámetro de 0.1016 m, tendrán cuatro metros de largo, esto arroja una capacidad de 0.0324 m³ de agua si estuviera totalmente lleno. Como solo se usará el tubo a un 65% de capacidad, cada tubo entonces debe contener unos 0.021 m³ de agua.

Como el sistema completo tendrá 150 tubos, el volumen total del sistema debe ser 3.159 m³ de agua, de manera que se garantizan 13m³ de agua constantemente, debido a que el sistema será muy poco probable que esté totalmente repleto de plantas y de agua; además que el uso del agua es paulatino ya que la recirculación de agua y su reciclaje es mejor a lo que se presenta en los sistemas tradicionales.

Es necesario mencionar que se necesitan seis tanques con capacidad de 378 litros de agua para las soluciones y para levantar el agua nuevamente al filtro para su reciclaje.

8- Soluciones o fertilizantes:

La formulación hidropónica consiste en la obtención de un cóctel de nutrientes lo más aproximado posible al óptimo requerido por la planta, dejando librado a la propiedad que tienen éstas, de seleccionar los elementos que necesitan para vivir, a efectuar las correcciones periódicas de acuerdo a los cambios que se produzcan en las condiciones ambientales o en la propia estructura de la planta (Filippetti 2014).

La concentración en gramos de fertilizante por litro de agua que se requiere para preparar las soluciones nutritivas COOPER y FAO se muestra en el cuadro 1. También se muestra el tipo de nutriente (macronutriente o micronutriente) y la fórmula química de cada fertilizante, que constituyen la fórmula de nutrientes seleccionados para utilizar en este proyecto por ser de fácil obtención en el mercado.

CUADRO 1. Fórmula desarrollada por la FAO y Cooper para sistema hidropónico con especialidad para lechuga.

Fertilizante	Fórmula Química	Tipo de Nutriente	Concentración (g/L)	
			FAO	COOPER
Nitrato de Calcio	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Macro	0.42	1.01
Nitrato de Potasio	KNO_3	Macro	0.22	0.58
Fosfato Mono amónico	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	Macro	0.06	0
Fosfato Monobásico de Potasio	KH_2PO_4	Macro	0	0.26
Sulfato de Magnesio	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Micro	0.09	0.51
Sulfato de Manganeso	$\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Micro	4.96×10^{-4}	8.12×10^{-3}
Quelato de Hierro	EDDHA	Micro	0.01	0.11
Ácido Bórico	H_3BO_3	Micro	1.24×10^{-3}	1.72×10^{-3}
Sulfato de Cobre	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Micro	9.60×10^{-5}	3.93×10^{-4}
Sulfato de Zinc	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Micro	2.40×10^{-4}	4.39×10^{-4}
Molibdato de Amonio	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Micro	4.00×10^{-6}	3.68×10^{-4}

Fuente: Proyecto FIA 2010-0184. 2012.

Cooper Físico Químico USA

9. Manejo agronómico de la lechuga

La lechuga es un cultivo de tipo herbáceo con desarrollo diverso dependiendo de la especie y variedad, en el caso de este proyecto se cultivará la lechuga rizada; la mayoría de las especies de lechuga son de las que poseen semillas del tipo fotobástica, es decir semillas que requieren luz directa para su emergencia, además no deben ser tapadas o cubiertas en el semillero para ese efecto.

Estas son las condiciones que requieren mayor cuidado agronómico, en la hidroponía de la lechuga. En este sistema no se tiene que realizar limpiezas de malezas, ni análisis de suelo, y la ocurrencia de ataques de insectos y enfermedades son casi nulos dado que las protecciones de las mallas especializadas, mantiene una alta sanidad en el cultivo, además, se debe mantener a diez metros del perímetro de la casa de vegetación cubierta con arena o gravilla para efectos positivos en torno a hospederas en los pastos y malezas que afecten dentro de la casa de vegetación.

Las soluciones nutritivas para el cultivo de la lechuga, que serán usadas son capaces de desarrollar rápidamente el cultivo, con suficiente vigor y sanidad para mantenerlas libres de enfermedades.

