

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS**

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central shield with a blue background, depicting a figure on horseback. Above the shield is a golden crown. The shield is flanked by two golden lions. The entire emblem is surrounded by a circular border containing the Latin text "CETERA SPERABIS CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER".

“EXPERIENCIAS EN LA INTRODUCCIÓN DE HUERTOS HIDROPÓNICOS, COMO UNA ALTERNATIVA DE SEGURIDAD ALIMENTARIA EN LAS COMUNIDADES DE: MATAZANO Y GUARAQUICHE, DEL MUNICIPIO DE JOCOTAN, DEL DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA”.

JORGE GABRIEL SAZO QUEL

GUATEMALA, AGOSTO DEL 2,005

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS**

**“EXPERIENCIAS EN LA INTRODUCCIÓN DE HUERTOS HIDROPÓNICOS, COMO UNA
ALTERNATIVA DE SEGURIDAD ALIMENTARIA EN LAS COMUNIDADES DE:
MATAZANO Y GUARAQUICHE, DEL MUNICIPIO DE JOCOTAN, DEL DEPARTAMENTO
DE CHIQUIMULA”.**

TESIS

**PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

POR

JORGE GABRIEL SAZO QUEL

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO INGENIERO AGRÓNOMO EN SISTEMAS DE
PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO**

GUATEMALA, AGOSTO DEL 2005.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

RECTOR

DR., M.V. LUIS ALFONSO LEAL MONTERROSO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO:	Dr. Ariel Abderraman Ortiz López
VOCAL PRIMERO:	Ing. Agr. Alfredo Itzep Manuel
VOCAL SEGUNDO:	Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria
VOCAL TERCERO:	Ing. Agr. Erberto Raúl Alfaro Ortiz
VOCAL CUARTO:	Maestro Elmer Antonio Álvarez Castillo
VOCAL QUINTO:	Perito Miriam Eugenia Espinoza Padilla
SECRETARIO:	Ing. Agr. Pedro Peláez Reyes

Guatemala, 21 de Febrero del 2005

Doctor

David Monterroso Salvatierra

Director del Instituto de Investigaciones Agronómicas

De la manera mas cordial nos dirigimos a usted para hacer de su conocimiento que hemos culminado el trabajo de asesoramiento de la tesis titulada: **“EXPERIENCIAS EN LA INTRODUCCIÓN DE HUERTOS HIDROPÓNICOS, COMO UNA ALTERNATIVA DE SEGURIDAD ALIMENTARIA EN LAS COMUNIDADES DE: MATAZANO Y GUARAQUICHE, DEL MUNICIPIO DE JOCOTAN, DEL DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA”**. Efectuada por el estudiante: JORGE GABRIEL SAZO QUEL.

Atentamente,

Ing. Agr. Domingo Amador Pérez

Colegiado No. 638

Asesor

Ing. Agr. Pablo Moreno Arreaga

Colegiado No. 1763

Asesor.

Guatemala, 28 de Febrero del 2005

**Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente**

Distinguidos miembros:

De conformidad con la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de tesis titulado:

“EXPERIENCIAS EN LA INTRODUCCIÓN DE HUERTOS HIDROPÓNICOS, COMO UNA ALTERNATIVA DE SEGURIDAD ALIMENTARIA EN LAS COMUNIDADES DE: MATAZANO Y GUARAQUICHE, DEL MUNICIPIO DE JOCOTAN, DEL DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA”.

Como requisito a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

En espera de su aprobación, me es grato presentarles mi agradecimiento.

Atentamente,

JORGE GABRIEL SAZO QUEL

Carnet # 8913778

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS: Creador supremo, por ayudarme a realizar la carrera de ingeniero Agrónomo.

MIS PADRES: Jorge Luis Sazo y María Cristina Quel por sus sacrificios y consejos recibidos, reciban este logro con cariño.

MIS HERMANOS: Ingrid Senobia, Otto Anselmo, Gilmer Darío y Flor de Maria; por su cariño sincero.

MIS ASESORES: Ing. Agr. Domingo Amador, por su experiencia en cultivos hidropónicos con la cual enriqueció el presente documento.
Ing. Agr. Pablo Moreno, por su tiempo brindado, colaboración y apoyo para poder alcanzar mi meta.

MIS AMIGOS: Adolfo Vásquez, Licda. Claudia Díaz, delegados departamentales del proyecto FAO-PESA: por su amistad sincera y su autorización para publicar los datos registrados en los huertos hidropónicos

INTECAP: Institución a la cual presto mis servicios como instructor agrícola, de la región V de oriente, y en especial al Lic. Carlos López Nufio.

FAO-PESA: Organización de las Naciones Unidas, misma que mediante convenio con INTECAP, ejecuto el proyecto de huertos hidropónicos en el área ch'orti'.

INDICE GENERAL

Contenido	Página
INDICE DE CUADROS.....	vi
INDICE DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	viii
1 INTRODUCCION.....	01
2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	02
3 MARCO TEORICO.....	04
3.1 MARCO CONCEPTUAL.....	04
3.1.1 HISTORIA DE LA HIDROPONIA.....	04
3.1.2 DEFINICION DE LA HIDROPONIA.....	05
3.1.3 BONDADDES E INCONVENIENTES DE LOS CULTIVOS HIDROPÓNICOS.....	06
3.1.4 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN HIDROPÓNICOS.....	10
3.1.5 SISTEMA HIDROPÓNICO DE RAIZ FLOTANTE.....	11
A. Etapas del sistema de raíz flotante.....	12
a. Semillero.....	12
b. Transplante definitivo.....	14
c. Cosecha.....	14
d. Comercialización.....	15
B. La solución nutritiva.....	15
a. Preparación de la solución nutritiva.....	16
b. Calidad del agua para la solución nutritiva.....	16
c. Duración y cambio de la solución nutritiva.....	17
d. Conductividad eléctrica (CE).....	17
e. pH de la solución nutritiva.....	18
f. Oxigenación de la solución nutritiva.....	19

3.1.6	SISTEMA DE SUSTRATO SÓLIDO.....	20
A.	Sustrato sólido.....	20
a.	Características de un buen sustrato.....	20
b.	Sustratos adecuados para el cultivo hidropónico.....	21
c.	Mezclas de sustratos.....	22
B.	Etapas del sistema hidropónico de sustrato sólido.....	22
a.	Etapa de semillero.....	22
b.	Transplante definitivo.....	22
3.1.7	FISIOLOGIA DE LAS PLANTAS CULTIVADAS EN HIDROPONIA.....	26
3.1.8	HORTALIZAS.....	27
A.	Plantas de semillero.....	27
B.	Tomate.....	28
C.	Otras especies hortícolas.....	29
3.1.9	NUTRIENTES REQUERIDOS POR LAS PLANTAS Y SU FUNCIÓN.....	30
A.	CHO.....	30
B.	Nitrógeno.....	30
C.	Fósforo.....	31
D.	Potasio.....	31
E.	Calcio.....	31
F.	Azufre.....	32
G.	Magnesio.....	32
H.	Hierro.....	32
I.	Manganeso.....	33
J.	Boro.....	33
K.	Cobre.....	33
L.	Zinc.....	33

M. Molibdeno.....	33
3.2 MARCO REFERENCIAL.....	34
3.2.1 ALDEA MATAZANO.....	34
A. Ubicación.....	34
B. Demografía.....	34
C. Aspectos sociales.....	34
a. Agua y saneamiento.....	34
b. Vivienda.....	35
D. Infraestructura vial.....	35
a. Carretera.....	35
b. Medios de comunicación.....	35
c. Energía eléctrica.....	35
E. Aspectos económicos.....	35
a. Sector agrícola.....	35
b. Sector medio ambiental.....	37
c. Otra actividad económica.....	37
F. Zona de Vida.....	37
G. Serie de suelos.....	38
3.2.2 ALDEA GUARAQUICHE.....	38
A. Ubicación.....	38
B. Demografía.....	38
C. Aspectos sociales.....	38
a. Agua y saneamiento.....	38
b. Vivienda.....	38
D. Infraestructura vial.....	39
a. Carretera.....	39

	b. Medios de comunicación.....	39
	c. Energía eléctrica.....	39
	E. Aspectos económicos.....	39
	a. Sector agrícola.....	39
	b. Sector medio ambiental.....	40
	c. Otra actividad económica.....	40
	F. Zona de Vida.....	41
	G. Serie de suelos.....	41
4	OBJETIVOS.....	42
5	METODOLOGIA GENERAL.....	43
6	RESULTADOS.....	45
	6.1 SISTEMATIZACIÓN DE LA EXPERIENCIA EN LA IMPLEMENTACIÓN DE HUERTOS HIDROPONICOS.....	45
	6.1.1 Ubicación del huerto hidropónico.....	45
	6.1.2 Uso de recipientes o contenedores.....	46
	6.1.3 Sustratos.....	47
	6.1.4 Elaboración de semilleros.....	49
	6.1.5 Siembra y trasplante.....	51
	6.1.6 Los nutrientes o solución nutritiva.....	55
	6.1.7 Control natural de plagas y enfermedades.....	57
	6.2 COMPONENTE DE CAPACITACIÓN.....	60
	6.2.1 Capacitación de las etapas en la implementación del huerto hidropónico.....	60
	6.2.2 Capacitación a líderes en la preparación de nutrientes hidropónicos.....	61
	6.3 COSTOS DE PRODUCCIÓN Y RENTABILIDAD.....	64
	6.3.1 Costos de producción del cultivo de tomate.....	65
	6.3.2 Costos de producción del cultivo de cilantro.....	66

6.3.3	Costos de producción del cultivo de rábano.....	67
6.3.4	Costos de producción del cultivo de la cebolla.....	67
6.3.5	Costos de producción del cultivo de la lechuga.....	68
7	CONCLUSIONES.....	70
8	RECOMENDACIONES.....	72
9	BIBLIOGRAFIA.....	73
10	APENDICES.....	75

INDICE DE CUADROS

No.	Descripción	Página
1.	Comparación de las cosechas por hectárea en cultivos con y sin suelo.....	10
2.	Duración de las etapas del sistema de raíz flotante en algunos cultivos.....	12
3.	Tolerancia de algunos cultivos a las sales.....	18
4.	% de la mezcla de cascarilla de arroz + arena de río, utilizada en sustrato sólido.....	47
5.	Tiempo de germinación y transplante de especies hortícolas desarrolladas en semilleros.....	50
6.	Distancia de siembra en campo definitivo de tomate y cebolla.....	51
7.	Distancia de siembra en campo definitivo de cilantro y rábano.....	52
8.	Distribución según sexo de las familias capacitadas sobre las etapas en la implementación del huerto hidropónico de las comunidades de Matazano y Guaraquiche.....	60
9.	Productos y dosis empleados para la preparación de 10 litros de solución nutritiva “A”.....	61
10.	Productos y dosis empleados en la preparación de 4 litros de solución nutritiva “B”.....	62
11.	Costo de materiales utilizados por unidad de producción comparado con tablas de madera aserrada.....	64
12.	Costos de materiales para la implementación y operación del huerto hidropónico hasta el tercer ciclo del cultivo de tomate.....	65
13.	Costos de materiales y operación del huerto hidropónico en el cultivo de cilantro, hasta el tercer ciclo.....	66
14.	Costos de materiales, implementación y operación del cultivo de rábano hasta el cuarto ciclo.....	67
15.	Costos de materiales en la implementación y operación del cultivo de la cebolla hasta el cuarto ciclo.....	68
16.	Costos de materiales en la implementación y operación del cultivo de la lechuga hasta el sexto ciclo.....	69

INDICE DE FIGURAS

No.	Descripción	Página
1.	Lugar idóneo para la ubicación del huerto hidropónico.....	45
2.	Diversidad de contenedores empleados en los huertos hidropónicos.....	46
3.	Cascarilla de arroz empleada en sustrato sólido.....	48
4.	Cultivo de lechuga utilizando como sustrato el medio líquido.....	48
5.	Semillero de lechuga.....	50
6.	Semillero de cebolla.....	50
7.	Transplante de cebolla.....	52
8.	Cultivo de cilantro.....	52
9.	Realización de agujeros en planchas de termoport.....	53
10.	Transplante de lechugas en el sistema de raíz flotante.....	54
11.	Raíz blanquecina y bien oxigenada en el cultivo de la lechuga.....	54
12.	Huertos hidropónicos en sustrato líquido, cuyos excedentes son empleados en la alimentación de conejos.....	55
13.	Aplicación de nutrientes hidropónicos al medio líquido.....	56
14.	Proceso del molido de la semilla de Nim.....	57
15.	Colado del extracto acuoso.....	58
16.	Pesado del azufre y la cal.....	59
17.	Cocimiento de la mezcla de la cal con el azufre.....	59
18.	Gira realizada a la finca experimental del INCAP.....	61
19.	Procedimiento para preparar las soluciones nutritivas.....	63
20.	Nutrientes hidropónicos disponibles en Jocotán.....	63

EXPERIENCIAS EN LA INTRODUCCIÓN DE HUERTOS HIDROPÓNICOS, COMO UNA ALTERNATIVA DE SEGURIDAD ALIMENTARIA EN LAS COMUNIDADES DE: MATAZANO Y GUARAQUICHE, DEL MUNICIPIO DE JOCOTAN, DEL DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA”.

EXPERIENCES OBTAINED IN THE INTRODUCTION OF HYDROPONIC GARDENS, AS A FOOD SECURITY ALTERNATIVE, AT MATAZANO AND GUARAQUICHE COMMUNITIES, IN JOCOTAN DISTRICT, DEPARTMENT OF CHIQUIMULA.

RESUMEN

Las comunidades de Matazano y Guaraquiche son altamente vulnerables a la desnutrición, ya que basan su dieta diaria alimenticia en cultivos de granos básicos como maíz, sorgo y frijol, sin ningún complemento en cuanto a proteínas, carbohidratos y vitaminas, elementos esenciales en la nutrición de las personas.

A la vez, están atravesando una de las peores crisis en su historia y en el ámbito agrícola no se da la excepción como la caída de los precios del café a nivel mundial, donde era empleada mucha mano de obra, así como la baja fertilidad de los suelos, los largos periodos de sequías, suelos altamente erosionados como producto de la deforestación, en donde son sembrados cultivos limpios (maíz, frijol), escasa disponibilidad de áreas, ya que prevalece el minifundio, las deficientes técnicas de producción, entre otras, han agudizado la crisis.

Lo anteriormente expuesto, repercute en la oportunidad de producir hortalizas en el sistema convencional

La hidroponía es un método donde se pueden producir hortalizas de rápido crecimiento, ricas en elementos nutritivos, que contribuyan a mejorar la dieta alimenticia familiar, así como no es prescindible del recurso suelo como sustrato, a la vez que pueden cultivarse en forma intensiva en espacios reducidos dentro de la misma vivienda y a la vez se requiere de pequeños volúmenes de agua.

La presente investigación fue de carácter descriptivo, ya que se sistematizaron las experiencias vividas en la implementación de huertos hidropónicos en las comunidades de Matazano y Guaraquiche.

Con la presente investigación se llegaron a las conclusiones siguientes:

De acuerdo a la sistematización de las experiencias vividas en la implementación de huertos hidropónicos, en las comunidades de Matazano y Guaraquiche se cuenta con un documento base a manera de manual donde quedan recopiladas las mismas. Según las experiencias recabadas se introdujeron nuevos cultivos hortícolas como lo fueron tomate, rábano, cilantro, cebolla y lechuga con lo cual se diversificó la producción agrícola. Con esta nueva técnica de producir hortalizas se pudieron cultivar las mismas en sustratos sólidos idóneos, que son abundantes en el área ch'orti' como lo son la cascarilla de arroz y la arena. Se hicieron uso de materiales propios de la región para la construcción de contenedores como lo fueron venas de palma, varas de caulote y varillas de pino, con lo cual es factible producir hortalizas de una manera sencilla sin necesidad de incurrir en materiales de costos altos. Con esta alternativa de producción se contribuyó a conservar la salud, ya que los cultivos obtenidos son limpios y sin residuos de plaguicidas químicos.

16 familias de la comunidad de Matazano, y 38 de Guaraquiche fueron capacitadas en las etapas que conlleva la implementación del huerto hidropónico, mismas que fueron beneficiadas por el proyecto FAO-PESA con huertos hidropónicos. La adopción de esta nueva tecnología la mostraron las mujeres, ya que los huertos se ubicaron en pequeños espacios aledaños a la vivienda, por lo que hay más preferencia al cuidado y mantenimiento de las mismas hacia el huerto hidropónico, ya que se dedican a las tareas del hogar, no así por parte de los hombres que salen a sus labores agrícolas fuera del hogar. Por otra parte al producir hortalizas en el sistema hidropónico las familias cuentan con una dieta más variable en la alimentación.

Se encuentran disponibles nutrientes hidropónicos en el municipio de Jocotán, los cuales están compuestos por un kit al precio de Q 13.00, el cual está integrado por 1 litro de solución “A” y ½ litro de solución “B”. Las materias primas utilizadas en la preparación de las soluciones madres son fáciles de conseguir en nuestro medio, con las cuales ya no es una limitante para contar con las mismas en áreas donde no se encuentran a disposición.

Basados en los costos de producción, se obtuvo la rentabilidad para cada uno de los cultivos validados por las comunidades, a saber: para el cultivo de **tomate** se obtuvo una rentabilidad del 36% para el tercer

ciclo. En el cultivo de **cilantro** la rentabilidad fue del 29% hasta el tercer ciclo. Para el cultivo del **rábano** hasta el cuarto ciclo la rentabilidad fue del 23%. En el cultivo de la **cebolla** se obtuvo una rentabilidad del 21% hasta el cuarto ciclo. Para la **lechuga** al sexto ciclo se determinó una rentabilidad del 11%. Con el margen de beneficio económico, las familias lo invierten en la compra de algunas necesidades básicas como lo son azúcar, jabón, sal y alguna medicina, a la vez que se le da sostenibilidad al sistema.

Los costos de producción se determinaron sobre el 75% de la producción, ya que el restante 25% fue empleado en la alimentación de las familias.

Por lo anteriormente expuesto se tienen las recomendaciones siguientes:

Se recomienda darle seguimiento a los grupos beneficiados con huertos hidropónicos, con lo cual se fortalecerá la organización entre los mismos y que tiendan a ser como plan piloto para otras comunidades e instituciones del área ch'orti' que contemplen la propuesta y ejecución de proyectos de esta naturaleza.

