



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

“Planeación Integral de la Comunidad Las Carpas, Municipio de Tlaquiltenango, Morelos; en base a Cultivos Hidropónicos”

**T E S I S**  
**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:**  
**INGENIERO INDUSTRIAL**  
**P R E S E N T A:**  
**EDGAR GARCÍA FLORES**  
**ALONSO ISRAEL VILLANUEVA MARTÍNEZ**

**DIRECTOR DE TESIS: ING. ROBERTO ESPRIÚ SEN**

MÉXICO, D. F.

MAYO 2008

A mis padres mil gracias por estar siempre a mi lado brindándome su apoyo y amor incondicional, para poder alcanzar esta meta que también es suya.

A ti mi amor por estar siempre a mi lado y darme todo tu amor, confianza y la fuerza para seguir siempre adelante.

Y a ti UNAM, por tu formación, grandeza y por darme el camino que ayudará a formar mi futuro y mi patrimonio.

**Edgar García Flores**

Con gran amor y satisfacción dedico esta tesis a mis padres, Eduardo y Silvia,  
y a mis hermanos Samuel y Daniel por su amor y apoyo incondicional.

A los Profesores e Ingenieros de la Facultad de Ingeniería de la Universidad  
Nacional Autónoma de México por la enseñanza y apoyo de ellos recibido.

**Alonso Israel Villanueva Martínez**

---

---

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b>	6
<b>OBJETIVOS</b>	8
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>MARCO GENERAL DE REFERENCIA</b>	9
ANTECEDENTES	9
MARCO GEOGRÁFICO	9
MARCO HISTÓRICO	11
MARCO JURÍDICO	13
JUSTIFICACIÓN	14
MARCO TEÓRICO	14
METODOLOGÍA	15
PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS (VARIABLES E INDICADORES)	16
DIAGNÓSTICO INTEGRAL DE LA SITUACIÓN ACTUAL	18
• PROYECTO PRODUCTIVO (HIDROPONIA)	
- LECHUGA	20
- JITOMATE	22
CARACTERÍSTICAS DEL INVERNADERO	23
CONSTRUCCIÓN DEL INVERNADERO	24
DESCRIPCIÓN GENERAL PARA EL PROYECTO	29
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>ESTUDIO DE MERCADO</b>	
<b>DEFINICIÓN DEL SECTOR</b>	30
Delimitación del sector	30
Situación de la agricultura en México	31
Situación de la producción bajo invernadero	32
Situación de los invernaderos	34

---

---

## **OFERTA**

Tamaño del mercado	36
Análisis de la demanda	36
Clasificación de la demanda	37
Área del mercado	37
Tipificación de los demandantes	38
Demanda actual	38
Costos y financiamiento	39

## **ENTORNO COMPETITIVO**

Competencia a nivel nacional	41
Competencia internacional	42
Posición competitiva	43

## **ANÁLISIS CUALITATIVO DE LA DEMANDA**

Producto	43
Precio	45
Tendencias	45
Densidad económica	46

<b>DISTRIBUCIÓN</b>	<b>47</b>
---------------------	-----------

## **CAPÍTULO III**

<b>ESTUDIO TÉCNICO</b>	<b>50</b>
------------------------	-----------

### **ASPECTOS TÉCNICOS E INGENIERÍA DEL PROCESO EN: LA TÉCNICA DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA RECIRCULANTE ("NFT")**

---

---

## **COMPONENTES Y MATERIALES DEL SISTEMA "NFT"**

Estanque colector	56
Canales de cultivo	60
Bomba	61
Red de distribución	64
Tubería colectora	64

## **REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA "NFT"**

Altura de lámina de la solución nutritiva	66
Flujo de la solución nutritiva	67
Oxigenación de la solución nutritiva	68
Pendiente	68
Longitud de los canales de cultivo	69
Localización del sistema "NFT"	70
Contenedores	70

## **CAPÍTULO IV**

### **SOLUCIÓN NUTRITIVA: FORMULACIÓN Y MANEJO**

71

### **ELECCION DE LAS SALES MINERALES SOLUBLES**

72

Fuentes de nitrógeno (N)

73

Relación Potasio (K)/Nitrógeno (N)

73

HIERRO (Fe)

74

### **FORMULACIÓN DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA**

75

Tipos y elección de formulaciones nutritivas

76

Preparación de soluciones nutritivas concentradas

77

Análisis químico del agua y corrección de la formulación

78

### **MANEJO DE LA SOLUCION NUTRITIVA**

81

Conductividad eléctrica

81

---

pH	82
<b>PREPARACIÓN Y MANEJO DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA RECIRCULANTE</b>	84
Control diario de la solución nutritiva	85
Duración y renovación de la solución nutritiva	86
Intermitencia del flujo de la solución	87
<b>ASPECTOS GENERALES DE LA PRODUCCIÓN DE ALMACIGOS</b>	87
Almacigo de hortalizas de hoja	89
Almacigo de hortalizas de fruto	90
Riego y nutrición de la almaciguera	90
Momento del trasplante	91
<b>ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO EN EL SISTEMA "NFT"</b>	91
<b>MANEJO DE CULTIVOS EN EL SISTEMA "NFT"</b>	92
<b>LECHUGA</b>	
Tipos de lechuga	92
Observaciones de la especie	94
<b>TOMATE</b>	
Tipos y cultivares	96
Observaciones de la especie	96
<b>CAPÍTULO V</b>	
<b>COSTOS Y RENTABILIDAD DE LA HUERTA HIDROPÓNICA</b>	97
Beneficio Social	97
Rentabilidad Económica	98
Ingresos	102

---

---

<b>UTILIDAD ECONOMICA DEL SISTEMA "NFT"</b>	103
Costos de Inversión	105
Otros Costos de Inversión	105
Capital de Trabajo	106
Depreciación	107
Costos Operacionales	107
Ingresos por ventas	108
Costo Total	109
Utilidad	109
Índice de Rentabilidad	109
<b>FUENTES DE FINANCIAMIENTO</b>	110
Programas de apoyo	110
- PROCAMPO	110
- Alianza para el Campo	110
- Alianza Contigo	111
- Alcampo	112
<b>CONCLUSIONES</b>	120
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	122
<b>ANEXOS</b>	
Anexo I	125
Anexo II	127
Anexo III	143
Anexo IV	152

---

---

## INTRODUCCIÓN

La realización de esta tesis de Licenciatura fue por nuestra preocupación, que como Ingenieros Industriales y Mexicanos responsables del porvenir de nuestra nación, nos aqueja un buen desarrollo sustentable en las comunidades del interior de la República. Logrando dar una propuesta a las carencias esenciales de sus habitantes en comunidades comunes y con poco desarrollo. La razón por la cual se seleccionó la comunidad de *Las Carpas* en el municipio de Tlaquiltenango, estado de Morelos, es por la carencia de una buena alimentación y por el mayor aprovechamiento de las tierras que los habitantes de esta comunidad disponen, por lo cual para satisfacer y mejorar la situación actual en la que se encuentran estos habitantes hemos decidido aplicar una *forma de cultivo alternativo* conocido como *Hidroponia* enfocada al método de NFT (Técnica de película de nutrientes). Por medio de la cual se pretende dar una vida digna a sus habitantes, y un mejor aprovechamiento de sus recursos.

A continuación daremos una breve descripción de lo que es este método de cultivo alternativo.

La Hidroponia es la Técnica de cultivar sin tierra. Se puede decir que hay tres formas para la realización y puesta en marcha de éste método:

En medio líquido:

Las raíces están sumergidas en solución nutritiva, en la cual se regulan constantemente su PH, aireación y concentración de sales. *Esta técnica no es muy recomendable para principiantes*. Una variante es la recirculación constante de la solución nutritiva en contacto con la parte baja de la raíz; esta es llamada Técnica de Película Nutriente (NFT, en inglés). La planta es sostenida por medios mecánicos.