10- Cronograma de actividades:

Cronograma Hidroponía en Casa de Vegetación												
Actividades	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Plantear proyecto a FAO												
Cotizaciones de materiales												
Construcción de casa veget.												
Construcción de hidropónicos												
Construcción de filtro y tanque												
Pequeña presa												
Probar sistema hidropónico												
Semilleros												
Transplante												
Cosecha												

11-Costos del proyecto:

Infraestructuras

Insumos	Costo unitario	Total
Casa de Vegetación	B/6.95/metro	B/3127.50
Tubos (PVC) Uniones		B/3623.92
Filtro y Tanque		B/954.00
Mano de Obra para las obras.		B/1050.00
Tanques de 757 litros	120.00	B/720.00
Bombas sumergibles	120.00	B/360.00
Bomba Sumergible Eléctrica		B/300.00
Nebulizador	97.28	B/97.28
Total		B/10232.70.

Insumos agrícolas

Insumos	Costo unitario/Kilo	Total
Semillas	88.00	88.00
Fertilizantes		
nitrato de calcio	2.72	2.72
nitrato de potasio	4.33	4.33
fosfato mono amónico	1.00	1.00
fosfato monobásico de potasio	1.00	1.00
sulfato de magnesio	1.49	1.49
sulfato de manganeso	2.26	2.26
quelato de hierro	6.72	6.72
ácido bórico	0.03	0.03
sulfato de cobre	47.40	47.40
sulfato de zinc	3.07	3.07
molibdato de amonio	1.94	1.94
Total		159.96

Fuente <http://www.hydroenv.com.mx/catalogo>

Este proyecto, acarrea inversiones diversas, ya que los elementos importantes son cinco, a saber, la casa de vegetación, tubos para la hidroponía, filtros y tanques, bombas de agua sumergibles y el nebulizador.

Previamente se menciona que la casa de vegetación elegida es la “casa sombra”, la cual tiene un valor promedio de 90 pesos mexicanos por metro cuadrado, lo que equivale a unos 6.95 dólares por metro cuadrado; los 450 m² del diseño costará **3127.5** dólares.

Los gastos en tubos, para hidroponía, y “camas” que también serán de tubos de “PVC”, junto a codos, “tees”, uniones nos costará invertir unos **B/2798.92**. Además de esto, se requiere de tubos de 0.1524m de diámetro, para transportar el agua de la toma al filtro y al tanque, y de vuelta del agua del sistema al filtro se requieren unos 329.8 metros de tubos lo que representa 55 tubos a un costo unitario de 15 dólares nos arroja unos **B/825.00**.

El filtro y el tanque acarrear un costo en materiales por unos **B/954.00**.

La mano de obra requerida, implica un total de 15 días de labor, promediando el día en B/70.00, se invertirán **B/1050.00**.

Se necesitan seis (6) tanques de 757 litros para mezclas y para el cambio de soluciones, lo mismo que para reimpulsar agua nuevamente al filtro, para esto se requieren **B/720.00**. También es necesario tres (3) bombas pequeñas sumergibles eléctricas para lo cual se requiere de **B/360.00**. Además una bomba sumergible eléctrica

de mayor poder para mandar el agua al filtro nuevamente con un costo de B/300.00; para la regular la temperatura en la casa de vegetación se hará uso de un nebulizador el cual tiene un valor de B/97.28

Estas inversiones en total suman **B/10232.70.**

Las inversiones en torno a semillas y fertilizantes nos arrojan valores de **B/159.96**, solo promediamos estos gastos para un kilo, debido a que con esa cantidad se puede producir diversos periodos de producción.

Total de la inversión general **B/10392.66**

12-Análisis económico

Las estructuras de hidroponía serán capaces de sostener unas 1590 plantas en total, pero la producción debe ser escalonada, o en ciclos, es decir, distribuidas las siembras de manera que permita cosechas todas las semanas. Para este efecto se considera que con seis (6) ciclos escalonados, se logra tal cometido, ya que la lechuga estará en el sistema solo treinta y cinco (35) días.

Tal lo planteado, se dispondrá de 265 plantas para ser cosechadas cada semana, en cada ciclo. Esto ahorrará mucha más agua de lo planteado. Ya que no se tendrá el total del sistema en máxima producción, o al máximo de la solución en los tubos.

El precio de la lechuga ahora mismo redonda entre los B/0.70 por libra, la lechuga que se cosechará estará logrando pesos de unos 350-400 gramos como promedio, aunque se pretende lograr la libra completa, pero que para el análisis económico de este segmento se estimará la producción en unos 400 gramos para efectos de análisis económico, esta será la cifra que estará en discusión.