Se recomienda cultivar hortalizas bajo el sistema hidropónico en aquellas comunidades del área ch'orti' donde los suelos son improductivos y en donde el agua tiende a ser una limitante, con lo cual se permite aumentar y mejorar la calidad de la alimentación. A la vez los sustratos a utilizar en las mismas son abundantes, fáciles de transportar, manejar y son económicos. Así se puede hacer uso de materiales locales de las comunidades en la construcción de contenedores o recipientes. Por otra parte al cultivar hortalizas bajo el sistema hidropónico, las mismas tienden a ser rentables, con lo cual se le da sostenibilidad al sistema y a la vez se logran cubrir algunas necesidades básicas que anteriormente no se cubrían.

1. INTRODUCCIÓN

A nivel de problemas afectados por la salud y la nutrición, Guatemala no es la excepción, y principalmente en el área ch'orti' donde se dan problemas de hambruna, ya que los habitantes afectados por la desnutrición, basan su dieta diaria en maíz y frijol, principalmente, sin ningún complemento en cuanto a proteínas, vitaminas y minerales. A la vez, se está atravesando una crisis como producto de la caída de los precios a nivel mundial del café, donde era empleada mano de obra del área; así como los largos períodos de sequías, donde las cosechas de los granos básicos se han perdido, suelos altamente erosionados como producto de la deforestación, escasa disponibilidad de agua, entre otras, han agudizado la crisis.

Lo anteriormente expuesto, repercute en la oportunidad de producir hortalizas en el sistema convencional. Sin embargo, es posible producir las mismas en sustratos idóneos con un esfuerzo mínimo, en pequeños espacios alrededor de la misma vivienda y tener una dieta más variable en la alimentación.

La hidroponía es un método donde se pueden producir hortalizas de rápido crecimiento, ricas en elementos nutritivos, que contribuyan a mejorar la dieta alimenticia familiar, así como no es prescindible del recurso suelo como sustrato, a la vez que pueden cultivarse en forma intensiva en espacios reducidos dentro de la misma vivienda y se requiere de pequeños volúmenes de agua.

La metodología empleada en la investigación fue de carácter descriptiva.

En la presente investigación quedan sistematizadas en forma de manual las experiencias vividas en la implementación de huertos hidropónicos, en las comunidades de Matazano y Guaraquiche, mismas que pueden ser replicadas en otras aldeas del área ch'orti'.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hoy en día a pesar de la riqueza de alimentos y del exceso de los mismos que poseen los países desarrollados, más de 840 millones de personas padecen de hambre en el mundo. Para el caso de Guatemala, la pobreza es acentuada y creciente afectando a más de la mitad de la población, incluyendo un 23% extremadamente pobre (viven con menos de un dólar por persona al día). Una manifestación dramática de la pobreza son los altos índices de desnutrición crónica infantil (supera el 49%). La dependencia existente entre agricultura y pobreza se manifiesta en un elevado porcentaje de población rural pobre, y a la vez de que la mayoría de los pobres van a depender de las labores agrícolas para su alimentación. La pobreza y la extrema pobreza se deben a que el Estado no se ha ocupado responsablemente, ya que se ha orientado a la inversión de megaproyectos principalmente de infraestructura.

Jocotán al igual que tres municipios más de Chiquimula (Olopa, Camotán, San Juan Ermita), figuran entre los 35 municipios más pobres de Guatemala. La situación de extrema pobreza en que viven las poblaciones especialmente del área rural se manifiesta en una permanente situación de inseguridad alimentaria nutricional.

Las comunidades de Matazano y Guaraquiche son altamente vulnerables a la desnutrición, ya que basan su dieta diaria alimenticia en cultivos de granos básicos como maíz, sorgo y frijol, sin ningún complemento en cuanto a proteínas, carbohidratos y vitaminas; elementos esenciales en la nutrición de las personas.

A la vez, están atravesando una de las peores crisis en su historia y en el ámbito agrícola no se da la excepción; como la caída de los precios del café a nivel mundial, donde era empleada mucha mano de obra, así como la baja fertilidad de los suelos, los largos periodos de sequías, suelos altamente erosionados como producto de la deforestación, en donde son sembrados cultivos limpios (maíz, frijol), escasa disponibilidad de áreas, ya que prevalece el minifundio, las deficientes técnicas de producción, entre otras, han agudizado la crisis.

Lo anteriormente expuesto, repercute en la oportunidad de producir hortalizas en el sistema convencional. Sin embargo, es posible producir las mismas en sustratos idóneos con un esfuerzo mínimo en pequeños espacios alrededor de la misma vivienda, y tener una dieta más variable en la alimentación.

La hidroponía puede ser una buena manera de obtener hortalizas, la cual es una alternativa de proveer alimentos a la población rural.

3. MARCO TEORICO

3.1 MARCO CONCEPTUAL

3.1.1 HISTORIA DE LA HIDROPONIA

La hidroponía es catalogada como una ciencia que estudia los cultivos, donde no es utilizado como medio de cultivo el suelo. Cuando se empieza a divulgar de hidroponía se piensa luego en asociarla con Japón, ya que posee una alta tecnología, pero no necesariamente es del todo cierto.

Según Godoy, 2001 (14) los pioneros de la hidroponía, trataban de identificar aquellos elementos que el suelo pudiera proveer a las plantas, para lograrlo sumergían las plantas en bañeras, con lo cual disolvían de esta forma los elementos químicos artificiales.

En el año 1600 se divulgó la primera nota científica escrita, próxima al descubrimiento de los constituyentes de las plantas por el belga Jan Van Helmont, donde mostró que las plantas obtienen sustancias a partir del agua, como describen Howard & Resh, 1982 (15).

Amador, 2000 (1) dice que la hidroponía no es una técnica moderna, sino más bien una técnica ancestral; en la época antigua hubo cultura y civilizaciones que la emplearon como una forma de subsistencia. Se puede poner como ejemplo, que es poco conocido que los aztecas edificaron una ciudad en el lago de Texcoco y cultivaban el maíz sobre barcazas con un entramado de pajas, y de ahí se abastecían. Existen muchos ejemplos como éste; en Babilonia los Jardines Colgantes fueron hidropónicos, ya que los mismos se alimentaban de agua que fluía por canales. Dicha técnica existía en la antigua India, China, Egipto, así como era utilizada por la gran cultura Maya, en la actualidad se tiene como referencia a una tribu asentada en el lago Titicaca y es empleada comercialmente, utilizándola por países donde los recursos tanto suelo y agua tienden a ser una limitante. Por ejemplo, se sabe que durante la segunda guerra mundial, los ejércitos de los Estados Unidos se abastecían con cultivos hidropónicos, ya que era dificultoso la posibilidad de producir y abastecer a las mismas de productos frescos, con lo cual se marcó un gran avance hoy en día al sistema y entonces los japoneses, por limitaciones de espacio y de agua, desarrollaron la tecnología norteamericana a unos niveles altos.

Por otra parte para alimentar a los astronautas la NASA ha recurrido a los sistemas hidropónicos desde hace aproximadamente 30 años, expone Amador, 2000 (1).

Hoy en día resulta más preciso el cultivar bajo este sistema hidropónico en sustratos inertes, con lo cual se facilite el absorber de una mejor manera los nutrientes diluidos en el agua, que contiene todos aquellos elementos indispensables para el normal desarrollo y crecimiento de las plantas. Dentro de los materiales empleados se pueden mencionar: arena de río, cascarilla de arroz, aserrín y algunos mas.

Según Godoy, 2001 (14) en lo que respecta a la América Latina, la Hidroponía ha sido orientada para ayudar a solucionar los problemas de disponibilidad y a la vez de acceso de alimentos frescos y sanos, para ello va enfocada a la Hidroponía Popular con lo cual se realizan adaptaciones tecnológicas que puedan permitir el empleo de materiales locales o de aquellos que se puedan reciclar. En algunos países como Chile, Costa Rica, Colombia, Nicaragua y El Salvador, se han ejecutado proyectos de esta naturaleza con lo cual se ha contribuido a una mejora en la calidad de vida de las personas, siendo en su mayoría mujeres de aquellas comunidades beneficiadas, ya que por medio de las micro-empresas hidropónicas son auto-sostenibles, y sus productos obtenidos son de mejor calidad que aquellos cultivados en el sistema convencional.

En Guatemala se han tenido buenas experiencias trabajando con niños, personas de la tercera edad y mujeres tanto en el área urbana como en el área rural. Los resultados obtenidos de estas experiencias, han demostrado que al utilizar la técnica para la Hidroponía Popular, la misma puede ser implementada como un proyecto productivo en aquellas zonas donde tanto los recursos suelo como agua tienden a ser una limitante de acuerdo a Godoy, 2001 (14).

3.1.2 DEFINICION DE LA HIDROPONÍA

Para Godoy, 2001 (14) el término Hidroponía deriva de los vocablos del Griego Hydros, que significa Agua y del Latín Ponos, plantar, cultivar.

A continuación se describen algunas definiciones de lo que se entiende por hidroponía de acuerdo a varios autores.

Amador, 2000 (1) define la hidroponía como un sistema de producción en donde las raíces de la plantas se riegan con una mezcla de elementos nutritivos indispensables, que se encuentran disueltos en agua y que en lugar de suelo, se emplea como sustrato un material inerte ó simplemente la misma solución.

Según Malca, 2001 (17) la hidroponía es traducido literalmente como trabajo del agua y se dice que es una técnica de producción de cultivos sin suelo. El suelo es reemplazado por el agua con los nutrientes minerales esenciales disueltos en ella o por materiales inertes como arena, cascarilla de arroz, grava, etc. La producción sin suelo permite obtener hortalizas de excelente calidad y asegurar un uso más eficiente del agua y fertilizantes. Los rendimientos por unidad de área son altos, por la mayor densidad y elevada producción por planta, lográndose mayores cosechas por año.

Sánchez & Ortega, 1980 (24) consideran la hidroponía hoy en día como una rama establecida de la Agronomía, que bajo ciertas circunstancias y para algunos cultivos presenta muchas ventajas tanto técnicas, como económicas con aquellos normales en suelo. Por otra parte la hidroponía ha demostrado en otros países su rentabilidad para producir alimentos frescos, flores, semillas, aceites esenciales, etc.

Por otra parte no se pretende indicar que la hidroponía tienda a sustituir la agricultura normal en suelo, sino que a la vez la complementa donde ésta es difícil o imposible.

De acuerdo a Colegio, 1998 (7) algunos términos son empleados como sinónimos de la hidroponía a saber: quimiocultura, cultivos artificiales, nutri cultura, cultivos sin suelo, cultivos sin tierra, agricultura sin suelo. Por lo general, en la actualidad en muchos países se emplea el término de hidroponía.

3.1.3 BONDADES E INCONVENIENTES DE LOS CULTIVOS HIDROPONICOS

Al cultivar hortalizas bajo condiciones hidropónicas, las mismas presentan bondades comparándolas con aquellas si se cultivasen bajo el sistema convencional a saber:

- A. Se da un ahorro en el consumo del factor agua, ya que se está reciclando la misma y a la vez se riega por métodos o formas se subirrigación en recipientes o contenedores impermeables, por lo que la recuperación de la inversión se realiza en un lapso de tiempo relativamente corto, a la vez los costos de producción se reducen considerablemente, ya que se incurren en menos gastos de insumos, se

- ahorra tiempo y dinero en la limpia de malezas y también en materiales mismos que pueden ser reciclables.
- B Se obtiene una mayor densidad de plantas por unidad de área, ya que por metro cuadrado se pueden obtener 31 lechugas, lo que trae consigo unos altos rendimientos por área producida. por la razón que los nutrientes no tienden a ser una limitante, ya que se corrige rápidamente y de una manera fácil una deficiencia nutricional, a la vez que se tiene un mejor control del pH, que es uno de los factores que repercute en la asimilación de los nutrientes y por ende en el desarrollo de las plantas.
- C Los cultivos hidropónicos promueven un balance tanto de agua así como de aire y a la vez de nutrientes, ya que al emplear un sistema de cultivo utilizando como sustrato el suelo, se tiende a que las raíces se abastezcan de una forma, por decirlo difícil, tanto de aire, agua y nutrientes en cantidades suficientes que así lo requieran. En hidroponía, debido a las características del sustrato, es factible conservar la humedad.
- D En hidroponía, los cultivos no quedan expuestos a la intemperie donde las condiciones climáticas adversas como heladas, lluvias irregulares, vientos fuertes, altas y bajas temperaturas y sequías tendrían a dañarlos, ya que están protegidos con nylon utilizado en invernaderos. Podríamos decir que se estará sacando al mercado un producto de muy buena calidad.
- E Se obtiene una homogeneidad en las plantaciones y por ende en la producción de los cultivos, ya que las plantaciones tienden a florecer y madurar al mismo tiempo. A la vez se tiende a emplear una menor cantidad de mano de obra y pueden emplearse a personas con limitaciones físicas ya que las labores para estos cultivos no requieren un esfuerzo grande.
- F Los cultivos bajo este sistema están libres de microorganismos fitopatógenos, enfocados a hongos del suelo, ya que se siembran en sustratos limpios y libres de contaminación, por lo que se desechan productos químicos que son perjudiciales a la salud del consumidor.
- G Se reducen los costos en energía utilizados en las labores contempladas en la preparación del terreno para el establecimiento de la plantación, menciona Estrada, 2003 (13).

- H Bajo condiciones hidropónicas se provee a las plantas de un excelente drenaje, ya que al utilizar materiales como la cascarilla de arroz, la arena, el aserrín, etc, los mismos por lo general no se desintegran y tienden a ser porosos proporcionando una excelente aireación a las raíces.
- I Cuando se presenta un exceso o una deficiencia de un nutriente, el mismo se puede corregir de una manera rápida y fácil realizando un análisis químico de plantas, luego se corrige la concentración del ión en la solución, ya sea que se encuentre en exceso o de una manera deficiente.
- J Se puede cultivar la misma especie de planta sucesivamente, ya que los agregados empleados en hidroponía, son fácilmente de esterilizar como por ejemplo el hipoclorito y a la vez al ser materiales inertes no hay presencia de materia orgánica en el mismo, misma que es requerida por organismos causantes de varias enfermedades como el mal del talluelo.
- K En hidroponía se provee de buenas condiciones para la ejecución de semilleros, ya que aquellas especies que requieren esta etapa, la semilla tiende a germinar en un alto porcentaje y a la vez sus raíces crecen sin ningún inconveniente por la textura del sustrato que es arenoso.
- L Se provee de una mayor limpieza e higiene en los cultivos, ya que se elimina el riesgo de contraer enfermedades como la cólera, misma que tiene su origen en el consumo de vegetales que son irrigados por aguas contaminadas.
- M Existe la posibilidad de enriquecer los productos alimenticios con minerales o vitaminas a la solución nutritiva, ya que no afecta la reacción de los demás elementos diluidos en la misma. Estos productos alimenticios pueden ser empleados en la dieta diaria alimenticia, sobre todo en aquellos niños o niñas que presentan altos índices de desnutrición.
- N Se pueden utilizar materiales de desecho o locales para la construcción de los contenedores o unidades demostrativas y a la vez sustratos abundantes y de bajo costo, como la cascarilla de arroz, la cual tiene una vida útil de dos años.
- O No se incurre en gasto de maquinaria agrícola, ya que no se requiere el empleo de tractor, arado u otros implementos de mecanización agrícola.

P Marulanda, 1992 (18) expone que los costos en la inversión inicial tienden a recuperarse en un tiempo relativamente corto. Al establecer especies hortícolas de ciclo corto, las mismas tienden a ser aún más precoces, lográndose obtener varias cosechas al año, por ejemplo en el caso de la lechuga, en el sistema de raíz flotante, se cosechan a los 30 días de haberla transplantado.

Q Según Howard & Resh, 1982 (15) bajo condiciones adecuadas de iluminación, se puede conseguir un adelanto en la maduración, que se muestra con mayor eficacia en los cultivos hidropónicos.

R Se tiende a conservar el medio o sustrato de cultivo, ya que no es preciso cambiar el medio en los cultivos en arena, agua, o grava.

Al cultivar hortalizas bajo un sistema hidropónico, no del todo se van a presentar bondades, sino que también inconvenientes a saber:

A Cuando se piensa el cultivar hortalizas bajo el sistema hidropónico a gran escala y con fines comerciales, los costos que se incurren al inicio son altos.

B Se debe de conocer la especie que se desee cultivar, ya sea en sustrato sólido o sustrato líquido, por ejemplo en el sistema de raíz flotante se pueden cultivar: lechugas, albahacas, apios, acelgas y berros.

C Las soluciones nutritivas hidropónicas únicamente se pueden conseguir en el Instituto De Nutrición Para Centro América y Panamá (INCAP), pero las materias primas empleadas en la preparación de las mismas son factibles de conseguir en nuestro medio.

D Existen enfermedades, como Fusarium y Verticillium, las cuales pueden extenderse rápidamente a través de este sistema, sin embargo mediante el uso de muchas variedades resistentes, se puede solucionar el problema a las enfermedades ya indicadas, mencionan Howard & Resh, 1982 (15).

En los cultivos hidropónicos al tener altas densidades de plantas por unidad de área, las mismas son plantadas más cerca (entre un 10% y 30%) que aquellas establecidas utilizando como sustrato el suelo. Por una parte los nutrientes no tienden a ser limitante y por otra no existen malezas que puedan competir con los cultivos. En estos cultivos el factor que tiende a ser una limitante es la luz, de ahí la importancia de ubicar las plantaciones en lugares donde exista una buena iluminación. Según lo expuesto anteriormente, es lógico pensar que se obtienen mayores rendimientos por unidad de área.

En el cuadro 1 se hace una comparación en las cantidades cosechadas por hectárea de algunos cultivos, empleando suelo como sustrato y sin el mismo.

Cuadro 1. Comparación de las cosechas por hectárea en cultivos con y sin suelo

Cosecha	Con Suelo	Sin suelo
Soja	673 Kg.	1,681 Kg.
Judías	12,355 Kg.	51,892 Kg.
Guisantes	2,471 Kg.	22,239 Kg.
Trigo	673 Kg.	4,595 Kg.
Arroz	1,121 Kg.	5,604 Kg.
Avena	1,121 Kg.	2,802 Kg.
Remolacha	9,884 Kg.	29,653 Kg.
Patatas	19,768 Kg.	172,974 Kg.
Coles	14,571 Kg.	20,175 Kg.
Lechuga	10,088 Kg.	23,538 Kg.
Tomate	12,355-24,710 Kg.	148,263-741,316 Kg.
Pepinos	7,846 Kg.	31,384 Kg.