En sustrato sólido inerte:

Se parece en muchos aspectos al cultivo convencional en tierra y es el más recomendado para quienes se inician en HIDROPONIA. En lugar de tierra se emplea algún material denominado sustrato, el cual no contiene nutrientes y se

---

---

utiliza como un medio de sostén para las plantas, permitiendo que estas tengan suficiente humedad, y también la expansión del bulbo, tubérculo o raíz.

**Aeroponia:**

Las raíces se encuentran suspendidas al aire, dentro de un medio oscuro y son regadas por medio de nebulizadores, controlados por temporizadores.

Para este proyecto se ubicó el municipio de Tlaquiltenango en el estado de Morelos, como un municipio con severos problemas económicos, en el que un adecuado plan de desarrollo permitiría mejorar las condiciones de vida de la población.

Esperamos que este trabajo apoye a los habitantes del municipio de la comunidad de Las Carpas para proyectar su desarrollo y elevar su nivel de vida.

---

---

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Coadyuvar al desarrollo estructural de la Región, instrumentando un proyecto de producción hidropónica como impulsor estratégico del crecimiento, en el poblado “Las Carpas” Municipio de Tlaquiltenango, Morelos, planteado como una alternativa factible para resolver el problema agrícola.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Alcanzar un nivel de desarrollo satisfactorio.
- Integrar las cadenas productivas respetando y considerando la vocación regional de su agricultura y sus cultivos.
- Dotar de la infraestructura estratégica necesaria para la comercialización de bienes y servicios, aun insuficientes en esta región.
- Diseñar estrategias en el ámbito de la planeación regional para disminuir las corrientes de emigración de la fuerza de trabajo.
- Dotar a la comunidad de un método moderno cultivo, que les permita reducir costos y mejorar las condiciones de la agricultura tradicional.

---

---

## CAPÍTULO I

### MARCO GENERAL DE REFERENCIA

#### ANTECEDENTES

- Visitas realizadas por estudiantes de otras instituciones escolares como las Universidades de Chapingo y la Universidad Autónoma del Estado de Morelos
- Plan de desarrollo realizado por las autoridades Municipales.

#### MARCO GEOGRÁFICO

##### Localización

El municipio se ubica geográficamente entre los paralelos 18° 37' 44" de latitud norte y los 90°09' 37" de longitud oeste del meridiano de Greenwich, a una altura de 911 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con Tlaltizapán, Ayala y Tepalcingo; al sur con los Estados de Guerrero y Puebla; al oeste con Zacatepec, Jojutla y Puente de Ixtla; y al este con Tepalcingo.

##### Extensión

Cuenta con una superficie de 81.778 kilómetros cuadrados cifra que representa el 11.73% del total del Municipio.

##### Orografía

Se encuentran en el territorio Municipal algunas alturas dominantes, tales como el cerro de Santa María, el del Guajolote, el de Huautla, con una altura de 1,642 m, el de Palo Verde, el de tierra negra de la Ciénega, el Limón y los límites con el

---

---

Estado de Puebla y Municipio de Tepalcingo, conocido con el nombre Tetillas, cerro picacho del entierro, Temascales y Cueva de San Martín.

De estas predominantes se desprenden las precipitaciones localizadas dentro del Municipio de Tlaquiltenango con sus variantes lomeríos, valles y cañadas. Las zonas accidentadas, ocupan el 44% al centro y al sur del Municipio; las zonas semiplanas con un 38% del terreno, localizadas también al centro y sur del municipio; las zonas planas con el 18% de la superficie total al noroeste y en zonas dispersas del territorio.

### **Hidrografía**

Los recursos hidrológicos del Municipio están representados por los ríos: Amacuzac que lo atraviesa de Oeste a Sur; el Cuautla que lo atraviesa de Norte a Sur y se une al río Amacuzac al oeste de Nexpa, el Yautepec lo atraviesa al Noroeste para unirse en Jojutla con el Apatlaco, existen cauces intermitentes que descienden de la sierra en época de lluvias. Se cuenta también con los manantiales de: El Rollo, Nexpa, Los Elotes, Valle de Vázquez y La Huertas, además con 25 pozos 21 para agua potable y 4 para riego (de acuerdo a su agenda estadística).

### **Clima**

Existen dos tipos de climas uno semiseco-semicálido y el otro semiseco-cálido, invierno poco definido, con la mayor sequía al finalizar el otoño, en invierno y principios de primavera. Las temperaturas oscilan entre los 15° y 35°, la precipitación es de 909.8 mm de lluvia anual.



**Figura 1** Ubicación geográfica del municipio de Tlaquiltenango en el estado de Morelos

## MARCO HISTÓRICO

Este es un pueblo de los más antiguos, ya que cuenta con dos ruinas arqueológicas, una en Chimalacatlan y la otra en Huaxtla. La primera fue construida sobre la cima del cerro de “El Venado”; contaba con 33 terrazas e igual número de montículos de piedra labrada. En lo más alto de cerro, se localiza el mirador desde el cual se puede ver en línea recta hasta Cuernavaca y todo el gran valle. El otro lugar en donde se encuentran las otras ruinas, las construyeron frente a la comunidad y están ubicadas precisamente en el cerro que tiene forma de herradura. Las ruinas son del mismo tipo que las de Chimalacatlan.

---

---

Se cree que los hombres que habitaron esta región, fueron descendientes del hombre de Tepexpan, que tuvieron que emigrar hacia el sur en busca de mejor alimentación y también un mejor clima. Otros consideran que fueron los Olmecas ya en el segundo milenio de nuestra era.

Estando Tlaquiltenango incluido en los pueblos pertenecientes al marquesado del Valle de Oaxtepec, adjudicados al conquistador Hernán Cortés, este estableció una cría de caballos finos que serían destinados para su ejército; para su vigilancia mandó construir un torreón circular de piedra con una altura cercana a los 40 metros. Este vestigio histórico semi-destruido por el paso del tiempo se le conoce como "El Rollo 2" llamado así y que por cierto, goza de ser en la actualidad, el balneario más moderno del mundo.

Perteneciendo antes al Estado de México, Tlaquiltenango pasó a integrar parte del Estado de Morelos por decreto el 25 de Septiembre de 1884, así como el mineral de Huautla. Dicho decreto surtió efecto a partir del 1º de Enero de 1885 por disposición del entonces gobernador, el Gral. Carlos Pacheco.

En la cabecera municipal se encuentra ubicado el convento-fortaleza iniciada su construcción por la Orden de los Franciscanos y terminado por los Dominicos en el año de 1540. Lo que significa una obra arquitectónica de las más antiguas, no sólo del Estado sino del continente Americano.

Este convento de Santo Domingo de Guzmán requiere con urgencia la intervención, no sólo del INAH, sino de todas las instancias gubernamentales y civiles, pues asoman en sus muros fisuras como resultado del tiempo y de un pesado reloj que en Diciembre de 1998 cumplió 100 años. Resulta necesario también importante rescatar unos frescos que están muy deteriorados en el interior del convento.

---

---

## **MARCO JURÍDICO**

El municipio de Tlaquiltenango del Estado de Morelos, se rige bajo las leyes estatales del mismo que están basadas principalmente en la Constitución de los Estados Unidos Mexicanos, por lo tanto cada una de las comunidades se encuentran bajo este mismo marco jurídico.

### **Caracterización del Ayuntamiento**

Presidente Municipal

Síndico Procurador

2 regidores de mayoría relativa

3 regidores de representación proporcional

Para el cumplimiento de sus funciones políticas y administrativas, el Ayuntamiento de Tlaquiltenango cuenta con una división territorial siguiente: 21 comunidades rurales y 8 colonias.

### **Colonias**

Col. Alfredo V. Bonfil, Col. Antonio Riva Palacio L., Col. Celerino Manzanares, Col. Emiliano Zapata, Col. Gabriel Tepepa, Col. Los Presidentes, Col. Miguel Hidalgo y Col. 3 de Mayo.

### **Comunidades**

Ajuchitlan, Bovedas, Chimalacatlan, Coaxitlan, Huautla, Huaxtla, Huixastla, La Era, La Mesquitera, Lorenzo Vázquez, Los Dormidos, Los Elotes, Nexpa, Palo Grande, Pueblo Viejo, Quilamula, Rancho Viejo, San José de Pala, Santiopan, Valle de Vázquez, **Las Carpas**, Xicatlacotla y Xochipala

---

---

## JUSTIFICACIÓN

La infraestructura social y económica de la región es aún insuficiente para crear un nivel de vida satisfactorio para la población.