De esta manera la producción semanal se estima en 105.77 kilos o sea una estimación económica de B/163.24; para esta primera cosecha y las subsiguientes, se realizó inversión inicial en fertilizantes y semillas de B/159.96, de manera que lo invertido en estos insumos es menor a lo que la cosecha de la primera semana aporta.

A un año de producción con seguridad arrojará dividendos de **B/8488.48** anuales directos.

Para el proyecto en mención que será llevado por grupo organizado, y auspiciado por entidades de orden social; está en condiciones económicas aceptables, debido a que no se incurre en pago de mano de obra directa ni prestaciones sociales ya que el grupo está en condiciones de aportar la mano de obra de tres personas diarias en las labores de producción.

El costo total del proyecto está en B/**10392.66.**

13-Recomendaciones:

Recomendar la hidroponía y en especial en ambiente controlado como será en el invernadero o casa de vegetación de las distintas clases que aquí se tratan, permiten la producción hortícola, con cualidades muy ahorrativas, con respecto al recurso agua; por estos atributos recomendamos, la producción hidropónica en invernadero para el área de la cuenca del río La Villa en especial en la Sub cuenca del río Estibaná, en la micro cuenca del río Cacao en El Calabazo de Las Palmas distrito de Macaracas, provincia de Los Santos república de Panamá.

Extender esta recomendación a las diversos colegios y escuelas primarias de la provincia, como medio educativo y por supuesto productivo, para el consumo en estas entidades, y sea extendido también a la comunidad en general.

Recomendar la siembra en hidroponía, para cultivos no tradicionales, en estas zonas de la cuenca del río La Villa, para diversificar la producción agrícola.

14-Bibliografía Citada:

- Alcorta García, E (2006). *Sistema Hidropónico para Producción de Tomate en Invernadero*. México. Trillas. ISBN 968-247606-2.
- Arce-Brenes, L. D., Singh, B. K., Taylor-Rieger, R. (2006). Diseño de un invernadero para las condiciones del trópico húmedo de Costa Rica. *Tierra Tropical.*, 2(1), 49-56.
- Asociación Mexicana de Constructores de Invernaderos.(2010), *Rangos de Precios Sugeridos para Cinco Tipos de Invernaderos*. México, Secretaria De Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación.
- Bastida Tapia, A.(2001).*La agricultura protegida y los invernaderos: Medios de protección para hortoflorofruticultura y el viverismos*. España. Instituto de Estudios Cajamar.
- Calderón Sáenz, F. (2001) *Que son los Cultivos Hidropónicos y el por qué de la Hidroponía*. Colombia D.C., S.A.
- Castañeda, F. (2001).*Manual de cultivos Hidropónicos: Producción de verduras sin usar la tierra*. Perú. Boletín Informativo. Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral. Universidad Nacional Agraria La Molina. Av. Lima 12.
- Ceja Adame, M. P. (2012) *La hidroponía como proyecto grupal*. Perú. SIRUKI.
- Cervantes, M. A. 2002. *Control de altas temperaturas en cultivos hortícola intensivos* (en línea) consultado el 30 sep. 2004. Recuperado de en: http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/altas_temperaturas.htm
- CIAA (Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales). 1999. Clima, fisiología y producción de cultivos bajo invernadero. Ed. Celis C, L. CO. 67p.
- Domínguez, M., García, J M. (2010). *Invernaderos Con Acumuladores De Cambio De Fase*. ICTAN-CSIC. Recuperado de <http://digital.csic.es/bitstream/10261/30653/1/INVERNADEROS%20CON%20PCM.pdf>