Fuente: Howard & Resh. 1982 (15)

3.1.4 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN HIDROPÓNICOS.

Al hablar de sustrato, se entiende que son aquellas materiales sobre los cuales les dan sostén y se desarrollan las raíces de las plantas; los mismos pueden ser tanto sólidos como líquidos.

Por lo general, los sistemas de producción de cultivos hidropónicos, se pueden dividir en dos grupos, esto va a depender del tipo de sustrato que se emplee a saber:

A Sistemas hidropónicos con sustrato líquido.

B Sistemas hidropónicos con sustrato sólido.

Cada uno de estos dos tipos de sistemas hidropónicos, poseen una serie de variantes, que van a depender básicamente de la manera en que se dispone el sustrato y el recipiente o contenedor utilizado

para ello. Por ejemplo en los sistemas hidropónicos en el cual se emplea como sustrato el agua, podemos encontrar el sistema de raíz flotante y el sistema recirculante o NFT; para los sistemas hidropónicos que emplean sustrato sólido, se cuenta con el sistema de canales, sistema de cajuela y el sistema de mangas colgantes, de acuerdo a Castañeda; V. G. 1997 (6).

3.1.5 SISTEMA HIDROPÓNICO DE RAÍZ FLOTANTE

Según Chang; H. R. 2000 (10) de todos los métodos de cultivo donde no se emplea suelo, el cultivo en agua, por definición, es el auténtico cultivo hidropónico. El sistema de raíz flotante fue uno de los primeros sistemas hidropónicos que se utilizó tanto a nivel experimental como a nivel de producción comercial, el cual maximiza la utilización del área de cultivo.

No todas las especies de hortalizas se adaptan a este sistema, únicamente aquellas en las cuales se aprovechan sus hojas como lo son: lechuga, albahaca, apio, endibia etc. Principalmente, porque estos cultivos tienen la capacidad de adaptar sus raíces, absorbiendo eficientemente el oxígeno disuelto en la solución nutritiva, como menciona Barrios, 2004 (3).

El cultivo en agua y para este caso el de raíz flotante, las raíces de las plantas se colocan hasta el cuello de las mismas, se introducen en cubos de esponjas de 3 x 3 centímetros y de un grosor de 1” cortadas por la mitad y estos cubos se introducen en agujeros realizados a planchas de termoport de 1”, donde flotan en el medio líquido con sus soluciones madres, quedando las raíces de las plantas sumergidas en el mismo (11).

Según Bautista, 2000 (4) dentro de los principales problemas a nivel técnico de los cultivos en solución están relacionados con características nutricionales, ya que se puede emplear con éxito una gran cantidad de soluciones nutritivas. Se debe recalcar que se trata de un sistema esencialmente carente de capacidad de amortiguamiento y entonces se requerirá de un control, muy preciso de la solución nutritiva, sobre todo en lo concerniente a niveles de pH, hierro y fosfatos.

Cuando el pH de la solución nutritiva tiende a variar, ya sea a ácido o alcalino, las plantas al cultivarlas bajo el sistema de raíz flotante, las mismas son más susceptibles que aquellas plantadas en

sustrato sólido. Por otra parte se tiene la experiencia que los cultivos establecidos bajo este sistema son un éxito en aquellas zonas bajo condiciones cálidas-secas y con varios días soleados.

El sistema de raíz flotante ha sido probado en diferentes lugares con fines comerciales y su funcionamiento básico sigue vigente hasta la actualidad. A nivel comercial, se realizaron una serie de mejoras fundamentales, relacionadas principalmente al factor limitante que es la oxigenación.

Cabe destacar que esta técnica logra optimizar el desarrollo y crecimiento del cultivo, con lo cual se logra reducir su periodo vegetativo con bajo consumo de agua. Por otra parte se obtienen plantas saludables y libres de enfermedades lo que contribuye a mejorar la salud de los consumidores. Asimismo, se pueden aprovechar áreas pequeñas dentro de la misma vivienda.

A. Etapas del sistema de raíz flotante

El sistema de raíz flotante consta de dos etapas las cuales son la elaboración de semillero y transplante definitivo a las unidades de producción.

En el cuadro 2, se presenta el tiempo de duración de cada una de las etapas del sistema hidropónico de raíz flotante para algunos cultivos.

Cuadro 2. Duración de las etapas del sistema de raíz flotante en algunos cultivos.

CULTIVO	SEMILLERO	TRANSPLANTE DEFINITIVO
Lechuga	2-3 semanas	4 semanas
Albahaca	2 semanas	4 semanas
Apio	2-3 semanas	8 semanas

Fuente: Chang ; H. R. 2000 (10)

a. Semillero

El semillero no es otra cosa que un pequeño espacio al que se le proporcionan las condiciones óptimas, tanto de humedad como temperatura, que garanticen la germinación o nacimiento de las semillas y un crecimiento vigoroso inicial de las plántulas. Se debe de proveer un cuidado especial al momento de la siembra para que no existan problemas en el desarrollo de las mismas.

En la elaboración de semilleros se deben de emplear sustratos preparados con arena fina + cascarilla de arroz a una relación 1:1; el sustrato no debe poseer partículas muy grandes ni pesadas, ya que las mismas no permitirán la emergencia de las plantitas recién germinadas. Las condiciones de humedad deben de ser controladas, ya que las semillas y las plantas recién germinadas no se desarrollarían sino tienen la cantidad de agua suficiente. El sustrato usado para hacer los semilleros debe ser muy suave, limpio y homogéneo. El sustrato se debe nivelar muy bien para que al trazar los surcos y colocar las semillas no queden unas mas profundas que otras; esto repercutiría en la uniformidad de la germinación y del desarrollo inicial. Un aspecto muy importante, es que no se deben hacer semilleros en tierra para luego transplantarlos a sistemas hidropónicos con sustratos sólidos o líquidos, pero si se pueden realizar semilleros en sustratos hidropónicos, para luego ser transplantados al suelo.

En el semillero se trazan las líneas o surcos con una regla a una distancia de 5 cm entre cada uno y a una profundidad de 0.5 cm, se colocan las semillas una por una dentro del surco o hilera a 1 cm entre ellas. Seguidamente de sembradas las semillas se presiona suavemente el sustrato para liberar el exceso de aire que pueda haber quedado alrededor de la semilla y aumentar el contacto de la misma con el sustrato. Después se riega nuevamente y se cubre el semillero con materiales locales disponibles como pueden ser ramas de ciprés, pasto jaragua o chispa, en épocas normales y con el material local disponible + plástico negro en aquellas épocas donde la temperatura del ambiente son muy bajas; esto se hace para acelerar el proceso de germinación.

Durante los primeros días después de la siembra, el semillero se riega una a dos veces por día, ya que va a depender de las condiciones climáticas del lugar, con lo cual se mantendrá húmedo el sustrato, hasta la germinación de la semilla. El mismo día en que ocurre la emergencia de las plantitas se descubre el germinador y se deja expuesto a la luz, debiéndose proteger de los excesos de sol o del frío con una sencilla cobertura en las horas de mayor riesgo de deshidratación o de heladas. Si no se procede a destapar la cubierta, el día que emergen las primeras hojas, las plantitas se estirarán buscando la luz y ya no servirán para ser transplantadas. Estas plantas con tallos con apariencia de hilos blancos, nunca serán vigorosas, ni darán lugar a buenas plantas adultas.

A partir de la germinación debe regarse diariamente, utilizando además la solución nutritiva. Por lo general dos veces por semana se escarda, con el objetivo de romper la costra superficial que se forma en el sustrato por efecto de los riegos continuos con su solución nutritiva y a la vez se aporca para acercar la tierra a la base de las plántulas, con lo cual se mejorará el anclaje y desarrollo de sus raíces.

Al tener en cuenta estos cuidados, se van a prevenir y controlar las plagas que pudieran presentarse hasta que las plantas lleguen al estado ideal de ser transplantadas en los contenedores definitivos.

Por lo general, unos tres o cinco días antes de transplantar las plántulas a nuestros recipientes o unidades de producción, se disminuye la cantidad de agua aplicada durante los riegos y se le da mayor exposición a la luz. Esta etapa permite dar las condiciones para que se consoliden mejor sus tejidos y se preparen las plántulas para las condiciones, ya sea en el sistema de raíz flotante o sustrato sólido que afrontarán cuando hayan sido transplantadas. Para lograr con éxito este paso, es muy importante no suspender el suministro de nutrientes, ni las escardas, solamente se disminuye la cantidad de agua y se expone al sol.

b. Transplante definitivo

Chang; H. R. 2000 (10) indican que dicha etapa se inicia cuando se transplantan las plántulas del semillero a contenedores más grandes, generalmente de 1.10 m x 1.10 m x 0.15 m y se emplean planchas de termopor de 1” o 1 ½” con orificios realizados con un tubo caliente de 1” y la distancia entre estos es de 17 a 20 cm para los cultivos de lechuga y apio; para un área de un metro cuadrado se pueden colocar entre 25 a 31 lechugas o apios. Las plántulas se introducen en los orificios realizados, sosteniéndolas con cubos de esponja de 1” de grosor y cortados a la mitad. Los transplantes se realizan en horas de la tarde.

c. Cosecha

Se recomienda realizar la recolección de las plantas, en el caso de lechugas muy temprano en las mañanas o en las tardes, retirándole las hojas basales secas y dañadas, teniendo el cuidado de no dañar las planchas de termoport, ya que si se manejan adecuadamente, la vida útil de las mismas se prolongarán.

d. Comercialización

Según mencionan Chang; H. R. 2000 (10) los cultivos trabajados bajo este sistema se pueden comercializar como plantas vivas, es decir, colocando las plantas con sus raíces en recipientes que contengan agua. Asimismo, las plantas se pueden embalar individualmente (lechuga y apio) o atados (albahaca) en bolsas plásticas. Las plantas comercializadas con sus raíces, tienden a aumentar su duración en el mercado respecto a aquellas que no llevan raíces, sobre todo si no son mantenidas en cámaras de conservación.

B. La solución nutritiva

De acuerdo a Barrera, 2004 (2) la solución nutritiva es el conjunto de macro y micro nutrientes requeridos por las plantas que se encuentran disueltos en agua.

En un sistema hidropónico, con excepción del carbono, oxígeno e hidrógeno, todos los elementos esenciales son suministrados por medio de la solución nutritiva y en forma asimilable por las raíces de las plantas, por lo tanto se considera que debe ser un requisito fundamental la solubilidad de los iones esenciales en el agua (Sánchez & Escalante, 1988 (23)). El nitrógeno, el potasio, el fósforo, el calcio, el azufre y el magnesio, denominados macro nutrientes, se agregan al agua a partir casi siempre de fertilizantes comerciales. Los micro nutrientes por lo general se encuentran incluidos como impurezas en el agua y en los fertilizantes que proporcionan los macro elementos y a excepción del hierro (que debe añadirse regularmente en la solución), solo se añade cuando existe necesidad (21).

Bautista, 2000 (4) dice que no existe una solución teórica ideal para un determinado cultivo, ya que la concentración ideal de elementos nutritivos para una especie vegetal en particular, estará dada por la parte de la planta que se va a cosechar, la calidad del agua, el estado de desarrollo de la planta, el clima y la estación del año.

Según indica Malca, 2001 (17) cuando se prepara la solución nutritiva es preferible utilizar fertilizantes denominados de calidad o grado de invernadero. Una calidad pobre del fertilizante contendrá siempre gran cantidad de impurezas (arcilla, arena y partículas de limo), las cuales pueden formar una capa sobre la zona radicular; dicha capa no solamente puede impedir alcanzar esta zona a algunos

nutrientes, sino que también obstruirá o taponará las líneas de alimentación de agua en sistemas hidropónicos automatizados.

La solución puede renovarse periódicamente o bien reutilizarse por un tiempo indefinido.

a. Preparación de la solución nutritiva

Por lo regular se propone en forma general para todos los casos la preparación de dos soluciones madres, la solución A, en la cual se incluyen todos los macro nutrientes y la solución B, en la cual se incluyen los micro nutrientes. Estas soluciones madres fueron creadas por la Organización Mundial de la Alimentación y se encuentran a disposición en el Instituto de Nutrición para Centro América y Panamá (INCAP). Los agricultores que se dedican a los cultivos hidropónicos, únicamente necesitan mezclar ambas soluciones en agua, según lo que recomiende las etiquetas de los envases. Sin embargo, las materias primas que se emplean en la preparación de ambas soluciones son factibles de conseguir en nuestro medio.

b. Calidad del agua para la solución nutritiva

Es de suma importancia el conocer la composición química del agua para decidir si es factible su uso para producir cultivos hidropónicos. Hoy en día existen laboratorios donde se pueden enviar muestras de agua donde le realicen un análisis químico.

En la preparación de la solución nutritiva se debe tener presente la concentración de macro y micro nutrientes en el agua. Por lo general el agua contiene elementos como magnesio, azufre, calcio y boro, de ahí que se deben de tomar en cuenta al momento de formular la solución nutritiva indican Rodríguez; H. C. 2001 (22).

En algunas fuentes de agua se presentan contenidos de sodio y cloruros, en altas concentraciones, con lo cual aumenta la salinidad de la solución nutritiva y puede ocasionar toxicidad a las plantas. Por lo expuesto anteriormente, no es aconsejable emplear fertilizantes con contenidos de sodio y cloruros como materias primas en la preparación de la solución nutritiva.

En conclusión, el agua utilizada en hidroponía debe de ser potable de buena calidad y con bajos contenidos de cloro y sodio. Mediante el agua, se proporciona a las plantas la solución nutritiva.

c. Duración y cambio de la solución nutritiva

De acuerdo a Chang; H. R. 2000 (10) la duración y el cambio de la solución nutritiva dependen principalmente del contenido de iones que no son utilizados por las plantas. La medida semanal de la conductividad eléctrica indicará el nivel de concentración de la solución (si es alto o bajo). La vida media de una solución nutritiva que haya sido ajustada por medio de análisis semanales suele ser de dos meses. Cuando no se llevan a cabo dichos análisis, se recomienda un cambio total de la solución nutritiva a las 4 o 6 semanas.

Chang; H. R. 2000 (10) indican que cuando se cultivan lechugas, la etapa definitiva dura 4 semanas y no se cambia la solución nutritiva durante este tiempo. En el cultivo de apio, se recomienda renovar totalmente la solución nutritiva a las 4 semanas, porque en este período, prácticamente ha absorbido todos los nutrientes, lo cual se ha observado en un control continuo de la conductividad eléctrica

d. Conductividad eléctrica (CE)

Es de suma importancia conocer la conductividad eléctrica, ya que la misma nos indica la concentración de sales que contiene una solución de agua y esto impide el flujo de agua hacia las raíces, a la vez disminuye la absorción de agua, fertilizantes, etc. Por ejemplo al aumentar la CE, la planta deja de crecer o se aletarga y por el contrario si la CE, baja la planta muestra deficiencias.

Para Chang; H. R. 2000 (10) la CE se expresa en miliSemens (mS/cm) o en deciSemens (dS/cm). El rango óptimo de conductividad eléctrica para un adecuado crecimiento del cultivo se establece entre 1.5 a 2.5 mS/cm. Por lo general, se recomienda realizar dicha evaluación por lo menos una vez por semana.

Cuando la solución nutritiva sobrepasa el límite del rango óptimo de conductividad eléctrica, se procede a agregar agua o en caso contrario si se encuentra por debajo del rango óptimo, deberá renovarse totalmente. Para realizar la medición de este parámetro, se recurre a un medidor portátil denominado conductímetro, mismo que debe calibrarse según las indicaciones de su proveedor, para evitar errores en el manejo de la solución, exponen Chang; H. R. 2000 (10).

Rodríguez; H. C. 2001 (22) dicen que por cada grado centígrado de aumento, la CE de una solución nutritiva aumenta alrededor de 2%. Por dicha razón, en la actualidad se emplean conductivímetros con compensación automática de temperatura. Una solución nutritiva, es una mezcla de diversas sales donde cada sal contribuye al valor de CE de la solución. Por ejemplo el nitrato de potasio aumenta más el valor de CE de una solución que el nitrato de calcio o sulfato de magnesio.

Rodríguez; H. C. 2001 (22) mencionan que en la preparación de las soluciones nutritivas se pueden emplear aguas no salinas o también de baja salinidad, aunque se pueden utilizar aguas ligeramente salinas.

De acuerdo a Rodríguez; H. C. 2001 (22) se pueden utilizar aguas salinas bajo ciertas restricciones, únicamente se debe destinar aquellos cultivos que sean tolerantes a sales. Cuando se incorporan fertilizantes a las soluciones concentradas para la preparación de la solución nutritiva, la CE de la solución, no debería exceder de 2.0 mS/cm de lo contrario el crecimiento de las plantas podría verse afectado, principalmente en cultivos que son susceptibles a las sales.

En el cuadro 3 se presenta un listado de algunas especies hortícolas y su tolerancia a las sales.

Cuadro 3. Tolerancia de algunos cultivos a las sales.

Tolerantes	Semitolerantes		Sensibles
Pepinillo	Rábano	Cebolla	Lechuga
Melón	Acelga	Papa	Fresa
Sandía	Brócoli	Coliflor	Berro
Espárrago	Betarraga	Pimiento	
Espinaca	Albahaca	Apio	
Tomate	Zanahoria		

Fuente: Rodríguez; H. C. 2001 (22)

e. pH de la solución nutritiva

El pH es una característica química que influye grandemente en el normal desarrollo de las plantas, sobre todo bajo el sistema de raíz flotante. Por lo general, la mayoría de plantas crecen y se desarrollan bien con una solución nutritiva que posea un pH que esté comprendido entre un rango de 5.0 a 6.5.

El pH no es más que el grado de acidez o alcalinidad de una solución y la escala está dada de 1 a 14, donde abajo de 7 tiende a acidificar la solución con cierto grado y arriba del mismo número, la solución presenta cierto grado de alcalinidad.

Cuando se desea medir el pH de agua o de la solución nutritiva, se puede emplear papel indicador o utilizar el método de electromagnética, donde se utiliza aparatos especiales con electrodos. Por lo general, en hidroponía se utiliza el papel indicador, por ser más sencillo y barato.

De acuerdo a Chang; H. R. 2000 (10) para disminuir el pH, se puede utilizar un ácido como el ácido sulfúrico, ácido nítrico o ácido fosfórico y para aumentarlo se emplea una base o álcali, ya sea hidróxido de sodio (con excepción para aquellas aguas que presenten índices de sodio) o hidróxido de potasio. Al utilizar los ácidos o bases deben de estar diluidos (as) a concentraciones de 1N.