Observando que la situación actual de la comunidad de “Las Carpas” en municipio de Tlaquiltenango cuenta con una falta de fuentes de empleo la cual da origen a una mala alimentación y a la emigración existente; en base a lo anterior, pretendemos proponer un proyecto productivo, social y de infraestructura estratégica que impulse el desarrollo agrícola del municipio.

## MARCO TEÓRICO

### Planteamiento del problema.

En base a la visita realizada al municipio y a la investigación previa pudimos determinar que el municipio de Tlaquiltenango tiene muchas deficiencias tanto económicas como sociales las cuales se ven reflejadas en todas las comunidades, y una de ellas y que es la causa de nuestro estudio es la comunidad de **Las Carpas**, por esto como alumnos de la Facultad de Ingeniería de la UNAM realizamos el siguiente estudio de tesis basándonos en los siguientes puntos específicos:

- Población
- Recursos Naturales
- Infraestructura Estratégica
- Alimentación
- Empleo

---

---

## **METODOLOGÍA**

- Se realizó la investigación documental y de campo.
- Se realizó el diagnóstico integral de la situación actual.
- Identificación de las variables estratégicas del municipio.
- Estudio de Mercado.
- Estudio Técnico.
- Manejo y Control del Sistema Hidropónico propuesto.
- Evaluación del proyecto.
- Evaluación del impacto integral del proyecto.
- Ejemplo económico de la rentabilidad del proyecto.
- Definición del horizonte de planeación y prospectiva regional.

El presente trabajo de tesis fue desarrollado específicamente en la comunidad de Las Carpas localidad principal en el Municipio de Tlaquiltenango en el Estado de Morelos.

## PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS (VARIABLES, PARÁMETROS E INDICADORES)

**Cuadro1 POBLACIÓN**

Hipótesis	Variable	Parámetro	Indicador
¿Es adecuada la distribución de la población?	Distribución de la Población	Promedio de habitantes por kilómetro cuadrado	Comparación de cada localidad con respecto a la cabecera.
¿La gente abandona su lugar de origen?	Población que emigra del municipio	% de emigración del municipio. % de emigración estatal	% de emigración del municipio comparado con la del estado
¿La cantidad de personas por familia es alto?	Cantidad de personas que integran a una familia	# de habitantes por localidad # de familias por localidad	# de habitantes por localidad/ # de familias por localidad

**Cuadro 2 EMPLEO.**

Hipótesis	Variables	Parámetros	Indicadores
¿El empleo es insuficiente?	Empleos para la población	# de personas en edad de trabajar	# personas / empleos disponibles
¿Los ingresos son muy bajos para el sostén de la familia?	Ingresos	\$ ingresos salariales por mes \$ de la canasta básica	\$ ingresos/ mes \$ ingresos mínimos/ # de personas por familia \$ ingresos / \$ de la canasta básica
¿La gente solo sabe trabajar la tierra y no tiene ningún otro oficio por el cuál pueda recibir \$?	Fuente de ingresos	# de personas que se dedican a la agricultura # de personas que tienen algún oficio	# personas agricultoras/ # total de habitantes en la localidad  # de personas con algún oficio / # total de habitantes en la localidad
¿El grado de emigración es alto por la falta de empleos?	Personas emigrantes	# de emigrantes	# emigrantes / total de habitantes de la localidad

### Cuadro 3 INFRAESTRUCTURA ESTRATÉGICA

Hipótesis	VARIABLES	Parámetros	Indicadores
¿Los Km de carretera en buen estado son insuficientes para la distribución de productos?	Km de carreteras	Km de carreteras en buen estado  Km de carreteras en mal estado	Km de carreteras / # comunidades Km de carreteras en mal estado / km de carreteras totales
¿La red de agua potable y de riego es insuficiente para todo el municipio?	Viviendas con agua potable Huertas con agua para riego	# de tomas de agua potable por localidad # de pozos de riego o redes de distribución agrícola	# de tomas de agua potable localidad / # de huertas por localidad

### Cuadro 4 SECTOR PRIMARIO AGRICULTURA

Hipótesis	VARIABLES	Parámetros	Indicadores
¿No es aprovechada la superficie cultivable con respecto a la superficie disponible?	Superficie cultivable Superficie disponible	# de hectáreas cultivadas # de hectáreas totales disponibles para cultivar	# de hectáreas cultivadas / # de hectáreas disponibles para cultivar
¿La mayoría de los cultivos son de temporal?	Cultivos de temporal	# de cultivos de temporal # total de cultivos	# de cultivos de temporal / # de cultivos totales
¿Hay muy poca variedad de cultivo en la región?	Diferentes tipos de cultivo	# de tipos de cultivo # de cultivos de maíz	# de cultivos de maíz / # de tipos de cultivo
¿Los productos sembrados en la región son en su mayoría utilizados para alimentar a la población?	Productos sembrados	Cantidad de productos para autoconsumo Cantidad de productos para comercializar	# de productos sembrados / # de productos para el consumo humano

---

---

## **DIAGNÓSTICO INTEGRAL DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

Con respecto a la investigación teórica que se realizó en la comunidad de Las Carpas municipio de Tlaquiltenango, Morelos y a los datos obtenidos en el trabajo de campo se mencionan a continuación las conclusiones a las que hemos llegado de la situación de la comunidad tomando en cuenta cada una de las variables estratégicas, ya antes mencionadas.

### **Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas**

A continuación se presenta el estudio de los datos recabados en la investigación y el trabajo de campo, mencionando las principales Fortalezas y Debilidades que tiene la región, así como las Oportunidades y Amenazas que se pueden encontrar en el exterior (en el estado, en el país y en el extranjero).

Se analizó la siguiente comunidad:

#### **“LAS CARPAS”**

##### **Fortalezas**

- Camino en avenida principal
- Agua potable
- Tierra fértil
- Aproximadamente el 90% de la población cuenta con una vivienda digna
- Cuentan con energía eléctrica 90%
- Cuentan con el servicio de telefonía 80%
- El transporte pasa constantemente (cada 1/2 hora)
- Facilidad para transportarse a la cabecera municipal (30 minutos aprox.)
- Buena organización familiar y comunicación con miembros de la comunidad

---

---

### **Debilidades**

- Falta de educación básica (solo existe un aula)
- No cuentan con un centro de salud
- Falta de caminos dentro de la localidad
- No se cuenta con un impulso al campo
- Poca o nula comercialización de producción interna (legumbres)
- Desconocimiento total de otros sistemas de cultivo
- No cuentan con medios de transporte para transportar sus productos

### **Oportunidades**

- Incremento de productos alimenticios
- Incremento de siembra
- Temperaturas oscilan entre los 15°C y 35°C (óptima para el jitomate y otras leguminosas)
- Precipitación es de 909.8 mm de lluvia anual (mayor al promedio nacional)
- Cuentan con mano de obra intrafamiliar
- Entusiasmo por obtener una fuente alterna de ingresos
- Organización con otras comunidades para comercializar sus productos

### **Amenazas**

- Incremento del analfabetismo
- Alto índice de emigración
- Pocas oportunidades de empleo
- Incremento de la delincuencia

---

---

## **PROYECTO HIDROPONIA (LECHUGA)**

Este proyecto pretende un diseño de un sistema de producción hidropónica de lechuga y otras legumbres para las distintas comunidades del municipio de Tlaquiltenango.

### **Ubicación:**

Comunidad de Las Carpas, Municipio de Tlaquiltenango, Morelos.

### **Objetivos:**

Diseñar un sistema de producción de lechuga y otras hortalizas mediante cultivos hidropónicos empleando la técnica de película nutritiva (NFT).