- Filipetti Víctor H. (2014). *35 años con la Hidroponía*. Argentina. FIL.
- Gilsanz Juan C. (2007). *Hidroponía*. Programa Nacional de Producción Hortícola Uruguay. Est. Expt. Las Brujas.HUM. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/103643246/hidroponia-1>
- Guzmán Díaz, Guillermo A. (2004). *Hidroponía en casa: una actividad familiar*. Costa Rica. MAG.
- Hombre Naturaleza (2014). Manual para el cultivo de lechugas en agua. . México., A.C. D.F. Boletín 11 P. Recuperado de <https://www.hombrenaturaleza.org.mx> <https://biologiainstitutolasalle.files.wordpress.com/2014/02/16043717-manual-cultivo-con-hidroponia.pdf>
- Jaramillo Noreña, P. J., Rodríguez, V. P., Zapata, M. (2006). *El cultivo de tomate bajo invernadero (*Lycopersicum esculentum*, Mill)*. Colombia. Boletín Técnico. Recuperado de <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=bac.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=050539>
- Jensen, M. (2001). *Producción hidropónica en invernadero*. Boletín informativo,(12).Recuperado de <http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/boletin12.htm>
- Lee, R. (1999). *Clima, fisiología y producción de cultivos baja invernaderos*. Santa Fe de Bogotá, CO, Fundación Universidad de Bogotá. Jorge Tadeo Lozano. 67 p.11
- López-Gálvez, J., Naredo, J. M. (1997). *Gestión del Agua de Riego*. España. Argentario-Visor
- Mazuela, P., Acuña, L., Álvarez, M., Fuentes, Á. (2010). *Producción y calidad de un tomate cherry en dos tipos de invernadero en cultivo sin suelo*. Chile. Idesia
- Montero S.M., Singh B.K, Taylor R. (2006). *Evaluación De Seis Estructuras De Producción Hidropónica Diversificada En El Trópico Húmedo*. Costa Rica. Las Mercedes.
- Pérez Parra, J.; Gázquez, J.C.; López, J.C.; Baeza, E.; Meca, D.; Pérez, C. (2010). *Técnicas De Cultivo Que Afectan A La Viabilidad Del Control Biológico En Los Invernaderos De Almería*. Almería España Fundación Cajamar.

Ramos, E. J. N., Wiyasa, B. T. (2007). *Producción hidropónica de lechuga (Lactuca sativa L.) en sistema recirculante* . Costa Rica. ELISA.

Schinelli Casares, T. (2012). *Diseño de invernaderos*. Hojas divulgativas técnicas, (19). Serie: Hojas divulgativas técnicas. P .imprensa: EEA. Recuperado de <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=bad.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=017918>

15-Anexos:

ANEXO 1. Productos fertilizantes.

FUENTES	FORMULA	FUENTES	FORMULA
Sulfato de amonio	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}$	Nitrato de amonio	NH_4NO_3
Sulfato de potasio	K_2SO_4	Nitrato de magnesio	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$
Sulfato de magnesio	MgSO_4	Fosfato monocálcico	CaH_2PO_4
Sulfato de calcio	CaSO_4	Fosfato monopotásico	KH_2PO_4
Sulfato de hierro	FeSO_4	Fosfato monoamónico	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$
Sulfato de cobre	CuSO_4	Fosfato diamónico	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$
Sulfato de zinc	ZnSO_4	Cloruro de potasio	KCL
Sulfato de manganeso	MnSO_4	Ácido bórico	H_3BO_3
Sulfato de cobalto	CoSO_4	Molibdato de amonio	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$
Silicato de sodio	Na_2SiO_3	Quelato de hierro	
Nitrato de potasio	KNO_3	Quelato de zinc	
Nitrato de calcio	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	Quelato compuesto	

Fuente: Materias Primas para Hidroponía (Filippetti 2014)

ANEXO 2. Producto fertilizante, dosificación

Producto químico	Fórmula	g/20 L agua
Nitrato de calcio	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	13,68
Fosfato mono amónico	$\text{NH}_4 \text{H}_2\text{PO}_4$	3,7
Nitrato de potasio	KNO_3	8,4
Sulfato de potasio	K_2SO_4	5,4
Sulfato de magnesio	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	10
Sulfato ferroso	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,4
Ácido bórico	H_3BO_3	0,056

Sulfato manganésico	$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	0,06
Sulfato de cobre	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0,0024
Sulfato de zinc	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,0043

Composición de la solución de nutrientes utilizada. (Montero, et al. 2006)



ANEXO 3. Terrenos con pendiente muy pronunciada aledaños a la quebrada el Calabazo



ANEXO 4. Área de ubicación dela casa de vegetación.



Anexo 5. Vista general de la quebrada el Calabazo



Anexo 6. Quebrada el Calabazo bajo el fenómeno del niño



Anexo 7. Punto alto de la toma de agua



Anexo 8. Casa de vegetación e hidroponía en Finca NATUREX S.A, Boquete Chiriquí.