Rodríguez; H. C. 2001 (22) exponen que a medida que cambia el balance de nutrientes, así también ocurren cambios en el pH de la solución, esto se debe a que algunos elementos minerales son mejor absorbidos por las plantas a diferentes rangos de pH. Cuando se cultivan lechugas en el sistema de raíz flotante, al principio el pH de la solución nutritiva tiende a elevarse (mayor de 7), pero cuando las plantas empiezan a adaptarse y a absorber mayores cantidades de nutrientes, el mismo tiende a bajar entre 5.0-6.5. Claro está que cuando las plantas han empezado su fase de crecimiento acelerado, los nutrientes absorbidos por las raíces van a ser responsables de mantener ligeramente ácida la solución nutritiva. Por otra parte, cuando las plantas remueven iones positivos (Cationes, K, Ca), los mismos son reemplazados con iones H, que son los encargados de disminuir el pH de la solución.

f. Oxigenación de la solución nutritiva

Cuando no se da una buena oxigenación, se produce la fermentación de la solución y como resultado la pudrición de la raíz, originada por la aparición de microorganismos. Una raíz sana y bien oxigenada debe ser blanquecina, de lo contrario ésta se torna oscura, debido a muerte del tejido radicular. La oxigenación puede ser manual (agitando la solución manualmente por algunos segundos, por lo menos dos veces al día. Cuando las temperaturas son altas, se requiere mayor oxigenación); o mecánica, mediante una compresora, inyectando aire durante todo el día, exponen Chang; H. R. 2000 (10).

Dependiendo de la coloración de la raíz o por la presencia de algas, el agua se cambia totalmente cada tres semanas. La aireación se realiza por lo menos dos veces al día, preferiblemente por la mañana y en la tarde. El nivel o contenido de agua se debe revisar todos los días en cada bancal y al disminuir 3 cm de los 10 cm recomendados de profundidad, debe completarse nuevamente con solución.

3.1.6 SISTEMA DE SUSTRATO SÓLIDO

Cuando cultivamos hortalizas, utilizando como sustrato materiales sólidos, éste es eficiente para cultivar más de 30 especies hortícolas, así como otras plantas de porte bajo y rápido crecimiento. Este sistema tiene muy buena aceptación para la mayoría de personas que hoy en día trabajan en cultivos hidropónicos; pues es el menos exigente en cuidados que el sistema de raíz flotante y permite sembrar mayor diversidad de hortalizas.

Cuando se trabaja en sustrato sólido, el mismo se divide en agregado, cultivo en grava y técnicas misceláneas dice Barrios, 2004 (3).

Según Bautista, 2000 (4) para el cultivo en agregado, éste comprende a todos aquellos métodos que utilizan como sustrato la arena o agregados que posean propiedades semejantes como perlita, vemiculita, aserrín y otros. Podemos describir al cultivo en grava como aquel sistema hidropónico que comprende los métodos en que las plantas crecen en sustrato, generalmente no absorbente y cuyas partículas quedan comprendidas entre los 2 mm y los 2 cm de diámetro.

A. Sustrato sólido

Se puede argumentar que los sustratos sólidos son todos aquellos materiales en donde se desarrollan las raíces de las plantas y le sirven para su sostén. Al utilizar sustratos sólidos combinados, resulta mejor que emplearlos individualmente, ya que se aprovechan las características como producto de la mezcla de cada uno de ellos.

a. Características de un buen sustrato

- i** El tamaño de las partículas que presenten posean un tamaño no inferior a 0.2 mm y no superiores a 7 mm.

- ii Deben de ser inertes física, química y biológicamente.
- iii Estos sustratos deben de retener una buena cantidad de humedad y también que provean la salida de los excesos de agua, que es utilizada principalmente en los riegos.
- iv No deben de retener humedad en su superficie.
- v Que no se descompongan o pudran con facilidad.
- vi De preferencia que tengan coloraciones oscuras.
- vii Que no contengan elementos nutritivos, ni mucho menos tóxicos
- viii Que se encuentren libres de microorganismos que pueden ser perjudiciales tanto a la salud de los seres humanos como de las plantas.
- ix Que no estén contaminados, ya sea con residuos industriales o humanos.
- x Que sean abundantes y fáciles de conseguir, transportar y manejar.
- xi Que sean económicos.

b. Sustratos adecuados para el cultivo hidropónico

Aquellos materiales que han sido evaluados y que cumplen con la mayoría de estos requisitos son los siguientes:

i. Cascarilla de arroz

El uso de la cascarilla de arroz, cuando es utilizada se debe de dejar en remojo por lo menos 8 días; luego se bota el agua y se le agrega más hasta que salga limpia. Se debe de realizar este proceso antes de sembrar o transplantar.

ii. Aserrín de maderas no latifoliadas ni pino

Cuando se emplea aserrín, éste debe de poseer un 20%, como máximo, de la mezcla del sustrato, ya que si se emplean cantidades muy grandes, tienden a ser nocivas para el desarrollo de algunas plantas. Se debe emplear aserrín de maderas finas como palo blanco, cedro o caoba.

iii. Escoria volcánica, arena de río y arena blanca.

Al utilizar algún tipo de arena, ésta se debe de lavar adecuadamente para eliminar impurezas que las mismas contengan.

c. Mezclas de sustratos

Según Marulanda, 1992 (18) resulta mejor mezclar aquellos materiales en diferentes porcentajes que se utilizan en el sistema de sustrato sólido, ya que han sido probadas en cultivos hortícolas de más de 30 especies. Algunas mezclas recomendadas de acuerdo a varios ensayos en diversos lugares son:

- i 50% de cascarilla de arroz y 50% de escoria volcánica.
- ii 80% de cascarilla de arroz y 20% de aserrín de palo blanco, cedro o caoba.
- iii 50% de cascarilla de arroz y 50% de arena de río.
- iv 50% de cascarilla de arroz y 50% de arena blanca.
- v 50% de cascarilla de arroz, 40% de escoria volcánica y 10% de aserrín.
- vi 50% de cascarilla de arroz 30% de arena blanca y 20% de arena de río.

En este sistema de cultivo la raíz crece, absorbe agua, nutrientes y se humedece en una mezcla de materiales sólidos.

B. Etapas del sistema hidropónico de sustrato sólido

Al cultivar hortalizas bajo el sistema hidropónico de sustrato sólido, éste difiere con el sistema de raíz flotante básicamente en el sustrato utilizado. La primera etapa es la de semillero y la segunda la de transplante definitivo. Así también, se pueden sembrar hortalizas de manera directa.

a. Etapa de semillero

La elaboración de semilleros cuando se trabaja hidroponía y se utiliza el sustrato sólido básicamente es la misma que se indicó en el sistema de raíz flotante.

b. Transplante definitivo

De acuerdo a Castañeda; V. G. 1997 (6) cuando se realiza el transplante se utilizan recipientes de plástico o cajas de madera, los cuales se impermeabilizan por medio de plástico negro. Para facilitar en el manejo a las cajas de madera y que no estén a ras del suelo se les puede colocar patas para que las plantas queden a una altura de aproximadamente unos 50 centímetros sobre la superficie del lugar donde se coloquen, o bien realizar un tapexco con la misma altura de las patas donde son colocadas las cajas.

Cuando se realiza la siembra el sustrato debe estar adecuadamente humedecido con agua. Luego se aplana o nivela la superficie del sustrato por medio de una tablita de madera. Se marcan los puntos, de acuerdo al distanciamiento de siembra de cada especie hortícola donde se transplantarán las plantas. Seguidamente en los puntos marcados se procede a abrir agujeros grandes y profundos.

Al contar con cajas suficientes para transplantar todo el semillero, se procede a extraer las plántulas del semillero por medio de una palita de mano plástica, luego se coloca en el agujero de la caja de transplante y se tapa el agujero alrededor de la plantita con sustrato de los alrededores.

Se recomienda realizar los trasplantes en las últimas horas de la tarde para evitar que las plantitas recién transplantadas sufran demasiado estrés.

i. Aplicación de la solución nutritiva

En hidroponía, cuando se trabaja en sustrato sólido, la adición de la solución nutritiva debe de realizarse todos los días. La aplicación de la solución nutritiva puede realizarse manualmente por medio de regaderas plásticas, se debe de evitar el uso de aquellas que son elaboradas de metal, ya que las mismas tienden a desestabilizar los nutrientes que contienen las soluciones madres. También la solución nutritiva se puede aplicar con sistemas controladores automáticos de dosificación de nutrientes, pH y programador de aplicación. Cuando se aplica la solución se debe de aplicar en las primeras horas del día y si es necesario en días muy calurosos, se deberá regar también en las horas de la tarde.

ii. Las medidas de los contenedores

En lo que respecta al tamaño de las unidades de producción, las mismas son variables y va a depender de aquellas necesidades individuales de cada uno, pero el largo máximo debe de ser de 6 metros y un ancho máximo de 2 metros, por cuestión de manejo, a la vez la altura estará comprendida entre un mínimo de 10 cm., y como máximo de 30 cm., sobre todo cuando se cultivan hortalizas de raíz grande como tomate, chile pimiento, zanahoria y otras. A los recipientes se les deben de hacer agujeros en su base para que tengan un buen drenaje y a la vez aireación. Cuando se riegan y se aplica la solución nutritiva, los recipientes deben de tener un porcentaje de pendiente entre el 3 y 5% para que tengan un buen drenaje. El contenedor debe ser inerte, para evitar reacciones o cambios en la solución nutritiva.

iii. Riego

Un sistema de riego para suplementar las necesidades de agua de las plantas y a la vez incorporarles los elementos nutritivos que son necesarios, en los cultivos hidropónicos es fundamental. El riego puede aplicarse desde un sistema manual, utilizando para ello una regada elaborada con galones de aceite de plástico, hasta uno más avanzado donde se emplean controladores automáticos de dosificación de nutrientes pH y programador de riego.

Según Vallejo & Fernández, 1978 (26) en la agricultura se induce a formas en la aplicación del riego, que van a ahorrar considerables cantidades de agua, ya sea en conducción o en aplicación. Por el contrario sea cual fuera el caso, en ningún momento se llega a recuperar el agua aplicada en exceso, ya que la misma pasa a formar parte de mantos acuíferos o niveles freáticos, donde por lo general en la mayoría de los casos, transcurren años para volverla a ocupar. El método que ha demostrado mayor eficiencia, es el hidropónico, ya que una vez irrigado el cultivo, se vuelve a recuperar y utilizar el agua, consumiéndose únicamente el volumen evaporado por el suelo y transpirado por el cultivo.

iv. Plagas

En el desarrollo y producción de nuestros cultivos hidropónicos se van a presentar enemigos externos que son ajenos a los mismos, lo que va a repercutir en la cantidad y calidad del producto. Cuando se trabaja en hidroponía las plagas se van a controlar utilizando métodos naturales, donde se descarta el uso de plaguicidas químicos, ya que en las condiciones en que se desarrollan los cultivos, tienden a ser dañinos no solo para aquellas personas que los van a consumir como las que los aplicarán, por otra parte podrían causar reacciones no deseables en lo referente a la solución nutritiva. Por lo expuesto, es indispensable realizar una revisión diaria del huerto en las primeras horas de la mañana y en las últimas de la tarde, ya que cuando las temperaturas son demasiado altas los insectos no son fácil de localizarlos, por lo que se esconden para protegerse. Dentro de las plagas que más afectan los cultivos sin tierra podemos citar: la mosca blanca, la cual puede transmitir virosis cuando succiona la savia de las plantas principalmente tomate, chile dulce, pepinos y otros, larvas de lepidópteros cuyos adultos son mariposas, los áfidos o pulgones que tienen su incidencia mayor en la época seca o calurosa. Por otra

parte las babosas o caracoles tienden a ser un problema, sobre todo en el invierno. Dicha plaga se alimenta de noche, por lo que es difícil ubicarla de día.

Para convivir con las plagas, es posible aplicar métodos de control que no tiendan a contaminar el medio ambiente y por ende los productos cosechados. Dentro de éstos están: insectos que pueden ser nuestros aliados que van a parasitar o depredar aquellos que son perjudiciales a los cultivos hidropónicos y dentro de los mismos están: chrysophas, avispas, lagartijas, chinitas o mariquitas y otros. Además, se pueden colocar trampas de nylon de color amarillo intenso, impregnadas de aceite donde se quedan pegados los insectos; la enjuagadura de jabón, la cual es aplicada con atomizador a manera de formar un rocío, con lo cual se controlan larvas pequeñas y pulgones; también se pueden emplear sacos de nylon rociados con cerveza para atraer babosas; por otra parte es factible utilizar espantapájaros móviles.

Para reforzar las prácticas anteriormente citadas, se pueden aplicar en rotación y con algunos intervalos, extractos de chile, eucalipto, ajo, nim, ruda, orégano, tabaco, papaya y algunos más.

v. Enfermedades

En hidroponía se pueden presentar daños causados por hongos que a la larga van a afectar al normal crecimiento, desarrollo y fructificación de algunos cultivos. Dentro de las enfermedades que pueden llegar a causar daño podemos citar: mal del talluelo, sobre todo en la elaboración de semilleros; la mancha púrpura en cebolla, antracnosis, tizón tardío y temprano en tomate. Para el control de dichas enfermedades se utilizan fungicidas de tipo orgánico como lo son: sulfato cálcico y caldo bórdeles.

vi. Aireación

Cuando se aplica diariamente el riego y posteriormente la solución nutritiva en el sistema de sustrato sólido, con el transcurrir del tiempo se va formando costras sobre la superficie del sustrato que limitan que el aire penetre en sus espacios porosos, lo cual repercute en la toma de alimentos y agua a las plantas. Al realizar escardas entre los surcos de las plantas, dos o tres veces por semana y teniendo el sumo cuidado de no dañar las raíces, el problema queda solucionado.

Según Colegio, 1998 (4) en los cultivos hidropónicos la ventilación es de importancia, sobre todo aquellos instalados en lugares cerrados, donde debe haber una excelente circulación de aire fresco. Por

otra parte la contaminación generada por el humo, polvo, etc., tienden a ser perjudiciales a los cultivos trabajados bajo el sistema hidropónico. Cuando el ambiente es demasiado seco, debe humedecerse, colocando recipientes con agua o rociando las hojas. Por el contrario, cuando existe demasiada humedad, ésta es propicia para la proliferación de enfermedades fungosas. Cuando existen vientos moderados suelen facilitar la fecundación transportando el polen, favorecer la circulación de la savia y renuevan el aire en el medio ambiente de la planta.

vii. Luz

En los cultivos hidropónicos, el factor luz es de suma importancia, para el desarrollo de las plantas, pero no todas necesitan la misma cantidad de luz. Durante el invierno es indispensable que los cultivos reciban la mayor cantidad posible de luz, ya que durante esta estación del año los días pasan nublados por la alta nubosidad presente en el ambiente. Es por esto que se deben de ubicar los contenedores en lugares claros a manera que no existan construcciones cercas y árboles que interfieran los rayos solares. En lugares abiertos debe procurarse que no dé sol a pleno durante todas las horas del día; se debe recordar que existen especies que se desarrollan mejor a la sombra.

3.1.7 FISILOGIA DE LAS PLANTAS CULTIVADAS EN HIDROPONIA

En dos medios físico-químicos las plantas van a crecer y desarrollar, por una parte la aérea (hojas, tallos, flores y frutos) en la atmósfera y por la otra la subterránea (raíces) en el suelo. Tanto la parte aérea como la subterránea de la planta, mantienen una relación vital, desde el punto de vista nutricional; en el follaje y tallos se elaboran sustancias orgánicas indispensables para el crecimiento de toda la planta; por el sistema radicular se absorbe agua y nutrientes minerales del suelo o sustrato.

Ambas partes de la planta desempeñan una función muy especial para mantener un constante flujo de nutrientes, tanto hacia arriba como hacia debajo de la planta.

La característica genética de cada especie o variedad interacciona con el medio ambiente, donde se incluye el suelo, dentro del cual crece y se desarrolla para expresarse como fenotipo morfológico (una forma definida de la planta).

En los procesos metabólicos y fisiológicos, morfogenéticos este fenotipo actúa.

Esta reacción genotipo-ambiente es la que a la larga va a determinar la productividad de la especie cultivada, indica Moreno, 1997 (19).

La productividad agrícola en la mayor parte del mundo está muy por debajo de su máxima potencia: climas adversos y ambientes desfavorables merman los rendimientos.

Por otra parte se pueden construir sistemas hidropónicos cerrados o abiertos; pequeños o grandes; en forma casera en patios, balcones, jardines y azoteas o bien en forma industrial, donde se pretende que las plantas desarrollen su máximo potencial de productividad.

Barrera, 2004 (2) dice que el micro clima o el micro ambiente atmosférico que rodea a una planta o cultivo va a repercutir en su desarrollo, por la acción de sus componentes, como: la temperatura, el foto período, nictoperíodo, la luz tanto en duración, calidad e intensidad; la concentración de bióxido de carbono componente de la fotosíntesis; la humedad relativa; y todos aquellos factores extremos que pueden darse como altas o bajas temperaturas y estrés hídrico.

En hidroponía las características de cada especie de las plantas, genotipo, morfología y hábitos de crecimiento se deben de tomar muy en cuenta. Dependiendo que parte de la planta va a ser cosechada (hojas, tallos, raíces, frutos, flores) deben de manejarse a lo largo de su desarrollo ontogénico, desde la germinación hasta la cosecha, menciona Moreno, 1997 (18).

3.1.8 HORTALIZAS

A. Plantas de semillero

Pennings & Kurzmann, 1975 (20) mencionan que para obtener plantas vigorosas y sanas de hortalizas, al cultivarlas bajo un sistema hidropónico no se requiere de tanto esfuerzo. Bajo este sistema sin tierra es preferible cuando se cultiva con la misma, cuando las plantas más tarde deban ser llevadas a una instalación de cultivo hidropónico; por otra parte, también en ciertos casos ofrecen ventajas algunas de estas nuevas técnicas.

Will (1962) comprobó con lechugas, tomates y coles, una reducción del periodo de preparación de las plantas, de ocho-diez días, lo cual muestra una ventaja del cultivo de plantas jóvenes de hortalizas en turba, indican Pennings & Kurzmann, 1975 (20).