### **Metas:**

Obtener, de acuerdo a un promedio de producción hidropónica, en 200 m<sup>2</sup> una producción de 5000–5600 lechugas por cosecha, y aproximadamente 580 kgs. de jitomate por cosecha (1750 kgs. Anual)

Obtener 12 – 15 cosechas anuales de lechuga y de 3 – 5 cosechas anuales de jitomate.

Vender a la población de las comunidades cercanas a un costo remunerador para el campesino, pero menor del valor comercial, obteniendo la pieza de lechuga y el kilogramo de jitomate de alta calidad.

### **Justificación:**

Los Proyectos de Desarrollo Regional Integrales (PDRI) son el principal impulso de las actividades económicas con la que cuenta el gobierno local. El problema con los planes PDRI son que se elaboran por medio de consultarías y estas pueden llegar a tener un costo elevado y dado al presupuesto limitado del municipio no es posible contratarlos.

---

---

Esta falta de recursos para poder desarrollar proyectos productivos genera una falta de empleo y deterioro en la calidad de vida de los habitantes del municipio. Esta problemática es común en una gran cantidad de municipios en el territorio nacional.

La Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), cumpliendo con una de sus funciones de retroalimentar a la sociedad para mejorar su nivel de vida, impulsa el seguimiento y análisis de los problemas nacionales como parte de la formación integral de sus estudiantes.

Con la investigación que se hizo al municipio de Tlaquiltenango y sabiendo que solo el 14.5% del territorio del municipio se destina a para la agricultura. De aquí surge la identificación de aportar una alternativa de desarrollo en el sector primario de la producción, cuyo rezago se refleja en las cifras económicas del INEGI.

La agricultura es una actividad que puede llevarse a cabo por una gran variedad de formas por eso se presenta como una alternativa para el desarrollo agrícola, una de las técnicas que han aportado mayor valor agregado a la agricultura: los cultivos hidropónicos; pues han llegado a ser muy eficientes en invernaderos implementados en todo tipo de áreas climáticas, existiendo grandes instalaciones hidropónicas en países de primer mundo a diferentes latitudes, en cultivos que van desde las flores ornamentales hasta las hortalizas.

**Descripción del Proyecto:**

La técnica de la película nutritiva (“nutrient film technique” NFT) comprende a una serie de diseños cuyo principio básico es la continua circulación de una película de solución nutritiva a través de las raíces de las plantas. La solución se hará circular por medio de tuberías perforadas de PVC en la cual se regulan constantemente su PH, aireación y concentración de sales, que proporcionan a las raíces el medio para nutrirse.

---

---

## **Requerimientos del sistema NFT.**

El sistema básico "NFT" se constituye de cinco elementos iniciales:

- Estanque colector
- Canales de cultivo
- Bomba
- Tubería colectora
- Red de distribución.

En capítulo III se detallan las características más importantes de cada elemento.

## **PROYECTO HIDROPONIA (JITOMATE)**

Este proyecto pretende un diseño de un sistema de producción hidropónica de jitomate para las distintas comunidades del municipio de Tlaquiltenango.

### **Ubicación:**

Comunidad de Las Carpas, Municipio de Tlaquiltenango Morelos.

### **Objetivos:**

Diseñar un sistema de producción de Jitomate Bola mediante cultivos hidropónicos empleando la técnica NFT de película de agua con los nutrientes específicos para su exacto desarrollo.

---

---

**Metas:**

- Obtener, de acuerdo a un promedio de producción hidropónica, en 200 m<sup>2</sup> una producción de 1.7 toneladas por año.
- Obtener 3 – 5 cosechas anuales.
- Vender a la población de las comunidades a un costo que nos remunere una ganancia acorde a la producción, obteniendo un jitomate y lechuga de alta calidad.

**CARACTERÍSTICAS DEL INVERNADERO**

Se considera como una estructura con las medidas requeridas y cubiertas con determinado material translúcido o transparente, que permita tanto el crecimiento óptimo de las plantas, como el acceso a las personas para laborar en el cultivo.

Las formas de la estructura no cuentan con una regla. Pueden ser circulares, elípticas, de una o dos aguas, con una altura mínima en su parte más baja de 2,50 m<sup>2</sup> y en su parte alta, de 4m.

**El invernadero debe tener las siguientes características básicas:**

- 1.- Orientación de norte a sur (si es posible).
- 2.- Áreas de mayor actividad.
- 3.- Espacio para manejo de insumos, que debe ubicarse separado del movimiento de ventas.
- 4.- Área de venta al menudeo, un área para este fin, evitando la cercanía a tus cultivos.
- 5.- El área del tráfico o paso para contenedores, herramienta y mantenimiento.
- 6.- Fuera del área construida, un espacio sombreado para tus clientes.
- 7.- Área de servicios Administrativos y sanitarios.

---

---

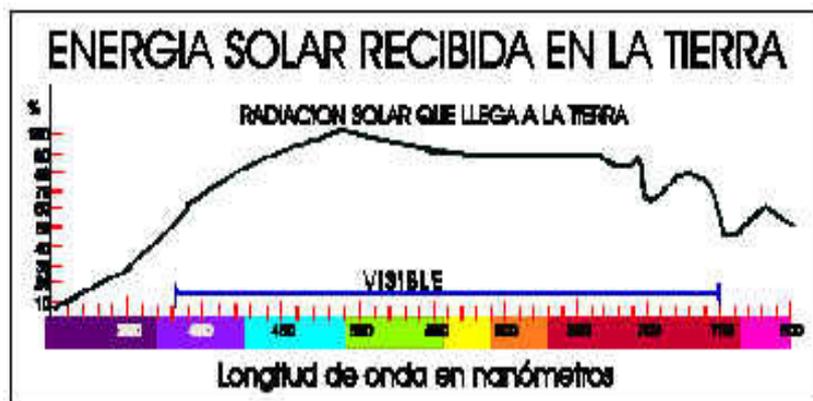
## CONSTRUCCIÓN DEL INVERNADERO

Es muy importante. Mejor dicho, ES VITAL hacer una buena selección del plástico para reducir los riesgos de la inversión, no solamente en el material, sino también en toda la plantación.

Para escoger la cubierta adecuada es necesario tener en cuenta la situación geográfica, las temperaturas máxima, mínima y media, las posibilidades de heladas, el régimen de vientos, la humedad relativa, el régimen de lluvias, la radiación solar, la especie que se va a sembrar.

La cubierta requiere de bloqueador de la radiación ultravioleta por lo menos hasta los 315 nanómetros. En función de los requerimientos puede incrementarse el bloqueo a costos gradualmente más elevados, que no siempre alcanzan a justificarse.

La cubierta ideal debe, entonces, bloquear la radiación UV propuesta, pero ser permeable a la radiación solar del resto de la banda hasta 3000 nm; retener la energía calorífica generada por las radiaciones IR que emanan del suelo y de las plantas; minimizar los problemas que se derivan de la condensación de agua; tener larga duración y costo balanceado con los beneficios



**Figura 2** Energía solar recibida en la tierra en el municipio de Tlaquiltenango, fuente: departamento de investigaciones de la UAM.

---

---

**Cuadro 5** Efectos de la energía solar en las plantas

REGION ESPECTRAL	EFEECTO
280-315 nm	Detrimento, quemazón, Ennegrecimiento
315-400 nm	Formativo, algún efecto sobre plagas y virus.
400-510 nm	Fotosíntesis secundaria; crecimiento de tallos y hojas
510-610 nm	Poca respiración biológica.
<b>610-700 nm</b>	<b>Máxima actividad fotosintética y síntesis de clorofila.</b>

### **Por que el plástico aumenta la producción**

La eficiencia del polietileno en la actividad agrícola se establece comparando producciones bajo invernadero y al aire libre con idénticos productos en zonas iguales. La cubierta no se usa solamente para evitar que el agua se precipite sobre el cultivo, aunque es muy común esta idea. El polietileno brinda a las plantas protección efectiva en sus diferentes etapas de desarrollo.

Son muchos los factores que contribuyen a beneficiar una plantación protegida bajo invernadero. Entre ellos se destacan los siguientes:

### **Difusión de la luz**

Es la propiedad que tienen las cubiertas de cambiar la dirección de los rayos solares distribuyéndola equitativamente por toda el área para beneficiar a todo el invernadero en su conjunto y a la vez impedir que lleguen directamente a la planta. Este factor permite el desarrollo armónico del cultivo y ayuda a obtener frutos más homogéneos y sanos.

---

---

## **Fotosíntesis**

El proceso fotosintético se ve favorecido dentro del invernadero, debido en gran medida a la forma en que es difundida la luz y a la conservación de temperaturas homogéneas, que deben ser en términos generales, las óptimas.

## **Microclima**

Manejar un microclima que permite controlar y mantener las temperaturas óptimas, aporta en cosechas más abundantes y de mejor calidad, reconocidas en el mercado por mejores precios. Adicionalmente permite programar las cosechas para épocas de escasez.

## **Luminosidad**

Dentro de un invernadero se puede obtener mayor o menor luminosidad, dependiendo de su diseño y de su cubierta.

Los invernaderos metálicos permiten ingresar una mayor cantidad de luz porque cubren mayor área útil que los de madera, empleando menores espacios con los perfiles. También es importante tener en cuenta que en días nublados se reduce la transmisión de luz a lo que la transparencia del material de cubierta sobresale en importancia.

El espesor no contribuye ni afecta la transmisión de luz al interior del invernadero. Una película calibre 8 (200 micras) transmite prácticamente la misma luz que una cubierta calibre 2 (50 micras).

Sin embargo la transmisión de luz si varia dependiendo del ángulo de los rayos solares. En las mañanas y en el atardecer cuando los rayos llegan más oblicuos se reduce la transmisión debido al incremento de la reflexión.

Los puntos expuestos en los párrafos anteriores dejan claramente establecido que el grado de protección y abrigo que una plantación tiene en invernadero no puede ser conseguido al aire libre y es la razón fundamental por la cual es mucho más alta la productividad bajo invernadero.

---

---

## **Los techos**

Los materiales acostumbrados para el recubrimiento de un invernadero, ya sean rígidos o flexibles, deben ser translúcidos y deben cumplir ciertas normas para lograr su objetivo.

### **La luminosidad en los techos**

El material que se va a utilizar debe cubrir las siguientes características de transmitancia fotométricas: la transmisión, reflexión y absorción de luz.

Los polietilenos de larga duración se fabrican con resinas de buena calidad y estabilizadores de acción ultravioleta, su duración es por lo general de dos a tres años.

### **El piso**

Una vez que establecimos las áreas, hablaremos del piso sobre el cual construiremos el invernadero, el cual estará libre de basura, piedras grandes, etc. La superficie debe ser lisa, con una ligera pendiente no más de 1.5 a 2 por ciento, en sentido trasversal y longitudinal. Ya que hemos decidido por optar por una plancha de concreto para poder utilizar zanjas individuales.

### **Invernadero de estructuras metálicas**

Invernadero de estructura metálica es de costo promedio, aunque depende también de la calidad de los materiales usados. En estas estructuras es más fácil instalar doble recubrimiento de plástico; es decir, un doble techo que permita ahorros considerables en el manejo de las temperaturas ambientales para cultivos. Algunos materiales, como las canaletas para sujetar los plásticos ayudados con el polygrap, son una buena opción a bajo precio.

---

---

### Dimensiones del Invernadero

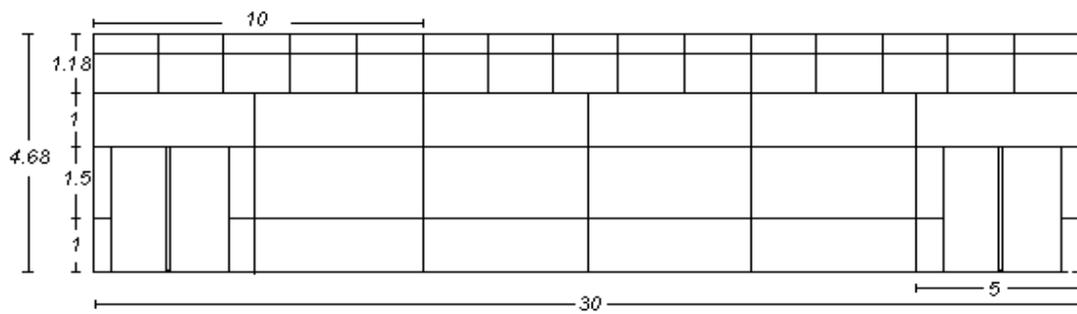
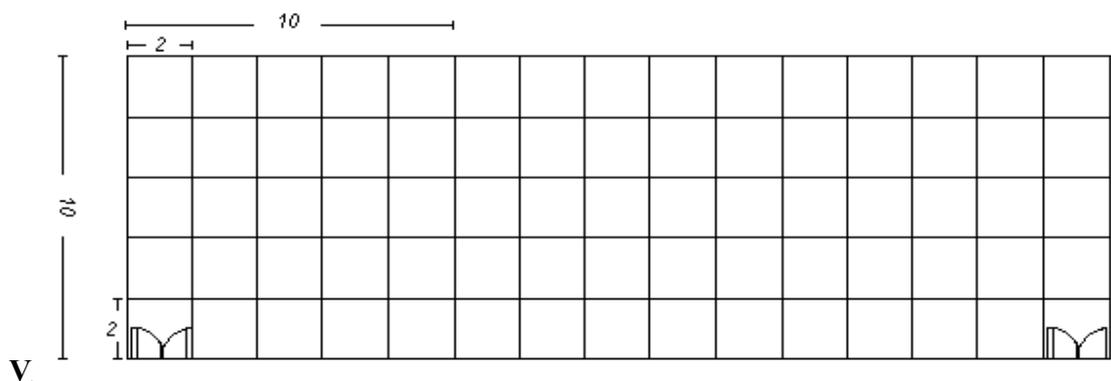
10 m de Ancho

30 m de Largo

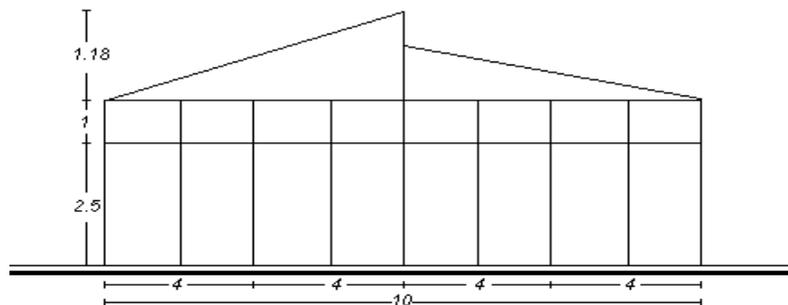
4.68 m de Alto

**Figura 3 y 4** Estructura del invernadero y vista frontal

#### PLANTA ESTRUCTURAL



#### VISTA FRONTAL



---

---

## **DESCRIPCION GENERAL PARA EL PROYECTO**

### **Elección del lugar**

Debemos contar con un lugar con suficiente luz (junto a una ventana, por lo menos), cubierto, limpio, con capacidad de ventilación y con suministro de agua, de preferencia.

### **Materias primas (semillas)**

Las semillas se pueden comprar con cualquier distribuidor local, solo que tenemos que tomar en cuenta que estas sean de muy buena calidad; el costo es relativamente bajo. Para el número de semillas a sembrar debes considerar el espacio que ocuparán las plantas cuando sean adultas; ya que serán colocadas en tubos de PVC con un diámetro aproximado de 20 cm.

---

---

## CAPÍTULO II

### ESTUDIO DE MERCADO

El estudio de mercado realizado para llevar a cabo éste proyecto de tesis, hace referencia a un método viable y alternativo de cultivo en invernadero, de tecnología media-alta (sistemas de control, sustratos, diseño, servicios e hidroponía), el cual sirve para mejorar la producción de hortalizas y floricultura en invernadero, el aprovechamiento del campo, y la calidad de vida de los habitantes que lo *auto consumen y lo comercializan*, y tiene como finalidad hacer un análisis de las condiciones en las cuales se encuentra el campo actualmente en México, el número de hectáreas sembradas bajo invernadero en el país, la falta de apoyo tecnológico, económico y de capacitación en el mismo y la implementación de nuevas tecnologías (invernaderos de tecnología media-alta y tecnología alta), a un costo no tan elevado, así como el impacto, económico y social que representa para la comunidad de las Carpas, entidad en donde se ubicaría dicho proyecto en el Municipio de Tlaquiltenango, Morelos.