B. Tomate

De acuerdo a Pennings & Kurzmann, 1975 (20) se han tenido muy buenos resultados en ensayos realizados en tomates, en distintos países de África, cultivados en sustratos de grava y arena por Cappaert (1956) y Duclos (1957). Según datos de Meir-Schwarz (1963), han sido cultivados también tomates en grava, con buenos resultados, desde hace algunos años, en el Negev-Institut, en Beerzheba, Israel, obteniendo 24-25 kilogramos por metro cuadrado; en hidroponía es posible un ahorro del 50 por 100 de agua. Por ejemplo, en el cultivo en tierra, para obtener 907,18 kilogramos de tomates, son necesarios de 80-90 metros cúbicos de agua dulce, mientras que en el cultivo en grava, con un cambio de solución cada cuatro semanas, fueron necesarios solamente de 40-50 metros cúbicos de agua salina.

Por otra parte en la Unión Soviética, Muras y Gorsunova (1957), Golyatina (1958), Spiridonova y Vaschenko (1959) han llevado a cabo ensayos con tomates en cultivo hidropónico, comparando los cultivos en grava y cubeta, así como diversos sustratos de arena, grava, ladrillo molido y turba. En el cultivo en agua se obtuvo un rendimiento de 15,3 kilogramos por metro cuadrado. El cultivo en grava y la turba fueron, no obstante, mucho mejor. En la explotación sueca de cultivo hidropónico Elektroflora, los tomates cultivados en grava dieron, según Merker (1958), un rendimiento medio de 16 kilogramos por metro cuadrado. En la Universidad de Pisa (Italia) han sido efectuados, entre otros, numerosos ensayos de cultivos en grava de tomate. Favilli (1959-1960), así como Calzecchi-Onesti (1960), han divulgado que con las variedades tempranas de tomate pueden ser cosechadas por término medio de 20-25 kilogramos por metro cuadrado, e incluso algunas veces puede llegarse a los treinta kilogramos, demostrándose allí el buen efecto de la utilización de un precalentamiento de las soluciones. Ringwald y Doring (1948), que se han ocupado en Suiza en forma intensiva con los cultivos hidropónicos de hortalizas, cosecharon en un cultivo en balsa una media de 36 kilogramos por metro cuadrado, mientras que en el cultivo en grava,

solamente se obtuvieron 18 kilogramos por metro cuadrado, mencionan Pennings & Kurzmann, 1975 (20).

Pennings & Kurzmann, 1975 (20) dicen que según ensayos realizados por degussa se obtuvieron unos rendimientos de tomates de 25 kilogramos por metro cuadrado en cuatro-cinco meses de duración. Dequin (1954) obtuvo en una instalación de ensayo de Hamburgo, con ayuda del cultivo en grava de las variedades “Rheinlands Rhum” y “Hellfrucht”, una cosecha media de un 42 por 100 más alta y catorce días más temprana que en el cultivo en tierra. Penningsfeld y Urbahn publicaron en 1953 los primeros resultados sobre las cosechas y rendimientos económicos obtenidos en las instalaciones comerciales alemanas de cultivo hidropónico. Según propias investigaciones (Penningsfeld, 1963), se cosecharon en Weihenstephan, en el cultivo en grava de la variedad “Rheinlands Ruhm”, de cuatro meses de duración, cerca de 21 kilogramos de tomates por metro cuadrado, lo que representó aproximadamente un 44 por 100 más que en tierra. En Grossbeeren y en la Universidad Humboldt de Berlín, Geissler y Gohler (1959) trabajaron principalmente sobre el cultivo hidropónico de hortalizas.

El cultivo de tomate, la grava ha demostrado ser mucho mejor que el cultivo en balsas o tierra, obteniéndose la superioridad del rendimiento entre el 40-80 por 100. A la vez se produjo un ataque intenso de *Fusarium* en la parcelas en tierra. Luck, en 1956 ha efectuado una serie de ensayos sobre la economía de los cultivos hidropónicos y en tierra con tomates y otras hortalizas. Los resultados obtenidos para el tomate del cultivo hidropónico han sido significativamente favorables, obteniéndose con el cultivo en grava un rendimiento superior en un 37 por 100. Además, los gastos de producción fueron entre 14 por 100 más bajos (Pennings & Kurzmann, 1975 (20)).

C. Otras especies hortícolas

Una diversidad de especies hortícolas, junto a pepinos y tomates han sido cultivadas bajo un sistema hidropónico en grava, específicamente en las islas del caribe. Eversdijk (1949) informa, por ejemplo, sobre los buenos resultados de cultivo obtenidos con alcachofas, judías, endibias, berenjenas, rábanos, remolachas y apios. Según Bentley (1959), se cosecharon en Israel, en un cultivo en grava, 18 Kg por metro cuadrado y los berros, anualmente, 9 Kg por metro cuadrado. También se obtuvieron allí

muy buenos resultados con judías, patatas, perejil, lechuga y cebollas. De acuerdo a las experiencias obtenidas hasta el momento, además de las hortalizas ya mencionadas se pueden recomendar para el cultivo hidropónico como cosecha precedente, intercalar o posterior: colirrábanos, lechugas, cilantro, cebollas y rábanos (Pennings & Kurzmann, 1975 (20)).

3.1.9 NUTRIENTES REQUERIDOS POR LAS PLANTAS Y SU FUNCIÓN

Bertsch, 1998 (5) indica que los nutrientes se deben encontrar en concentraciones y relaciones adecuadas en la disolución fertilizante, para que la propia planta los tome de forma rápida y eficaz. De esta forma se evitan fenómenos negativos como efectos osmóticos y antagónicos que perturban la absorción de nutrientes por la planta.

A. CHO

De estos nutrientes la planta utiliza en mayor cantidad Carbono, Hidrógeno y Oxígeno y los obtiene principalmente del aire y del agua, aunque pueden tomarlos también del suelo a partir del CO₂ disuelto en agua, de los OH de los carbonatos.

B. Nitrógeno

En forma de nitratos (NO₃) es asimilado casi exclusivamente por las plantas y en forma de amonio (NH₄); soluble en agua. En los cultivos hidropónicos la mayoría del nitrógeno se incorpora en base a nitratos. El amonio en la mayoría de los casos solo se emplea como fuente suplementaria, ya que elevadas concentraciones de este Ion puede causar daños fisiológicos a las plantas. El nitrato de potasio es una de las principales fuentes de nitrógeno en forma de nitratos, a la vez incorpora potasio. Una de las desventajas que presenta es que es caro y difícil de conseguir en pequeñas cantidades. El nitrato de calcio como reactivo analítico se puede conseguir, mismo que hace imposible su uso a escala comercial. Es una muy buena fuente de nitrógeno y de calcio altamente solubles. Fosfato monoamónico (11-48-0) y fosfato diamónico (18-46-0), ambos son fuente principal de fósforo, pero también proporcionan nitrógeno en forma amoniacal, indica Marulanda, 1992 (18).

Este macro nutriente es el componente fundamental de todas las moléculas orgánicas como las proteínas involucradas en los procesos de crecimiento y desarrollo vegetal (Bertsch, 1998 (5)).

C. Fósforo

Según Marulanda, 1992 (18) como Ion fosfato, es asimilado por las plantas. Sus principales fuentes son superfosfato de calcio simple. Es fácil de conseguir y económico. Contiene azufre, calcio y varios micro elementos como impurezas. Tiene el inconveniente que es difícil de disolver. Superfosfato de calcio triple posee mayor cantidad de fósforo que el superfosfato simple, pero contiene menos impurezas. Su precio es más elevado y para disolverlo cuesta mucho. Otras fuentes de fósforo son el fosfato monoamonico y el fosfato diamonico; estos tienen una mayor solubilidad que las dos fuentes de fósforo anteriormente citadas.

El fósforo forma parte de la molécula transportadora de alta energía ATP, con lo cual, participa en todos los procesos metabólicos que involucran energía (Bertsch, 1998 (5)).

D. Potasio

Dentro de las principales fuentes de este macro elemento tenemos el nitrato de potasio, sulfato de potasio. Es barato y fácil de conseguir, a la vez proporciona azufre. El cloruro de potasio, en el caso de este último hay que tomar las precauciones de emplear contenidos altos en la solución, ya que puede ocasionar toxicidad a las plantas.

Se encuentra en forma iónica y móvil dentro de la planta en su totalidad. El potasio participa en casi todos los procesos, respiración, fotosíntesis, en la síntesis de azúcares a nivel celular, apertura y cierre de los estomas (Bertsch, 1998 (5)).

E. Calcio

Según Bautista, 2000 (4) dentro de las principales fuentes de calcio, tenemos nitrato de calcio. Es altamente soluble en agua, pero tiene la desventaja que no se consigue en el mercado como fertilizante comercial. El superfostato simple y triple. El inconveniente de ellos es que es difícil de diluir, pero proporcionan una buena cantidad de calcio. Sulfato de calcio (yeso) es difícil de diluir, fácil de conseguir

y barato. Cloruro de calcio; con esta fuente se debe de tener cuidado ya que eleva el contenido de cloro a la solución.

El calcio participa en la formación de membranas celulares y de estructuras lipídicas, en el transporte de proteínas. Constituye como Pectatos de Ca en las láminas medias, la parte cementante de las paredes celulares (Bertsch, 1998 (5)).

F. Azufre

Bautista, 2000 (4) dice que en forma de sulfatos (SO_4) es utilizado por las plantas. Las plantas presentan límites de tolerancia amplia para este elemento, ya que queda dentro de los rangos adecuados. Sus principales fuentes son sulfato de amonio, sulfato de potasio, superfosfato simple, sulfato de magnesio, sulfato de manganeso, sulfato de cobre, sulfato de zinc, sulfato de calcio.

Forma parte de las proteínas como integrante de los aminoácidos azufrados cisteína, cistina y metionina (Bertsch, 1998 (5)).

G. Magnesio

En hidroponía el sulfato de magnesio, es utilizado como principal fuente, por su alta solubilidad, bajo costo y accesibilidad. También se puede emplear el nitrato de magnesio, pero tiene el inconveniente de ser caro y difícil de conseguir en el mercado.

Una de las funciones de este elemento es que forma parte de la molécula de clorofila; por lo tanto, es determinante sobre la fotosíntesis (Bertsch, 1998 (5)).

H. Hierro

Bautista, 2000 (4) describe que las fuentes que proporcionan dicho elemento son sulfato ferroso. La solución debe tener un pH menor de seis para disolver bien; ésta es la fuente mas barata de hierro. Quelatos, el hierro es asimilable por períodos más largos de tiempo que el sulfato ferroso. Su precio es elevado, pero previenen la precipitación del fósforo. Cloruro férrico, es más caro que el sulfato ferroso y difícil de conseguir.

Como activador enzimático en la síntesis de clorofila actúa (Bertsch, 1998 (5)).

I. Manganeso

Este micro elemento en los cultivos hidropónicos es incorporado como sulfato de manganeso, cloruro o quelatos, cuando se prepara la solución nutritiva.

Su función es actuar como activador enzimático en la respiración y en el metabolismo del nitrógeno; en este caso activando las reductasas (Bertsch, 1998 (5)).

J. Boro

Se asimila como borato. Sus principales fuentes son el ácido bórico y el bórax (tetraborato de sodio).

Este micro elemento afecta a muchos procesos en forma indirecta, aunque su función específica no esta completamente clara (Bertsch, 1998 (5)).

K. Cobre

El sulfato de cobre y cloruro de cobre son las principales fuentes de este micro elemento.

Según Bertsch, 1998 (5) el cobre es componente de diferentes enzimas fenolasas, lactasas y de la oxidasa del ascórbico, así como de ciertas proteínas presentes en el cloroplasto; de aquí que participa en la fotosíntesis.

L. Zinc

Cuando se prepara la solución nutritiva el zinc se aporta como sulfato o cloruro de zinc.

Su función es la de actuar como activador de varias enzimas, muy importantes: la deshidrogenasa alcohólica y la anhidraza carbónica, así como de enzimas transportadoras de fosfatos; interviene en la síntesis de la hormona de crecimiento como ácido indolacético (AIA), a nivel de su precursor, el triptofano (Bertsch, 1998 (5)).

M. Molibdeno

El molibdeno es requerido en cantidades pequeñas y a la solución nutritiva es incorporado como molibdato de amonio.

Bertsch, 1998 (5) indica que el molibdeno desempeña el papel en la fijación de nitrógeno gaseoso a nivel de organismos fijadores del mismo de la reductasa del nitrógeno; así también está relacionado con el metabolismo del nitrógeno.

3.2 MARCO REFERENCIAL

El área donde se efectuó la presente investigación, comprende las comunidades de Matazano y Guaraquiche; ambas pertenecen al municipio de Jocotán del departamento de Chiquimula. Dichas comunidades desconocían como producir hortalizas, utilizando sistemas hidropónicos. Por otra parte, incorporaban a su dieta diaria alimenticia únicamente granos básicos (fríjol, maíz y maicillo), los cuales los cultivan únicamente para su autoconsumo, pero al producir hortalizas como tomate, lechuga, cebolla, cilantro y rábano, bajo el sistema hidropónico, las familias cuentan con una dieta más variable en la alimentación; así como se generan ingresos como producto de la venta de los excedentes.

3.2.1 ALDEA MATAZANO

A. Ubicación

Dicha comunidad se localiza geográficamente en las coordenadas 14° 51'03" latitud norte y 89° 23'54" longitud oeste (16). Se encuentra a una altura de 600 msnm (12).

B. Demografía

El número de familias existentes en la comunidad es 236. En lo concerniente al promedio de personas que integran una familia, es de 9. El número de habitantes de la comunidad es de 1050. Además, existen 218 viviendas (8).

C. Aspectos sociales

a. Agua y saneamiento

Existen 167 viviendas con agua domiciliar.

Hay 20 viviendas que cuentan con letrinas, tipo pozo ciego y 198 que no cuentan con servicio de letrinización (8).

b. Vivienda

De las 218 viviendas existentes, 170 están construidas con paredes de bajareque y techo de lámina y 48 están construidas de palma. Todas las viviendas cuentan con dos cuartos (8).

D. Infraestructura vial**a. Carretera**

La comunidad cuenta con carretera de terracería, la cual dista 5 kilómetros de la cabecera municipal de Jocotán.

b. Medios de comunicación

El único medio de comunicación es la radio comunitaria de emergencia la cual se encuentra en el centro de Gestión de Riesgos de la Aldea Ingenio Guaraquiche, situándose la base central en la municipalidad de Jocotán (8).

c. Energía eléctrica

128 viviendas no cuentan con el servicio de energía eléctrica y 90 cuentan con dicho servicio. No cuentan con alumbrado público (8).

E. Aspectos económicos**a. Sector agrícola****i. Tenencia de la tierra:**

La tenencia de la tierra de 109 familias es propia, dividida en 70 hombres y 39 mujeres; 127 es a través de usufructo, dividida en 78 hombres y 49 mujeres. El resto de familias trabajan la tierra de estos mismos (8).

El promedio de tareas que poseen la mayor parte de las familias es de 16 a 20 tareas (21 x 21 metros cada una), para cultivar sus productos.

ii. Cultivos

Los cultivos principales que se dedican a cultivar los habitantes de la comunidad son el maíz y frijol criollo, cultivando también el maicillo como cultivo secundario.

iii. Calendario agrícola

En los meses de marzo y abril, los agricultores preparan el terreno para la siembra del maíz y frijol, sembrando en dicho terreno los meses de mayo y junio, para deshebrar en los meses de junio, julio y octubre, fertilizando en junio y septiembre; y por último la cosecha se realiza en octubre y noviembre (8).

En lo referente al cultivo del maicillo, se prepara la tierra en marzo y abril; la siembra se efectúa en mayo y junio; deshebran en junio y julio. El fertilizante es incorporado en junio, para cosechar en septiembre y octubre (8).

iv. Rendimientos por cultivo

Para el cultivo del maíz los agricultores obtienen 34 kilogramos por tarea de 21 x 21 metros (441 metros cuadrados).

En lo que respecta al frijol, el rendimiento es de 22.6 kilogramos por tarea de 21 x 21 metros.

v. Destino de los productos agrícolas

La mayoría de los productos son utilizados para el consumo familiar, ya que no obtienen excedentes de los mismos para la venta.

vi. Actividad de los habitantes

La agricultura es la principal actividad de la mayoría de las familias.

vii. Ingresos mensuales por familia

Los hombres llegan a obtener un ingreso de Q150.00 y por parte de las mujeres no se considera ningún ingreso.

viii. Dificultad para conseguir alimento

Los meses más difíciles para conseguir comida son los meses entre junio y agosto, donde la mayoría de las familias consumen menos alimentos y también comen alimentos menos preferidos e incluso se llega a reducir los tiempos de comida.

b. Sector medio ambiental

i. Bosques existentes

En la comunidad se encuentra un bosque, El Pinal, con 120 tareas (21 x 21 metros cada una), de terreno, forestadas de pino y roble (8).

ii. Forestación o Reforestación

Existe un terreno con una capacidad de 10 tareas (21 x 21 metros cada una), de tierra, donde la comunidad propone reforestar mango, papaya, naranja y aguacate (8).

c. Otra actividad económica

La migración es una actividad que contribuye al sustento familiar, donde los miembros de la familia emigran a trabajar a las fincas de Esquipulas, Honduras y Gualán; principalmente lo hacen los padres e hijos mayores, en los meses de octubre a enero, devengando un salario de Q 20.00 por jornal, cuando la época es buena y si no el jornal es más barato (8).

F. Zona de Vida

La comunidad de Matazano se encuentra en la zona de vida Bosque Seco Subtropical, la cual se identifica en el mapa de zonas de vida por el símbolo bs-S (9).

Abarca una faja angosta de unos 3 a 5 kilómetros en el litoral del pacífico, que va desde la frontera con México hasta las cercanías de las Lisas, en el Canal de Chiquimulilla (9).

Luego se encuentra un área que rodea el monte espinoso en el Valle del Motagua que va desde las ruinas de Mixco, hasta el río el lobo sobre la ruta al atlántico; baja hacia el sur por el valle de Jocotán y Camotán (9).

Los terrenos correspondientes a esta zona ecológica son de relieve desde plano hasta accidentado en la parte baja de la Sierra de las Minas (9).

La precipitación en esta formación varía entre 500 mm y 1000 mm, teniendo como promedio total anual 855 mm (9).

G. Serie de Suelos

Los suelos de la comunidad, según Simmons (25), están clasificados como serie Subinal (Sub). Ocupan relieves escarpados o muy escarpados y están severamente erosionados en muchos lugares. El material madre esta formado por caliza o mármol, el drenaje interno es bueno, el color es café muy oscuro a negro, la textura y consistencia es arcilla friable, con un espesor aproximado de 10-25 cm y el subsuelo conformado por roca sólida.