### DEFINICIÓN DEL SECTOR

#### **Delimitación del sector**

El sector que se va a tratar en este estudio es el sector de los invernaderos en México.

En el estudio se tratará de ofrecer una visión general de la agricultura en México, para profundizar en el sector de invernaderos, analizando la situación actual, la evolución y las tendencias del mismo. Así mismo se ofrecerá una visión del entorno competitivo y la estructura de la demanda.

Posteriormente se analizarán los principales aspectos de la oferta y la demanda.

---

---

## **SITUACIÓN DE LA AGRICULTURA EN MÉXICO**

### **(INTRODUCCIÓN GENÉRICA AL SECTOR)**

La agricultura es un sector con gran importancia en México. La población empleada en este sector ha disminuido en los últimos años, pero aún es muy elevada siendo del 17% del total de la población activa. El PIB Agropecuario se mantuvo en el 3% del PIB total durante el 2006, cifra similar a la de países occidentales de la Unión Europea o Estados Unidos, en cambio, en estos países la población activa dedicada a la agricultura es inferior al 5%.

Como podemos observar a tenor de estos datos la participación del sector agropecuario en el PIB nacional es demasiado pequeña para el nivel de desarrollo del país, si lo comparamos con la proporción de personas empleadas en este sector.

Esto es debido al proceso de transformación que ha sufrido el campo mexicano en los últimos 60 años, el cual ha pasado de ser el sector más poderoso de la economía, a ser el que más problemas presenta para su desarrollo.

Este sector presenta grandes desigualdades debido por una parte a las condiciones propias de los terrenos de cultivo y por otra a la dificultad de los campesinos para la adquisición de equipos. Las grandes diferencias sociales y económicas del país se ven de la misma manera reflejadas en el sector y se puede apreciar dos mercados claramente diferentes:

1. – Un mercado poco desarrollado con escasa mecanización, que utiliza sistemas de cultivo tradicionales para cultivos de subsistencia. Este mercado está compuesto por millones de pequeños agricultores que poseen muy poco terreno (una hectárea) y su producción es escasa.

---

---

2. – Un mercado floreciente, mecanizado a partir de la adquisición de equipos de alta tecnología dentro de explotaciones eficientes que además, orientan su producción a la exportación. Este mercado puede abarcar de 60,000 a 100,000 productores, mayoritariamente exportadores.

### **SITUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN BAJO INVERNADERO**

México cuenta actualmente con más de 3,200 hectáreas dedicadas al cultivo de Hortalizas y Floricultura de Invernadero.

Aunque el mercado de invernaderos podría abarcar a todos los cultivos, las mayores oportunidades se encuentran en las regiones donde predomina la agricultura de riego, y los principales cultivos son hortalizas y frutales. La mayor parte de las regiones donde predominan estos cultivos, se concentran en la región noroeste del país, principalmente en los estados de Sinaloa, Sonora, Baja California Sur, Baja California Norte, y Jalisco. En segundo lugar le sigue la zona centro y recientemente se ha iniciado y está creciendo rápidamente el cultivo de hortalizas de invernadero en el norte (Chihuahua) y en sur (Yucatán).

En el cultivo de hortalizas y frutales, la superficie sembrada representa cerca del 9%; sin embargo, el valor de la producción fue del 35 % del valor total de la producción agrícola. Por otra parte los cultivos de cereales y forraje ocuparon un 67% de la superficie cosechada, siendo únicamente su valor el 38% del total de la producción agrícola. Debido a esto, el gobierno mexicano, tiene especial interés en realizar una reconversión productiva, promoviendo el cultivo de hortalizas y frutas.

Las principales hortalizas que se cultivan bajo invernaderos, son tomate, pimiento y pepino. En el cuadro 6 se puede encontrar información sobre la evolución de la superficie cosechada de los diferentes cultivos con esta técnica:

**Cuadro 6** Comparación de la superficie cosechada con la utilización de técnicas hidropónicas

<b>Cultivo</b>	1999	2001	2003	<b>2006</b>
Tomate bola	27%		49%	
Tomate cherry	30%		18%	
Tomate en racimo	9%	72%	5%	<b>53%</b>
Otros tomates	6%		1%	
<b>Pepino</b>	11%		12%	
<b>Pimientos colores</b>	11%		11%	
<b>Melón</b>	1%			
<b>Otros varios</b>	5%		4%	
<b>TOTAL</b>	100%		100%	

Este mercado, el estadounidense, es el principal destino de las hortalizas producidas en México y ahí se dirigen el 85% de este tipo de exportaciones, seguido de Canadá con un 12%.

El volumen de exportación de México creció en los últimos años a una tasa de 7,88% anual y el valor de la exportación tuvo un crecimiento del 5%. Esto es debido a que la horticultura de México tiende a la subvaluación, es decir, cada vez se exporta más pero más barato.

---

---

## **SITUACIÓN DE LOS INVERNADEROS**

El desarrollo de la industria de producción de invernaderos en México comenzó en los 70's, pero ha sido en los últimos diez años cuando el crecimiento en su producción se ha acelerado en gran medida.

En principio se establecieron proyectos cerca de zonas costeras, con muy baja tecnología, utilizando sólo cubiertas de plástico o mallas sombra. Posteriormente se han ido desarrollando proyectos con mayores tecnologías, en áreas con climas más extremos, por lo que han necesitado ser dotados con equipos de calefacción, riego y sistemas de control.

Actualmente, existen proyectos en todos los niveles tecnológicos, distribuidos prácticamente por todo el territorio de la nación.

Si consideráramos que un invernadero con un nivel de tecnificación del 100%, incluye: irrigación, recirculación, ventilación automática, calefacción con agua caliente, pantallas (térmicas/ahorro de energía), sensores/ control con computadora, sustratos/hidroponía.... El nivel de tecnología promedio estimado para México es del 40%.

La superficie ocupada por invernaderos en México no es muy elevada, pero se está dando un gran crecimiento en los últimos años. Como ya hemos mencionado actualmente está en torno a las 3200 hectáreas que a finales del 2004 se repartían de la siguiente manera:

**Cuadro 7** Superficie de cultivo ocupada por invernaderos en los estados de la República Mexicana

Estado	Hectáreas Operando	Hectáreas En Construcción
Baja California Norte	365	55
Baja California Sur	360	70
Chihuahua	20	60
Coahuila	30	0
Colima	56	10
Durango	3	25
El Bajío	44	17
Jalisco	388	93
México	90	78
Michoacán	13,5	4
<b>Morelos</b>	<b>16</b>	<b>0</b>
Querétaro	26	0
Quintana Roo	20	0
San Luis Potosí	45	7
Sinaloa	682	172
Sonora	320	28
Veracruz	22	10
Yucatán	35	0
Zacatecas	9,5	40
<b>TOTAL</b>	<b>2,545</b>	<b>669</b>
Fuente AMPHI		

---

---

## **OFERTA**

### **Tamaño del mercado**

México tiene una superficie de 23 millones de hectáreas cultivables, de las cuales el 30% son de regadío.

Como se ha dicho en las páginas anteriores, el sector de invernaderos ha experimentado un gran crecimiento en los últimos años. En Julio de 2002 se estimaban 544 hectáreas operando y 177 hectáreas en construcción. A finales de 2006 se opera en 3,200 hectáreas.

### **Análisis de la demanda**

La demanda deberá entenderse como la cuantificación de la necesidad real o psicológica de una población.

Algunas diferencias se pueden establecer cuando se cuantifica la demanda. Esto es tomando en cuenta que la necesidad que se pretende identificar, es aquella que se deriva de compradores con poder suficiente para adquirir un determinado producto o servicio que satisfaga dicha necesidad.

Lo anterior lleva a establecer la diferencia entre la que puede ser una demanda potencial y la demanda efectiva o real. La demanda potencial es un indicador muy valioso, sólo que deberá complementarse con los datos de la demanda real.

En el caso de la demanda potencial diaria de jitomate es la que se deriva de la cuantificación de los requerimientos de la población. No obstante, no toda la población cuenta con el nivel de ingresos suficiente para ejercer esa demanda, por lo tanto la demanda real es menor. Para nuestro caso de estudio en campo real encontramos más de 150,000 familias en el estado y potencialmente dentro del municipio alrededor de 3,500 familias que consumirán los productos (jitomate y lechuga) alrededor de 4 toneladas a la semana de estas hortalizas.

---

---

## **Clasificación de la demanda**

Cabe mencionar con respecto a las necesidades que cubre, que este tipo de demanda se considera como demanda de bienes socialmente básicos, ya que la sociedad los requiere para su desarrollo y crecimiento.

Esto es evidente en esta región ya que no cuentan con tierras para llevar a cabo el cultivo de las mismas.

## **Área del mercado**

La identificación del producto a estudiar, atendiendo a los aspectos antes señalados, aporta los elementos necesarios para definir el área del mercado a considerar. Esta se encuentra restringida a la localidad Las Carpas ubicada en el Municipio de Tlaquiltenango, Morelos.

En la determinación del área de mercado antes mencionada se considero la densidad económica del producto ya que dependiendo de la distancia a la que el producto será desplazado por su precio, la relación distancia/tiempo de desplazamiento y el grado de perecibilidad de los productos o eficiencia en los servicios, así como la infraestructura de almacenamiento y/o conservación, la infraestructura disponible en los centros de consumo y el tipo de transporte que se puede usar. La mayor parte de todos estos factores son o se encuentran en proceso dentro de la misma comunidad, aún cuando todavía escasean de muchos servicios, como es el de transporte, caminos transitables primordialmente que son básicos para la distribución del producto a vender en las comunidades aledañas a esta comunidad. No olvidando que para el caso de venta a vecinos y visitantes, así como su venta a pequeños vendedores y distribuidores; esta relación no es un factor a considerarse.

---

---

## **Tipificación de los demandantes**

De acuerdo al tipo de bien que se aborde, se podrá identificar a los demandantes actuales y futuros, la forma en que ejercen su demanda y bajo que condiciones. Puede tipificarse a los demandantes en atención a sus ingresos, sus hábitos de consumo y preferencias, la estacionalidad, así como los factores que la influyen. Cuando se tipifica a los demandantes, también es conveniente identificar cuales son sus características, entre las que se pueden anotar: ubicación, tamaño, temporalidad, preferencias, etc.

Lo cual esta muy marcado en esta comunidad, ya que se cuenta con los dos tipos de demandantes frecuentes los de tipo potencial e intermedios, en los cuales se aplican y consideran estos factores antes mencionados.

## **Demanda actual**

En base al análisis de los factores anteriores nos permite dimensionar la demanda actual, que tiene la finalidad de demostrar la existencia y ubicación geográfica de los compradores del producto en estudio.

El estudio de campo nos ayudó para tener la primera aproximación, la cual nos revela una situación delimitada de la situación actual en la que se encuentran los habitantes de dicha comunidad; de igual manera este estudio nos ayudo para saber que tan benéfico y productivo sería para los habitantes adoptar una nueva e innovadora forma de cultivar sus tierras mediante el método alternativo de cultivo "Hidroponía" , dándoles a conocer mediante las ventajas que este proyecto y acercándolos al cambio y modernización de sus métodos de cultivo rudimentarios.

---

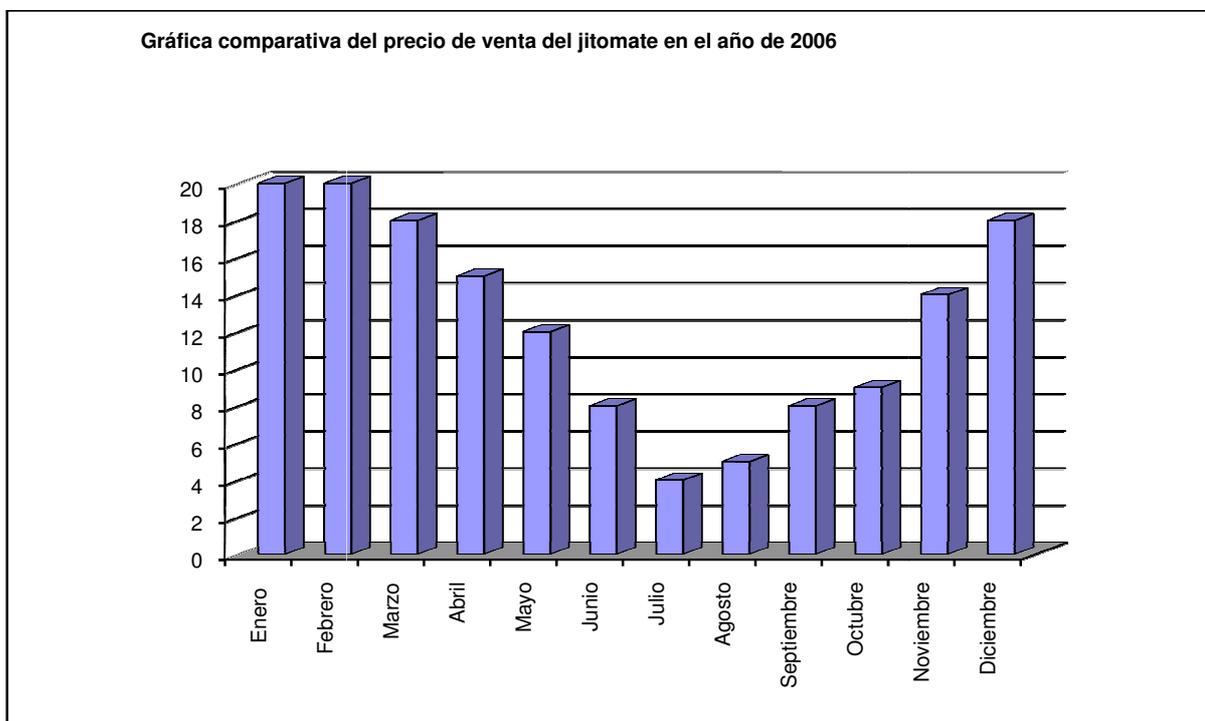
---

## **Costos y Financiamiento**

Con las siguientes consideraciones se puede conocer la factibilidad y potencial de un proyecto para el cultivo de jitomate y lechuga, y así emprender su realización.

La utilidad del proyecto depende de cómo se efectúe la operación y venta de la cosecha. Por ejemplo, en Estados Unidos, el precio del jitomate varía según la temporada y los Estados. Así, en Texas, en la temporada de primavera de 1998 se compró el jitomate a 1.30 dólar la libra\*. En el puerto de Veracruz, el precio del jitomate bola ha llegado a 35.00 pesos al menudeo y en Toluca, Estado de México, el precio más alto de la temporada fue de 18.00 pesos, sólo por mencionar un ejemplo, algo similar ocurre con la lechuga.

Como se ve, la situación geográfica y la temporada hacen que varíen considerablemente los precios; por lo que estas diferencias nos ayudan a la investigación de precios y mercados. Por ejemplo, el jitomate, se mantuvo más o menos estable entre 10 y 14 pesos todo el año, y se puede apreciar mejor en la siguiente gráfica:



**Gráfica 1:** Variabilidad del precio del jitomate durante el año 2006

Así que para el cálculo del proyecto se tomó en cuenta la situación geográfica de la plantación, la localización de la misma, el número de plantas, el clima, las condiciones de mercado y recursos económicos con que cuenta la comunidad de Las Carpas.

Los costos para llevar a cabo dicho estudio se realizaron bajo los costos actuales de materiales de la región, los cuales sirvieron de base para calcular el capital necesario para desarrollar el proyecto de Hidroponía en la comunidad de Las Carpas y de este modo ver la factibilidad de la inversión.