Se encuentran en la parte noroeste del departamento, siendo de los más extensos en Chiquimula.

3.2.2 ALDEA GUARAQUICHE

A. Ubicación

Dicha comunidad se localiza en las coordenadas 14° 49'58" latitud norte y 89° 24'48" longitud oeste (16). Se encuentra a una altura de 550 msnm (12).

B. Demografía

El número de familias que conforman la aldea Guaraquiche es de 132. Siendo un promedio de 6 personas las que conforman una familia. Existen 126 viviendas y el número de habitantes es de 680 (8).

C. Aspectos Sociales

a. Agua y Saneamiento

Existen 85 viviendas con agua domiciliar.

Por otra parte 45 viviendas cuentan con letrinas tipo pozo ciego y 87 no cuentan con servicio de letrinización (8).

b. Vivienda

En lo que respecta a la propiedad de las viviendas, las 126 existentes son propias. De ese total 116 están construidas de paredes de bajareque con techo de lámina y 10 están construidas de palma. Todas las viviendas cuentan con dos cuartos (8).

D Infraestructura Vial

a. Carretera

La comunidad cuenta con carretera de terracería, la cual dista a 4 kilómetros del municipio de Jocotán.

b. Medios de comunicación

El único medio de comunicación existente es la radio comunitaria de emergencia la cual se encuentra en el centro de Gestión de Riesgos de la Aldea Ingenio Guaraquiche, situándose la base central en la municipalidad de Jocotán (8).

c. Energía eléctrica

En la comunidad de Guaraquiche, 98 viviendas cuentan con energía eléctrica y 28 no cuentan con dicho servicio. A la vez no se cuenta con alumbrado público (8).

E. Aspectos Económicos

a. Sector agrícola

i. Tenencia de la tierra

En lo concerniente a la tenencia de la tierra, 28 familias cuentan con tierra propia y 85 de las mismas es a través de usufructo. El resto de las familias trabajan la tierra de estos mismos (8).

El promedio de tareas que poseen la mayor parte de las familias es de 8 tareas (21 x 21 metros cada una), para cultivar sus productos.

ii. Cultivos

Los cultivos principales que se dedican a cultivar los habitantes de la comunidad de Guaraquiche son el maíz y frijol. Utilizan materiales criollos donde ellos mismos seleccionan su semilla.

iii. Calendario agrícola

En los meses de febrero y marzo preparan el terreno para el maíz y el frijol, para sembrar posteriormente en los meses de mayo y junio; deshieran en los meses de junio y julio; abonan en agosto y por último la cosecha (8).

iv. Rendimientos por cultivo

En el cultivo del maíz llegan a obtener de 90.7 a 136 kilogramos por tarea de 21 x 21 metros.

En lo referente al frijol, los rendimientos se sitúan entre 22.6 a 45.3 kilogramos por tarea de 21 x 21 metros.

v. Destino de los productos agrícolas

La mayoría de los productos son utilizados para el consumo familiar, ya que los rendimientos son muy bajos y no existen excedentes.

vi. Actividad de los habitantes

Como principal actividad, la mayoría de las familias se dedican a la agricultura.

vii. Ingresos mensuales por familia

Los ingresos por parte de los hombres es de Q 200.00 y por parte de las mujeres, no se considera.

viii. Dificultad para conseguir alimento

Los meses más difíciles para conseguir comida son los comprendidos entre julio y agosto, donde la mayoría de las familias consumen menos alimentos y también comen alimentos menos preferidos e incluso se llega a reducir los tiempos de comida.

b. Sector medio ambiental

i. Bosques existentes

En la comunidad no se cuenta con bosques (8).

ii. Forestación o Reforestación

No existe un terreno que pueda ser forestado y reforestado (8).

c. Otra actividad económica

La migración es una actividad que ayuda al sustento familiar donde los miembros de la familia emigran a trabajar a las fincas de Esquipulas, Ipala, Petén, Gualán y Honduras, principalmente lo hacen los padres e hijos mayores, en los meses de septiembre a diciembre, devengando un salario de Q 20.00 por jornal, cuando la época es buena y si no el jornal es más barato (8).

F. Zona de Vida

La comunidad de Guaraquiche se encuentra en la zona de vida Bosque Seco Subtropical, la cual se identifica en el mapa de zonas de vida por el símbolo bs-S (9).

G. Serie de Suelos

El tipo de suelo predominante está clasificado como serie Subinal (Sub) (25).

4. OBJETIVOS

4.1 GENERAL

Las familias beneficiadas de las comunidades de Matazano y Guaraquiche, del municipio de Jocotán, cuentan con un documento base, en forma de manual, por la sistematización de las experiencias vividas en la implementación de huertos hidropónicos.

4.2 ESPECIFICOS

- 4.2.1 Capacitar a las familias beneficiadas sobre las etapas que conlleva la implementación del huerto hidropónico y a la vez desarrollar una gira a la finca experimental del Instituto de Nutrición para Centro América y Panamá (INCAP), como complemento en las capacitaciones.
- 4.2.2 Capacitar a líderes de las comunidades en la preparación de nutrientes hidropónicos y que estén en disponibilidad en casas comerciales de Jocotán, para ser utilizados por agricultores interesados en los mismos.
- 4.2.3 Establecer los costos de producción y la rentabilidad para los cultivos de tomate, cilantro, rábano, cebolla y lechuga en hidroponía.
- 4.2.4 Trasladar la experiencia a instituciones gubernamentales y de desarrollo, presentes en el área ch'orti' y a nivel nacional, para introducir esta alternativa que contribuya a la seguridad alimentaria en nuevas comunidades.

5. METODOLOGÍA GENERAL

Siendo la presente investigación de carácter descriptivo, a continuación se presenta la metodología general utilizada:

- A Se seleccionaron las comunidades por parte del proyecto FAO-PESA, donde se implementó esta alternativa de producción (huertos hidropónicos), siendo las comunidades de Matazano y Guaraquiche las priorizadas por dicho proyecto.
- B Una vez seleccionadas las comunidades, se organizaron los grupos y se establecieron horarios y días de capacitación.
- C Para las capacitaciones, tanto teóricas como prácticas, se empleó un plan diario de clase, elaborado y utilizado por el Instituto Técnico de Capacitación y Productividad (INTECAP), ver anexos 3 y 4.
- D Durante el desarrollo de las capacitaciones se desarrollaron técnicas de sensibilización, con los participantes.
- E Al final de cada tema, se ejecutaron evaluaciones individuales. Para contenidos teóricos, se realizaron preguntas orales y en contenidos prácticos, se evaluó la misma práctica.
- F Los contenidos seguidos en las capacitaciones, estuvieron basados en el plan de formación de Actualización Técnica Administrativa (ACTA), sobre **huertos hidropónicos**, elaborado y utilizado por el Instituto Técnico de Capacitación y Productividad (INTECAP), siendo los siguientes:

1. **Ubicación del huerto hidropónico**
2. **Uso de recipientes o contenedores**
3. **Sustratos**
4. **Elaboración de semilleros**
5. **Siembra y transplante**
6. **Los nutrientes o solución nutritiva**
7. **Control natural de plagas y enfermedades**

- G Se realizó una gira a la finca experimental del Instituto de Nutrición Para Centro América y Panamá (INCAP), con el objetivo de dar un reforzamiento en las capacitaciones e intercambio de experiencias sobre cultivos hidropónicos.
- H Se capacitaron a líderes de las comunidades en la preparación de nutrientes hidropónicos.
- I Los participantes cumplieron con el 100% de asistencia a las capacitaciones.
Cada tema fue aprobado con 70 puntos, tanto teórico como práctico, requisitos indispensables a llenar por los participantes, para ser beneficiados por el proyecto.
Por otra parte se hicieron acreedores a un diploma de participación, otorgado por el Instituto Técnico de Capacitación y Productividad (INTECAP).
- J Se determinaron los costos de producción y la rentabilidad, hasta el tercer ciclo; para los cultivos de tomate y cilantro, para el rábano y cebolla al cuarto ciclo; y para la lechuga al sexto ciclo.

6 RESULTADOS

6.1 SISTEMATIZACION DE LA EXPERIENCIA EN LA IMPLEMENTACION DE HUERTOS HIDROPÓNICOS.

Como principal resultado de la investigación se cuenta que en base a la sistematización en la implementación de huertos hidropónicos, las experiencias quedan plasmadas en forma de manual, para producir hortalizas en hidroponía en comunidades bajo condiciones de exclusión socio económicas.

De acuerdo a la información como producto de la experiencia local vivida, las diversas etapas que conlleva la implementación de huertos hidropónicos son las siguientes:

6.1.1 Ubicación del huerto hidropónico

Dentro de los aspectos que se consideraron en el establecimiento del huerto hidropónico, caben destacar los siguientes:

- A No estar cerca de focos de contaminación, como basureros, granjas de aves, aguas negras, letrinas, etc.
- B Se debe evitar el acceso de animales domésticos, para prevenir algún daño que los mismos ejerzan sobre los cultivos.
- C No se debe ubicar en lugares donde exista demasiada sombra ya sea por construcciones, árboles, etc.
- D La poca agua que se necesita diariamente, debe guardarse en recipientes cercanos al huerto hidropónico.
- E Evitar que existan malezas cercanas al huerto hidropónico, ya que las mismas son hospederas de plagas, que pueden llegar a dañar los cultivos.

En la figura 1, se puede observar el lugar que reúne los criterios aptos para ubicar el huerto hidropónico.



Figura 1. Lugar idóneo para la ubicación del huerto hidropónico.

6.1.2 Uso de recipientes o contenedores

Se utilizaron una gran diversidad de recipientes, de acuerdo a los materiales propios de las comunidades, ya que no se pretendía incurrir en costos de materiales altos. Los recipientes tuvieron una altura mínima de 15 centímetros y como máximo 30 centímetros, para aquellas hortalizas de raíz más profunda como el tomate. En cuanto al diámetro de los mismos, fue de cualquier tamaño, pero que no sobrepasara de 2 metros, ya que se dificultaría el manejo.

Dentro de los recipientes empleados en los huertos hidropónicos están:

- A Ollas de barro.
- B Canastos y palanganas plásticas.
- C Botes plásticos.
- D Botellas de aguas gaseosas.
- E Cajas elaboradas de vena de palma, de varilla de pino, de varas de caulote.

La figura 2 muestra los recipientes utilizados en la implementación de los huertos hidropónicos.



Figura 2. Diversidad de contenedores empleados en los huertos hidropónicos.

6.1.3 Sustratos

Dentro de los sustratos de cultivo empleados en los huertos hidropónicos están:

A El sustrato o medio sólido

Como sustrato sólido, se utilizó la cascarilla de arroz, mezclada con arena de río. Dicha cascarilla, se encuentra a disponibilidad en un beneficio de arroz, ubicado en el municipio de Camotán, el cual vende a Q 7.00 el saco, con capacidad de 90 kilogramos.

La arena utilizada se recolectó en una quebrada cercana a las comunidades.

Los contenedores empleados con el sistema de sustrato sólido, se les abrió un agujero, que sirvió a manera de drenaje, por donde se recolectó en recipientes, el agua de riego como de la solución nutritiva. La misma fue utilizada para los posteriores riegos y aplicación de su respectiva fertilización.

El cuadro 4 nos indica el % de la mezcla utilizada de cascarilla de arroz con arena.

Cuadro 4. % de la mezcla de cascarilla de arroz + arena de río, utilizada en sustrato sólido.

Material	% utilizado
Cascarilla de Arroz	60%
Arena de río	40%

Con esta mezcla, se tiene la experiencia que los cultivos plantados desarrollan muy bien, tanto en crecimiento vegetativo, como en sistema radicular y sobre todo por ser materiales inertes, no presentan algún indicio de ataque de hongos del suelo (Phytium, Rhizoctonia).

El procedimiento para el lavado de los sustratos fue el siguiente:

- a. En recipientes plásticos, se colocó la cascarilla de arroz y se le agregó agua por 1 semana, para dejarla en remojo.
- b. A la semana de haberla dejado en remojo, se botó toda el agua sucia y se procedió a lavarla, hasta que el agua saliera clara.
- c. En el caso de la arena de río, solamente se lavó hasta que el agua saliera clara.

En la figura 3 se aprecia la cascarilla de arroz utilizada como medio de cultivo sólido.



Figura 3. Cascarilla de arroz empleada en sustrato sólido.

B El sustrato o medio líquido

En este sistema, se empleó agua con nutrientes, al cual se le denomina **cultivo de raíz flotante**. Para el mismo, se utilizaron como recipientes cajas de 1.10 mts de largo x 1.10 mts de ancho, los cuales se llenaron con agua hasta una altura de 10 centímetros y tuvieron una capacidad de 121 litros de agua cada recipiente. Los recipientes se impermeabilizaron con nylon y no llevaron drenaje.

La figura 4, muestra el cultivo de raíz flotante empleando como sustrato el agua.



Figura 4. Cultivo de lechuga utilizando como sustrato el medio líquido.

6.1.4 Elaboración de semilleros

Se elaboraron semilleros de aquellas especies hortícolas que así lo requirieron y de acuerdo a la validación en la cual mostraron preferencia los participantes.

Dentro de las especies adoptadas están: tomate, lechuga y cebolla.

El medio de cultivo utilizado fue el sólido, empleando los materiales y mezclas descritas anteriormente.

Primeramente se le dio un riego al sustrato y seguidamente se trazaron surcos con una regla a una distancia de 10 centímetros y a una profundidad de 0.5 centímetros. Se colocaron las semillas una por una dentro del surco a 1 centímetro entre plantas (semilla). Luego de sembradas las semillas, se presionó suavemente el sustrato para liberar el exceso de aire que pudo haber quedado alrededor de la semilla y aumentar el contacto de la misma con el sustrato. Después se regó nuevamente y se cubrió el semillero con pasto jaragua, para proteger las semillas del agua de riego y evitar que pájaros la pudieran sacar.

Durante los primeros días, después de la siembra, al semillero se le aplicó el riego una a dos veces por día, para mantener húmedo el sustrato, hasta la germinación. El mismo día en que ocurrió la germinación de las plantitas, se procedió a quitar la cubierta vegetal y se levantó un tapexco, utilizando el mismo material vegetal, para no dejarlas expuestas directamente a la luz solar.

A partir de la germinación, se aplicó el riego diariamente, utilizando solución nutritiva. Una vez por semana se procedió a realizar escardas, con el objetivo de romper las costras superficiales que se forman en el sustrato, por efecto de los riegos diarios, con la solución nutritiva y se aporcó para mejorar el anclaje y desarrollo de las raíces.

Unos tres días antes del trasplante, se disminuyó la cantidad de agua aplicada durante los riegos y se le dio mayor exposición a la luz. Esta etapa permitió dar las condiciones para que se consoliden mejor sus tejidos y se preparen las plántulas, para las condiciones del sistema de raíz flotante y sustrato sólido que afrontarán cuando hayan sido trasplantadas. Es de hacer notar que no se suspendió el suministro de los nutrientes diarios.

El cuadro 5 nos muestra el tiempo en que germinaron las especies hortícolas en el semillero y el tiempo aptas para ser transplantadas al campo definitivo.

Cuadro 5. Tiempo de germinación y transplante de especies hortícolas desarrolladas en semilleros.

Especie Hortícola	Tiempo de germinación en días	Tiempo de transplante en días
Cebolla	9	35
Lechuga	4	30
Tomate	6	30

En la figura 6, se aprecia un semillero de lechuga y en la figura 7 un semillero de cebolla



Figura 6. Semillero de lechuga.



Figura 7. Semillero de cebolla.

6.1.5 Siembra y transplante

A Transplante para sustrato sólido

Para ello se humedeció el sustrato contenido en los recipientes ya preparados. Seguidamente se aplanó la superficie del sustrato, utilizando una tablita de madera. Luego se marcaron los puntos donde se transplantaron las plantas. Posteriormente en los puntos marcados, de acuerdo al distanciamiento de siembra de cada especie hortícola, se abrieron agujeros grandes y profundos de acuerdo a la altura que permitiera el sustrato. En los agujeros realizados, se introdujeron las plantas extraídas del semillero y se tuvo muy en cuenta el cuidado de no lastimar las raíces de las mismas y que no quedaran dobladas o torcidas. Seguidamente se taparon los agujeros con las plantitas introducidas con sustrato de los alrededores, a manera de que queden compactados para que no se formen bolsas de aire dentro del mismo y que estén en contacto con las raíces.

Los transplantes se realizaron en las últimas horas de la tarde, para evitar que las plantitas recién transplantadas sufrieran demasiado estrés.

Los riegos se les dieron a diario con su respectiva solución nutritiva y una vez por semana se le aplicó el doble del riego, sin la solución nutritiva, con el objetivo de lavar las sales acumuladas.

Se realizaron escardas una vez por semana, con el objeto de romper las costras que se formaron en la superficie del sustrato, ya que dichas costras impiden que el aire penetre en los espacios porosos del mismo sustrato, lo cual trae consigo una deficiencia en la alimentación y suministro de agua para las plantas. El sustrato como producto de la escarda, se aporcó a las plantas.

El cuadro 6 indica los distanciamientos de siembra, utilizados en cada especie hortícola.

Cuadro 6. Distancia de siembra en campo definitivo de tomate y cebolla.

Especie Hortícola	Distancia entre surcos en cm.	Distancia entre plantas en cm.
Tomate	35	30
Cebolla	12	10

Fuente: Godoy, 2001 (14)

La figura 7 muestra el transplante del cultivo de la cebolla.



Figura 7. Transplante de cebolla.

El cuadro 7 nos muestra el distanciamiento de siembra, empleado para aquellas hortalizas validadas de siembra directa.

Cuadro 7. Distancia de siembra en campo definitivo de cilantro y rábano.

Especie Hortícola	Distancia entre surcos en cm.	Distancia entre plantas en cm.
Cilantro	10	5
Rábano	8	5

Fuente: Godoy, 2001 (14)

El manejo que se les dio, fue el mismo que el descrito anteriormente en cuanto a riego, aplicación de solución nutritiva, escardas y aporques.

La figura 8 muestra el cultivo de cilantro listo para ser cosechado.



Figura 8. Cultivo de cilantro.

B Transplante para sustrato líquido

Este sistema se realizó en un medio líquido, el cual contiene agua y sales nutritivas, es llamado también “**Cultivo de Raíz Flotante**”, porque las raíces flotan dentro de la misma.

En este sistema, el cultivo de la lechuga se adapta eficazmente. Es por ello que a dicho cultivo se le denomina la reina de las hortalizas para el sustrato líquido, ya que la misma tiene la capacidad de adaptar sus raíces, absorbiendo eficientemente el oxígeno disuelto en la solución nutritiva.

Las plantas de lechuga se sostuvieron sobre planchas de termoport de 1” de grosor x 1 metro de largo x 0.50 metros de ancho, las cuales flotan sobre la superficie del líquido.

Los contenedores utilizados fueron cajas de 1.10 metros de largo x 1.10 metros de ancho x 15 centímetros de altura, los cuales se impermeabilizaron con nylon y se llenaron de agua, a una altura de 10 centímetros. Los contenedores tuvieron una capacidad de 121 litros de agua.

En las planchas de termoport, se abrieron agujeros con un tubo de metal caliente de 1” de diámetro a una distancia de 17 x 17 centímetros, que es el distanciamiento que se le dio al cultivo de la lechuga, tal como se aprecia en la figura 9.



Figura 9 Realización de agujeros en planchas de termoport.

En los agujeros se introdujeron las plantitas post- semillero y para sostenerlas en los agujeros, se cortaron trocitos de esponja de 3 x 3 centímetros y de 1” de grosor, a los cuales se cortaron por la mitad donde se sostuvieron las plántulas.

Se tuvo el cuidado de que las raíces de las plántulas quedaran verticales y sumergidas en el líquido.

A manera que el cultivo creció, fue absorbiendo más agua con la solución nutritiva, por lo que cuando disminuyó 3 centímetros de los 10, se aplicó la restante agua con su solución hidropónica.

En la figura 10, se aprecia el transplante de plántulas de lechuga, realizadas en horas de la tarde.



Figura 10. Transplante de lechugas en el sistema de raíz flotante.

En la mañana y en la tarde se levantaron las planchas de termoport y se agitó el agua con la solución nutritiva, de forma manual, a manera de hacer burbujas. Esta etapa se ejecutó con el objetivo de introducir oxígeno a la solución y además que los nutrientes hidropónicos, aplicados a la misma, se redistribuyan homogéneamente.

En la figura 11 se aprecia las raíces de lechuga blanquecinas y bien oxigenadas como producto de una buena agitación de la solución líquida.



Figura 11. Raíz blanquecina y bien oxigenada en el cultivo de la lechuga.

Cada familia de la comunidad de Guaraquiche beneficiada con un módulo cunícola, contó con un huerto hidropónico en sustrato líquido, con el cultivo de la lechuga, ya que en el sistema sólido, la disponibilidad de arena en dicha comunidad, es una limitante para haber pensado en el mismo. El objetivo fue de disponer de alimento como producto de los excedentes para los módulos, en especial en la época de verano donde es escaso, tal como se muestra en la figura 12.



Figura 12. Huertos hidropónicos en sustrato líquido, cuyos excedentes son empleados en la alimentación de conejos.

6.1.6 Los nutrientes o solución nutritiva

Los nutrientes hidropónicos empleados, parten de 2 soluciones madres llamadas solución concentrada “A” y solución concentrada “B”. La solución A aporta a las plantas los elementos nutritivos que las mismas consumen en mayores proporciones, llamados macro nutrientes y dentro de estos están: el nitrógeno (N), el fósforo (P), el potasio (K) y el calcio (Ca). La solución B aporta los elementos nutritivos que las plantas requieren en menores proporciones son llamados oligoelementos y dentro de

ellos se encuentran: el magnesio (Mg), el azufre (Z), el cobre (Cu), el manganeso (Mn), el Zinc (Zn), el boro (B), el molibdeno (Mo) y el hierro (Fe).

De la solución concentrada A se aplicaron 5 cc por cada litro de agua, y de la solución concentrada B, 2 cc por cada litro de agua (9). Cabe destacar que nunca se mezclaron las 2 soluciones por si solas, ya que inactivaría los elementos nutritivos que cada una de ellas contiene. Primero se aplicó la solución A sobre el agua y seguidamente la solución B.

En el sistema de sustrato sólido en recipientes plásticos, se llenaron de agua y según fue su capacidad, así se aplicó la dosis recomendada anteriormente, tanto de la solución A como de la solución B. Los recipientes se guardaron bajo la sombra y cercanos a los huertos donde se emplearon diariamente, aplicando todos los días a la base del tallo de cada planta, a excepción de un día a la semana, donde se aplicó el doble del riego del utilizado diariamente, con el objeto de lavar las sales acumuladas en el sustrato. Los excesos de solución nutritiva que salieron por el drenaje de los contenedores, se utilizaron en el siguiente riego. Los nutrientes con su solución nutritiva se aplicaron por la mañana.

Para el método de raíz flotante, se aplicaron 605 cc de la solución A y 242 cc de la solución B, ya que los contenedores tuvieron un volumen de 121 litros de agua.

En la figura 13, se aprecia la aplicación de los nutrientes hidropónicos.

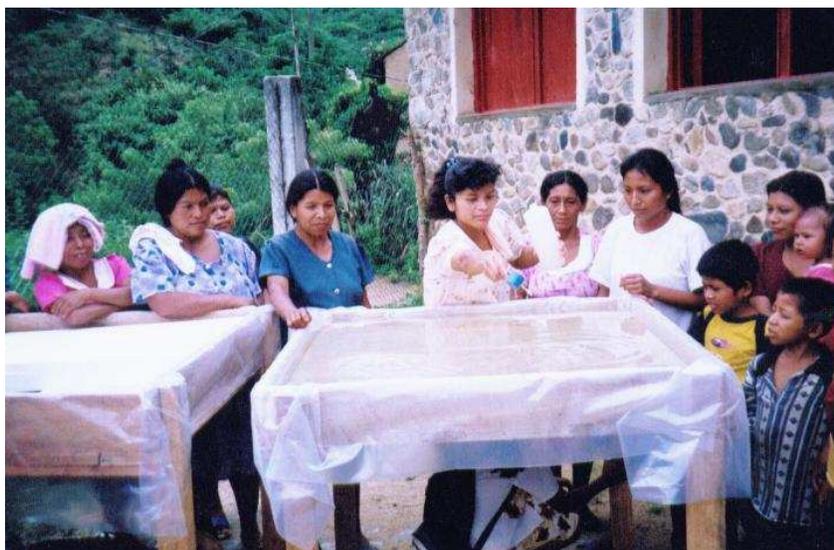


Figura 13. Aplicación de nutrientes hidropónicos al medio líquido.

6.1.7 Control natural de plagas y enfermedades

Se estuvo revisando a diario los huertos hidropónicos, para detectar la presencia, tanto de plagas como de enfermedades, que afectaron a los mismos. Las revisiones se realizaron en las primeras horas de la mañana y en las últimas horas de la tarde.

Dentro de las plagas que afectaron los huertos se mencionan:

La mosca blanca. Que afectó al cultivo de tomate.

Larvas de lepidopteros. Que afectó al cultivo de tomate (fruto, hojas).

Para convivir con las mismas, se controlaron empleando el insecticida botánico **Extracto Acuoso de Semilla de Nim**, el cual fue preparado por los participantes de las comunidades.

De los ingredientes empleados para la preparación del mismo fueron:

- a. 0.90 kilogramos de semilla de Nim
- b. 15 litros de agua.

El procedimiento para la preparación del insecticida botánico, fue el siguiente: se molió la semilla en un molino manual y se dejó en remojo en un recipiente con los 15 litros de agua durante 8 horas, seguidamente se coló y aplicó con una rociadora con capacidad de 17 litros, directamente a los cultivos.

La figura 14, nos muestra el proceso del molido de la semilla de Nim y la figura 15, el colado del extracto acuoso.



Figura 14. Proceso del molido de la semilla de Nim.



Figura 15. Colado del extracto acuoso.

Dentro de las enfermedades detectadas en los huertos se pueden mencionar:

- a Tizón tardío y Tizón temprano.** Afecto principalmente al cultivo de tomate.
- b Mancha Púrpura.** Afectando al cultivo de la cebolla.

Para el control de las mismas, se emplearon fungicidas de tipo orgánico, preparados también por los participantes en las comunidades, siendo los siguientes:

Caldo Sulfato calcico

Los ingredientes empleados para la preparación del mismo fueron:

- a. 0.90 kilogramos de azufre
- b. 0.45 kilogramos de cal.
- c. 17 litros de agua.

El proceso en la preparación del fungicida, fue el siguiente: se mezcló el azufre con la cal en los 17 litros de agua, en un recipiente de metal, para luego hervir hasta que la solución tomara un color de vino tinto. Seguidamente se dejó enfriar y se aplicó una dosis de 1 litro de la mezcla por rociadora de 17 litros de volumen al follaje de los cultivos.

La figura 16, muestra el proceso del pesado de la cal y azufre y la figura 17, el cocimiento de la mezcla.



Figura 16. Pesado del azufre y la cal.



Figura 17. Cocimiento de la mezcla de la cal con el azufre.

Caldo Bordelés

Para dicho fungicida se utilizaron las materias primas siguientes:

- a. 4 onzas de Sulfato de Cobre
- b. 4 onzas de Cal
- c. 17 litros de agua.

Para la preparación del mismo, se pesaron las 4 onzas de sulfato de cobre y las 4 onzas de cal y se mezclaron directamente a la rociadora con capacidad de 17 litros de agua de volumen y se asperjó al follaje del cultivo de tomate.

6.2 COMPONENTE DE CAPACITACION

6.2.1 Capacitación de las etapas en la implementación del huerto hidropónico

Se capacitaron 16 familias de la comunidad de Matazano y 38 familias de la comunidad de Guaraquiche, sobre las etapas en la implementación del huerto hidropónico. El cuadro 8 detalla la distribución, según el sexo de las familias capacitadas.

Cuadro 8. Distribución según sexo de las familias capacitadas sobre las etapas en la implementación del huerto hidropónico de las comunidades de Matazano y Guaraquiche.

Comunidad	Hombres	Mujeres	Total
Matazano	6	10	16
Guaraquiche	16	22	38

Se puede apreciar que hubo más participación de mujeres que hombres, ya que por lo general los huertos se ubican en pequeños espacios, aledaños a la vivienda, por lo que hay más preferencia al cuidado y mantenimiento de las mujeres hacia el huerto hidropónico, por que las mismas son las que se dedican a las tareas del hogar, no así por parte de los hombres que salen a sus labores agrícolas fuera del hogar.

A manera de reforzamiento en las capacitaciones implementadas e intercambiar experiencias, se realizó una gira a la finca experimental del Instituto de Nutrición para Centro América y Panamá (INCAP), a la cual asistieron las familias capacitadas sobre las etapas en la implementación del huerto hidropónico, tanto de las comunidades de Matazano como de Guaraquiche. El instituto se localiza en la aldea Pachalí del departamento de San Juan Sacatepéquez y kilómetro 41 carretera a San Raimundo.

La finca experimental del INCAP en cultivos hidropónicos, es administrada por el Ingeniero José Solórzano, quien tuvo a bien dar a los participantes el proceso que conllevan y los avances obtenidos en los mismos, tal como se aprecia en la figura 18.



Figura 18. Gira realizada a la finca experimental del INCAP.

6.2.2 Capacitación a líderes en la preparación de nutrientes hidropónicos

Una de las limitantes en la introducción de esta alternativa de producción (huertos hidropónicos) a las comunidades de Matazano y Guaraquiche, fue la no disponibilidad en el mercado de las soluciones nutritivas. Estas soluciones fueron creadas por la Organización Mundial de la Alimentación y que únicamente se podían encontrar en el INCAP, por lo que se decidió capacitar a líderes de las comunidades, en la preparación de las soluciones madres (A y B).

El cuadro 9, nos indica los productos empleados en la preparación de 10 litros de la solución concentrada “A”, así como la dosis de cada uno.

Cuadro 9. Productos y dosis empleados para la preparación de 10 litros de solución nutritiva “A”.

Producto	Dosis en gramos
Fosfato Monoamónico (MAP)	340
Nitrato de Calcio	2080
Nitrato de Potasio	1100

Fuente: Laboratorio INCAP

El procedimiento para la preparación fue el siguiente: en un tonel de plástico se agregaron 8 litros de agua. Seguidamente se agregó el fosfato monoamónico y se agitó hasta que se disolviera el mismo. Luego se agregó el nitrato de calcio, se volvió a agitar hasta que se diluyera y por último el nitrato de potasio, agitando nuevamente hasta diluirse completamente. Después se completó con los restantes 2 litros de agua.

En el cuadro 10, se muestra los productos utilizados en la preparación de 4 litros de la solución concentrada “B”, así como la dosis de cada uno.

Cuadro 10. Productos y dosis empleados en la preparación de 4 litros de solución nutritiva “B”.

Producto	Dosis en gramos
Sulfato de Magnesio	492
Sulfato de Cobre	0.96
Sulfato de Manganeso	2.48
Sulfato de Zinc	1.20
Ácido Bórico	6.20
Molibdato de Amonio	0.02
Quelato de Hierro	16.92

Fuente: Laboratorio INCAP.

El procedimiento para la preparación fue el siguiente: en un tonel de plástico se agregaron 2 litros de agua. Seguidamente se añadieron uno a uno los productos descritos en el cuadro 10, pero solamente se agregó el siguiente, cuando ya se había disuelto el primero como producto de la agitación y al final se completaron con los restantes 2 litros de agua.

Estas materias primas utilizadas en la preparación de las soluciones madres son fáciles de conseguir en nuestro medio.

La figura 19, nos muestra la preparación de las soluciones nutritivas.



Figura 19. Procedimiento para preparar las soluciones nutritivas.

Como producto de la capacitación, se encuentran disponibles nutrientes hidropónicos en el municipio de Jocotán a un precio de Q 13.00 el kit, el cual está compuesto por un litro de solución “A” y medio litro de solución “B”, tal como se aprecia en la figura 20.



Figura 20. Nutrientes hidropónicos disponibles en Jocotán.

6.3 COSTOS DE PRODUCCIÓN Y RENTABILIDAD

Los sistemas hidropónicos empleados en las comunidades, fueron en sustrato sólido y sustrato líquido (raíz flotante).

Se emplearon contenedores de materiales propios de la región como lo fueron: venas de palma, varas de caulote y varillas de pino, por el bajo costo de los mismos, ya que no se pretendía incurrir en costos de materiales altos (tablas de madera aserrada). Las familias beneficiadas pusieron dichos materiales, para no crear un paternalismo en las comunidades.

El cuadro 11, detalla el costo de materiales utilizados en las unidades de producción (contenedores), comparado con el costo de tablas de madera aserrada.

Cuadro 11. Costo de materiales utilizados por unidad de producción comparado con tablas de madera aserrada.

Materiales.	Precio x Unidad en Q.	Número de Unidades.	Total en Q.
Venas de palma	0.15	100	15.00
Varillas de pino	0.15	85	12.75
Varas de caulote	0.15	85	12.75
Tablas	40.00	2	80.00

Como se puede apreciar, es factible producir hortalizas en el sistema hidropónico, sin necesidad de incurrir en materiales de costos altos, ya que se puede hacer uso de los recursos propios de las comunidades.

Los contenedores tuvieron las dimensiones de 1.10 metros de largo x 1.10 metros de ancho y una altura de 15 centímetros para los cultivos validados por las comunidades como lo fueron: lechuga (sustrato líquido), rábano, cilantro, cebolla. Para el cultivo del tomate, la altura de las unidades de producción fueron de 30 centímetros, ya que las raíces de dicho cultivo tienden a profundizarse más que los cultivos anteriormente citados.

Se llevó un registro del costo de todos los materiales y de operación empleados en la implementación por huerto hidropónico de 1.20 metros cuadrados, para los cinco cultivos validados, así como se realizó el cálculo de rentabilidad, para cada uno de los mismos.

Es de hacer notar que el 25% de lo obtenido de las cosechas, se empleó en la alimentación de las familias, y el resto (75%), fue comercializado a nivel local y aldeas circunvecinas.

Para aquellas familias beneficiadas con módulos cunícolas que contaron con un huerto hidropónico en el sistema de raíz flotante con el cultivo de lechuga, el 75% de la cosecha fue empleada en la alimentación de los mismos (módulos), y el restante fue en la alimentación de las propias familias.

Con el margen de beneficio económico (rentabilidad), las familias lo invierten en la compra de algunas necesidades básicas como lo son azúcar, jabón, sal y alguna medicina, a la vez que se le da sostenibilidad al sistema.

6.3.1 Costos de producción del cultivo de tomate

En el cuadro 12 se detallan los costos de los materiales en la implementación, operación y rentabilidad hasta el tercer ciclo del cultivo de tomate.

Cuadro 12. Costos de materiales para la implementación y operación del huerto hidropónico hasta el tercer ciclo del cultivo de tomate.

Materiales	Unidad de medida	Precio X unidad en Q.	Número de Unidades	sub. total. En Q.
Pilones	Pilones	0.23	27	6.21
Cascarilla de arroz	Saco de 90 kilogramos	7.00	2	14.00
Arena de río	Saco de 45 kilogramos	11.50	2	23.00
Nutrientes hidropónicos	Kit	13.00	6	78.00
Venas de palma		0.15	100	15.00
Nylon negro # 12	Yardas	8.00	2	16.00
Clavos de 2''	Libras	2.50	2	5.00
Grapas de pared de ½	Caja	5.50	1	5.50
Bote de plástico de 21 litros		35.00	1	35.00
Jeringas de 12 cc		1.50	2	3.00
Transporte cascarilla arroz		5.00	2	10.00
Mano de obra en implementación y mantenimiento.	Jornal	20.00	4	80.00
Sulfato calcico	Litros	0.68	24	16.32
Caldo Bordelés	Litros	0.34	24	8.16
Semilla de Nim	Libras	10.00	3	30.00
Costo total				345.19
Ingreso Bruto 189 lb. x Q 2.50 c/u.				472. 50
Ingreso Neto				127.31
Rentabilidad				36%

Al realizar el cálculo de la rentabilidad según la fórmula $R = \frac{IN}{CT} * 100$ donde: R= rentabilidad, IN= ingreso neto y CT= costo total, se aprecia un margen de rentabilidad del 36% hasta el tercer ciclo del cultivo de tomate, la cual nos indica que por cada quetzal invertido se obtuvo Q 1.36 quetzales, con lo cual se logró cubrir el costo de la inversión más Q 0.36 quetzales de ganancia. Los ingresos fueron calculados sobre el 75% de la producción ya que el 25% de la misma fue empleado en la alimentación familiar.

6.3.2 Costos de producción del cultivo de cilantro

Otro de los cultivos implementados en sustrato sólido fue el cilantro, el cual tuvo buena aceptación por las familias ya que el mismo no es afectado tanto por plagas y/o enfermedades.

En el cuadro 13, se detallan los costos de los materiales para la implementación y operación del huerto hidropónico para el cultivo de cilantro, hasta el tercer ciclo del mismo.

Cuadro 13. Costos de materiales y operación del huerto hidropónico en el cultivo de cilantro, hasta el tercer ciclo.

Materiales	Unidad de medida	Precio X unidad en Q.	Número de Unidades	sub. total. En Q.
Semilla de cilantro	Onza	8.00	1.5	12.00
Cascarilla de arroz	Saco de 90 kilogramos	7.00	1	7.00
Arena de río	Saco de 45 kilogramos	11.5	1	11.5
Nutrientes hidropónicos	Kit	13.00	3	39.00
Varillas de pino		0.15	85	12.75
Nylon negro # 12	Yardas	8.00	2	16.00
Clavos de 2''	Libras	2.50	2	5.00
Grapas de pared de ½	Caja	5.50	1	5.50
Bote de plástico de 21 litros		35.00	1	35.00
Jeringas de 12 cc		1.50	2	3.00
Transporte cascarilla arroz		5.00	1	5.00
Mano de obra en implementación y mantenimiento.	Jornal	20.00	4	80.00
Costo Total				231.75
Ingreso Bruto 300 manojos de aun precio de Q. 1.00 c/u				300.00
Ingreso Neto				68.25
Rentabilidad				29%

Con este margen de rentabilidad se cubren los costos incurridos de la inversión y a la vez se llega a tener una ganancia de Q 0.29 por cada quetzal invertido.

6.3.3 Costos de producción del cultivo de rábano

Otro de los cultivos validados por las comunidades fue el rábano en sustrato sólido y al igual que el cilantro, fue bien aceptado por las familias, ya que el nivel de daño económico por plagas y/o enfermedades no es trascendental y a la vez del mismo se consumen no solo sus raíces sino que también sus hojas.

A continuación en el cuadro 14, se detallan los costos de materiales, implementación y operación del cultivo de rábano hasta el cuarto ciclo

Cuadro 14. Costos de materiales, implementación y operación del cultivo de rábano hasta el cuarto ciclo.

Materiales	Unidad de medida	Precio X unidad en Q.	Número de Unidades	sub. total. En Q.
Semilla de Rábano	Onza	8.00	2	16.00
Cascarilla de arroz	Saco de 90 kilogramos	7.00	1	7.00
Arena de río	Saco de 45 kilogramos	11.5	1	11.5
Nutrientes hidropónicos	Kit	13.00	4	52.00
Varillas de caulote		0.15	85	12.75
Nylon negro # 12	Yardas	8.00	2	16.00
Clavos de 2''	Libras	2.50	2	5.00
Grapas de pared de 1/2	Caja	5.50	1	5.50
Bote de plástico de 21 litros		35.00	1	35.00
Jeringas de 12 cc		1.50	2	3.00
Transporte cascarilla arroz		5.00	1	5.00
Mano de obra en implementación y mantenimiento.	Jornal	20.00	5	100.00
Costo Total				268.75
Ingreso Bruto 332 manojos a Q. 1.00 c/u.				332.00
Ingreso Neto				63.25
Rentabilidad				23%

Con esta rentabilidad se llegaron a cubrir los costos de la inversión y a la vez se obtiene un margen de ganancia de Q 0.23 por cada quetzal invertido.

6.3.4 Costos de producción del cultivo de la cebolla

En el cuadro 15 se detallan los costos en la implementación y operación del cultivo de la cebolla, mismo que conlleva dos etapas a saber: semillero y campo definitivo.

Cuadro 15. Costos de materiales en la implementación y operación del cultivo de la cebolla hasta el cuarto ciclo.

Materiales	Unidad de medida	Precio X unidad en Q.	Número de Unidades	sub. total. En Q.
Semilla de Cebolla	Onza	12.00	1	12.00
Cascarilla de arroz	Saco de 90 kilogramos	7.00	1	7.00
Arena de río	Saco de 45 kilogramos	11.5	1	11.5
Nutrientes hidropónicos	Kit	13.00	6	78.00
Sulfato calcico	Litros	0.68	32	21.76
Venas de palma		0.15	85	12.75
Nylon negro # 12	Yardas	8.00	2	16.00
Clavos de 2''	Libras	2.50	2	5.00
Grapas de pared de ½	Caja	5.50	1	5.50
Bote de plástico de 21 litros		35.00	1	35.00
Jeringas de 12 cc		1.50	2	3.00
Transporte cascarilla arroz		5.00	1	5.00
Mano de obra en implementación, mantenimiento en semillero y campo definitivo.	Jornal	20.00	5	100.00
Costo Total				312.51
Ingreso Bruto 108 manojos a Q 3.50 c/u.				378.00
Ingreso Neto				65.49
Rentabilidad				21%

Durante el cuarto ciclo del cultivo de la cebolla, se obtuvo una rentabilidad del 21%, con lo cual se cubren los costos incurridos durante la implementación del huerto hidropónico y a la vez se tiene una ganancia de Q 0.21 por cada quetzal invertido.

6.3.5 Costos de producción del cultivo de la lechuga

Otro de los cultivos validados por las comunidades e implementado en el sistema de raíz flotante, fue el cultivo de la lechuga, mismo que al igual que la cebolla lleva dos etapas como lo son: semillero y campo definitivo

El cuadro 16 detalla los costos incurridos en la implementación y operación hasta el sexto ciclo del cultivo.

Cuadro 16. Costos de materiales en la implementación y operación del cultivo de la lechuga hasta el sexto ciclo.

Materiales	Unidad de medida	Precio X unidad en Q.	Número de Unidades	sub. total. En Q.
Semilla de lechuga	Onza	12.00	1.50	18.00
Planchas de termoport		13.00	2	26.00
Esponja		32.00	1.50	48.00
Nutrientes hidropónicos	Kit	13.00	6	78.00
Venas de palma		0.15	85	12.75
Nylon negro # 12	Yardas	8.00	2	16.00
Clavos de 2''	Libras	2.50	2	5.00
Grapas de pared de 1/2	Caja	5.50	1	5.50
Bote de plástico de 21 litros		35.00	1	35.00
Jeringas de 12 cc		1.50	2	3.00
Mano de obra en implementación, mantenimiento en semillero y campo definitivo.	Jornal	20.00	7	140.00
Costo Total				387.25
Ingreso Bruto 144 x Q 3.00 c/u.				432.00
Ingreso Neto				44.75
Rentabilidad				11%

En el sexto ciclo del cultivo de la lechuga en el sistema de raíz flotante, se están cubriendo los costos incurridos en la implementación del huerto hidropónico y a la vez se tiene un margen de ganancia de Q. 0.11 por cada quetzal invertido,

En cada ciclo de cultivo, las familias tienen garantizado el consumo de 6 lechugas.

7. CONCLUSIONES

- 7.1 De acuerdo a la sistematización de las experiencias vividas en la implementación de huertos hidropónicos, en las comunidades de Matazano y Guaraquiche se cuenta con un documento base en forma de manual donde quedan recopiladas las mismas. Según las experiencias recabadas se introdujeron nuevos cultivos hortícolas como lo fueron tomate, rábano, cilantro, cebolla y lechuga con lo cual se diversificó la producción agrícola. Con esta nueva técnica de producir hortalizas se pudieron cultivar las mismas en sustratos sólidos idóneos, que son abundantes en el área ch'orti' como lo son la cascarilla de arroz y la arena. Se hicieron uso de materiales propios de la región para la construcción de contenedores como lo fueron venas de palma, varas de caulote y varillas de pino, con lo cual es factible producir hortalizas de una manera sencilla sin necesidad de incurrir en materiales de costos altos. Con esta alternativa de producción se contribuyó a conservar la salud, ya que los cultivos obtenidos son limpios y sin residuos de plaguicidas químicos.
- 7.2 16 familias de la comunidad de Matazano, y 38 de Guaraquiche fueron capacitadas en las etapas que conlleva la implementación del huerto hidropónico, mismas que fueron beneficiadas por el proyecto FAO-PESA con huertos hidropónicos. La adopción de esta nueva tecnología la mostraron las mujeres, ya que los huertos se ubicaron en pequeños espacios aledaños a la vivienda, por lo que hay más preferencia al cuidado y mantenimiento de las mismas hacia el huerto hidropónico, ya que se dedican a las tareas del hogar, no así por parte de los hombres que salen a sus labores agrícolas fuera del hogar. Por otra parte al producir hortalizas en el sistema hidropónico las familias cuentan con una dieta más variable en la alimentación.
- 7.3 Se encuentran disponibles nutrientes hidropónicos en el municipio de Jocotán, los cuales están compuestos por un kit al precio de Q 13.00, el cual está integrado por 1 litro de solución “A” y ½ litro de solución “B”. Las materias primas utilizadas en la preparación de las soluciones madres

son fáciles de conseguir en nuestro medio, con las cuales ya no es una limitante para contar con las mismas en áreas donde no se encuentran a disposición.

- 7.4 Basados en los costos de producción, se obtuvo la rentabilidad para cada uno de los cultivos validados por las comunidades, a saber: para el cultivo de **tomate** se obtuvo una rentabilidad del 36% para el tercer ciclo. En el cultivo de **cilantro** la rentabilidad fue del 29% hasta el tercer ciclo. Para el cultivo del **rábano** hasta el cuarto ciclo la rentabilidad fue del 23%. En el cultivo de la **cebolla** se obtuvo una rentabilidad del 21% hasta el cuarto ciclo. Para la **lechuga** al sexto ciclo se determinó una rentabilidad del 11%. Con el margen de beneficio económico, las familias lo invierten en la compra de algunas necesidades básicas como lo son azúcar, jabón, sal y alguna medicina, a la vez que se le da sostenibilidad al sistema.
- Los costos de producción se determinaron sobre el 75% de la producción, ya que el restante 25% fue empleado en la alimentación de las familias.

8. RECOMENDACIONES

- 8.1 Se recomienda darle seguimiento a los grupos beneficiados con huertos hidropónicos, con lo cual se fortalecerá la organización entre los mismos y que tiendan a ser como plan piloto para otras comunidades e instituciones del área ch'orti' que contemplen la propuesta y ejecución de proyectos de esta naturaleza.

- 8.2 Se recomienda cultivar hortalizas bajo el sistema hidropónico en aquellas comunidades del área ch'orti' donde los suelos son improductivos y en donde el agua tiende a ser una limitante, con lo cual se permite aumentar y mejorar la calidad de la alimentación. A la vez los sustratos a utilizar en las mismas son abundantes, fáciles de transportar, manejar y son económicos. Así se puede hacer uso de materiales locales de las comunidades en la construcción de contenedores o recipientes. Por otra parte al cultivar hortalizas bajo el sistema hidropónico, las mismas tienden a ser rentables, con lo cual se le da sostenibilidad al sistema y a la vez se logran cubrir algunas necesidades básicas que anteriormente no se cubrían.

9. BIBLIOGRAFIA

1. Amador, D. 2000. Hidroponía, principios y métodos de cultivo. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 13 p.
2. Barrera, G. 2004. Evaluación de cinco variedades de lechuga **Lactuca sativa L.** cultivadas con la técnica hidropónica solución nutritiva recirculante (NFT). Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 64 p.
3. Barrios, A. 2004. Evaluación del cultivo de la lechuga **Lactuca sativa L.** bajo condiciones hidropónicas en pachalí, San Juan Sacatepequez, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 55 p.
4. Bautista, R. 2000. Evaluación del rendimiento de cuatro variedades de lechuga **Lactuca sativa L.** en cultivo hidropónico utilizando como sustratos arena y cascarilla de arroz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 57 p.
5. Bertsch, F. 1998. La fertilidad de los suelos y su manejo. San José, CR, Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. 157 p.
6. Castañeda, F; Valverde, C; García, L. 1997. Manual de cultivos hidropónicos populares: producción de verduras sin usar la tierra. Guatemala, INCAP. 32 p.
7. Colegio, J.N. 1998. Bialik, BA (correspondencia personal). Argentina. (ebotob@einstein.com.Ar).
8. Cooperación Española, GT/ Oficina Municipal de Planificación, GT. 2003. Diagnostico muniregional rural no. 5 Guaraquiche. Guatemala. s.p.
9. Cruz, JR. De la. 1982. Clasificación de zonas de vida a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
10. Chang, M; Hoyos, M; Rodríguez, A. 2000. Manual práctico de hidroponía: sistema de raíz flotante y sistema de sustrato sólido. Perú, s.e. 42 p.
11. Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, Innovación Tecnológica. 2000. Guía de producción de lechuga: sistema de raíz flotante (en línea). Honduras, Secretaría de Agricultura y Ganadería. Consultado 8 mar. 2005. Disponible en http://www.sag.gob.hn/dicta/Paginas/lechuga_hidroponica.html
12. DGC (Dirección General de Cartografía, GT). 1983. Mapa topográfico de la república de Guatemala; hoja Jocotán no. 2360 III. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
13. Estrada, A. 2003. Caracterización de sustratos orgánicos e inorgánicos a nivel de región en Guatemala y su efecto en el rendimiento de hortalizas en cultivo hidropónico. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 82 p.
14. Godoy, AI. 2001. Hidroponía cultivos sin tierra. Guatemala, s.e. 80 p.
15. Howard, M; Resh, PD. 1982. Cultivos hidropónicos. Madrid, España, Mundi Prensa. 283 p.

16. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1976. Diccionario geográfico nacional de Guatemala. Guatemala. Tomo 2. 1076 p.
17. Malca, GO. 2001. Seminario de agronegocios, lechugas hidropónicas (en línea). Lima, Perú, Universidad del Pacífico. 96 p. Consultado 8 mar 2005. Disponible en www.upbusiness.net.
18. Marulanda, CH. 1992. La huerta hidropónica popular; curso audiovisual. Santiago, Chile, OEA / PNUD. 118 p.
19. Moreno, U. 1997. Fisiología de las plantas hidropónicas. **In** Curso Taller Internacional una Esperanza para Latinoamérica (1997, Lima, Perú). Lima, Perú, Universidad Agraria La Molina, Centro de Investigación de Hidroponía e Investigación Mineral. p. 113-116.
20. Pennings Feld, F; Kurzmann, P. 1975. Cultivos hidropónicos y en turba. Madrid, España, Mundi Prensa. 250 p.
21. PNUD (Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, NI) / IIFM (Instituto de Investigaciones y Fomento Municipal, NI) 1,997. Hidroponía popular, cultivos sin tierra; guía práctica. Nicaragua. 42 p.
22. Rodríguez, D; Hoyos, M; Chang, M. 2001. Soluciones nutritivas en hidroponía, formulación y preparación. Lima, PE, Universidad Agraria La Molina, Centro de Investigación de Hidroponía e Investigación Mineral. 97 p.
23. Sánchez, F; Escalante, E. 1988. Un sistema de producción de plantas; hidroponía, principios y métodos de cultivo. 3 ed. México, Universidad Autónoma de Chapingo. 193 p.
24. Sánchez, F; Ortega, C. 1980. Estudio de un sistema de producción agrícola. Chapingo no. 25-26:79
25. Simmons, C; Tarano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado-Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra. p. 386.
26. Vallejo, J; Fernández, R. 1978. Determinación del uso consultivo, lámina de riego e intervalo de riego en hidroponía, para cultivo de tomate (**Lycopersicum esculentum**). Chapingo no.11-12 :40-45.

Apéndice 3. Plan de clase teórico.

	Registro de Calidad	R.S.DR-008 Edición 02
	Plan de Clase Teórica	1 de 2

R.S.DR 008 Edición 02

INFORMACIÓN GENERAL DEL EVENTO	
Evento:	Facilitador:
Módulo:	Lugar y Fecha:
Unidad:	Tipo de Evento: FfJO <input type="checkbox"/> CT <input type="checkbox"/>
Tema:	FORJA <input type="checkbox"/> SEMINARIO <input type="checkbox"/>
	ACTA <input type="checkbox"/> DIPLOMADO <input type="checkbox"/>
	CTC <input type="checkbox"/>
Cantidad de Participantes:	

OBJETIVO ESPECIFICO:

Tiempo	INTRODUCCION

DESARROLLO DE LA CLASE TEORICA			
TEMA Y SUBTEMA	ESTRATEGIAS		
	Facilitador	Participante	Recursos Didácticos

RECAPITULACION (Resumen)	
	Pizarrón <input type="checkbox"/>
	Rotafolio <input type="checkbox"/>
	Marcadores <input type="checkbox"/>
	Yeso <input type="checkbox"/>
	Retroproyector <input type="checkbox"/>
	Videogradora <input type="checkbox"/>
	Multimedios <input type="checkbox"/>

EVALUACION	BIBLIOGRAFIA
Cuestionario Escrito <input type="radio"/>	
Preguntas Orales <input type="radio"/>	
Trabajo de Investigación <input type="radio"/>	
TOTAL Informe / Resumen de la Clase <input type="radio"/>	
Otro <input type="radio"/>	

Apéndice 4. Plan de clase práctica.

 <small>Instituto Costarricense de Ejecución de Proyectos y Planificación</small>	Registro de Calidad	R.S.DR-007 Edición 02
	Plan de Clase Práctica	1 de 2

INFORMACIÓN GENERAL DEL EVENTO		
Evento:	Facilitador:	
Módulo:	Lugar y Fecha:	
Nombre de la Práctica:	Tipo de Evento:	<input type="checkbox"/> FIJO <input type="checkbox"/> CT <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> FORJA <input type="checkbox"/> SEMINARIO <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> ACTA <input type="checkbox"/> DIPLOMADO <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> CTC <input type="checkbox"/>
No. de la Práctica:	Cantidad de Participantes:	
Duración de la Práctica:		
OBJETIVO ESPECÍFICO:		
INTRODUCCIÓN		
DESARROLLO DE LA PRACTICA		
Lectura de guía de práctica o instrucción de la práctica y resolución de dudas	Individual:	<input type="checkbox"/>
	Lectura guiada:	<input type="checkbox"/>
	Grupo:	<input type="checkbox"/>
	Otro:	<input type="checkbox"/>
	Especifique:	<input type="checkbox"/>
Demonstración del Proceso de Ejecución de la Práctica	Equipo (Descripción)	
Aplicación de la Práctica	Estrategia de Aplicación	Herramienta (Descripción)
Participación de Profesores, Alumnos y Supervisador	Materiales (Descripción)	
Evaluación y Aplicación de los Resultados		
TOTAL		