---

---

## **ENTORNO COMPETITIVO**

### **Competencia a nivel nacional**

La producción mexicana de invernaderos no es muy elevada. No hay suficiente tecnificación, por lo cual los productores locales de invernaderos, normalmente, sólo compiten en las áreas que requieren una menor tecnología, es decir: Invernaderos simples, con tecnología baja y mallas-sombra.

El precio al que estos productores ofrecen sus proyectos es algo menor que el de sus competidores. Sin embargo, dichos proyectos presentan una serie de deficiencias al compararlo con los proveedores extranjeros, sobre todo en lo relativo a la financiación.

Los productores mexicanos generalmente trabajan en proyectos pequeños, que no requieren un gran desembolso económico para aquellos agricultores a quienes se lo están vendiendo, ya que a diferencia de los productores de otros países, los productores mexicanos de invernaderos no pueden ofrecer una financiación a sus clientes.

Las principales empresas mexicanas productoras de invernaderos son:

- Metalizar, en Monterrey.
- Invernaderos mexicanos del Pacífico (Invermex), en Sinaloa.
- ACEA, en el DF.
- Fax, en el DF.

En el anexo II se proporcionan las direcciones y contactos de estas y otras empresas productoras de invernaderos.

---

---

## COMPETENCIA INTERNACIONAL

La principal competencia en el sector de invernaderos en México procede de países como España, Israel, Francia, Holanda, Canadá y EEUU.

De estos países España es la que cuenta con un mayor número de empresas exportando a México, de las que 20 están implantadas en el país.

Francia cuenta con tres empresas de importancia, aunque la más fuerte es Richel, que es líder del mercado.

Existen cuatro empresas importantes con sede en EEUU, pero de origen israelí, que exportan invernaderos a México. También hay una empresa canadiense importante, Harnois, y en cuanto a Holanda, exporta principalmente a través de una empresa, Dalsem, que realiza grandes proyectos gubernamentales.

El nivel de tecnificación de los invernaderos que presentan las empresas de estos países es superior al de los productores mexicanos, que se dedican principalmente a proyectos de tecnología baja. Pero dentro de estos países también podemos encontrar diferencias y distintos niveles de tecnología. Desde Holanda, que ofrece los proyectos más tecnificados (a veces incluso sobre oferta productos, que no son necesarios para México, que no tiene un clima tan adverso).

También en cuanto a precios surgen diferencias. Obviamente, el precio del proyecto ofertado irá ligado al nivel de tecnología que ese invernadero lleve incorporado. Es decir, partiendo de un precio base, el invernadero se irá encareciendo a medida que se incorporen diferentes sistemas como pueden ser calefacción, sistemas de humidificación, control de clima, etcétera.

Además de esto, existe una diferencia clave, que hace triunfar a las empresas de estos países sobre las de México. Ese aspecto lo marca la financiación. Los productores extranjeros ofrecen financiación a los compradores para el pago de los invernaderos.

---

---

Los proveedores extranjeros son el motor de esta industria de invernaderos, porque no sólo ofrecen el producto sino que ofrecen también una financiación ligada al mismo.

## **POSICIÓN COMPETITIVA**

Posición competitiva en invernaderos de tecnología baja y malla sombra:

En este segmento, se trabaja a precio. Es decir, la importancia no reside tanto en el diseño o la tecnología ofrecida como en el precio al que se comercializa el producto. La mayor demanda reside en los invernaderos de tecnología media-baja, y media-alta.

## **ANÁLISIS CUALITATIVO DE LA DEMANDA**

### **Producto**

En México existe una amplia gama de tecnologías para cubrir los cultivos, desde vidrio y plástico hasta la malla-sombra. Este mercado está distribuido y ha evolucionado de la siguiente manera:

Dentro de los invernaderos, se distinguen normalmente tres niveles dependiendo de su grado de tecnificación:

- Invernaderos de Baja Tecnología (IBT): Estructuras de baja inversión; 100% dependiente del ambiente externo; obliga a tecnologías de producción simples, similares a las utilizadas en el cultivo a la intemperie; limitada automatización y mecanización.
- Invernaderos de Mediana Tecnología (IMT): Estructuras de mediana inversión; ambiente interno influenciado por las condiciones externas sólo en casos de clima extremo; permite tecnologías avanzadas de producción.

**Cuadro 8** Utilización de las cubiertas en invernaderos Mexicanos

Tipo de cubierta	2004	2006
Plástico	59%	52%
Vidrio	3%	2%
Otros	4%	1%
Malla-Sombra	34%	44%

El grado de tecnificación que posea el invernadero, dotará de diferentes niveles de ajuste interno a la estructura, que permitan en conjunto, controlar el ambiente interior y compensar los efectos ejercidos por el ambiente exterior.

Por lo tanto la construcción del invernadero dependerá en gran medida del clima y de la hortaliza que se quiera cultivar, para nuestro caso de estudio se opta por el jitomate y la lechuga como un comienzo; adaptándose a las condiciones climáticas de la comunidad, ya que sabemos posee un clima cálido.

En la figura 5, podemos observar el mapa de climas de México



**Figura 5** Tipo de climas en la República Mexicana.

---

---

## **PRECIO**

El precio de venta de los productos, viene directamente definido por el nivel de tecnología, con que se cuente en el invernadero, debido claramente a la calidad del producto. A medida que aumenta el equipamiento y la tecnología incorporada a la huerta hidropónica también aumenta el precio del mismo.

Es difícil establecer un rango de precios, ya que depende de cada empresa, de la calidad del producto, el equipamiento incluido. Pero se puede realizar una aproximación de acuerdo a la zona y a la competencia que se tenga.

## **TENDENCIAS**

El sector de las huertas hidropónicas en invernaderos ha crecido de manera rapidísima en la última década, y se prevé que para los próximos cinco años, siga creciendo a un ritmo estimado entre el 10% y el 15%, en una proporción similar a la que se constituye la superficie cubierta en la actualidad: 55% invernaderos y 45% malla sombra.

Obviamente, el desarrollo en el sector de invernaderos, irá muy ligado a la producción de hortalizas y frutas en México. Dependiendo de cuál sea su evolución y sus perspectivas para el futuro, los invernaderos se desarrollaran en una medida u otra. Y a su vez, la producción de hortalizas y frutas en México, estará muy relacionada con la evolución de las exportaciones a su principal socio comercial: Estados Unidos, donde exportan el 85% de este tipo de productos. Este comercio entre Estados Unidos y México viene marcado por el Tratado de Libre Comercio existentes entre estos países y que desde su firma ha evolucionado de la siguiente manera en este sector:

-En balance, durante los primeros años de la vigencia del TLCAN (1994-2000) la evolución del sector agropecuario fue desfavorable:

-Producción, empleo y rentabilidad a la baja

- 
- 
- Severa contracción del crédito
  - Deterioro real del ingreso de los productores
  - Competencia elevada de las importaciones, con moderado crecimiento de las ventas al exterior.

En los siguientes años (2001-2004), la situación se revirtió:

- Comportamiento positivo de la producción y de la rentabilidad
- Los apoyos a los productores aumentaron, aunque no de manera sustancial
- Se detuvo el deterioro en el financiamiento bancario
- Mejóro el comercio exterior
- Se avanzó marginalmente en el cambio estructural

En México desde el gobierno se trata de conseguir una modernización y reconversión productiva en el sector rural, promoviendo el cultivo y las exportaciones de productos hortícolas y frutales, ya que estos son los que ofrecen una mayor valor añadido.

Debido a esto, se espera una expansión en el sector de frutas y hortalizas, por lo que la producción bajo invernadero continuará creciendo en los próximos años.

## **DENSIDAD ECONÓMICA**

Ahora, veremos un poco lo referente a la densidad económica parte al igual que las anteriores muy importantes y que no debemos de dejar pasar por alto, ya que este será nuestro indicativo de la relación que tienen el precio/ peso / distancia.

Respecto a esta relación de factores, encontramos que en el jitomate se manejan dos tipos de densidades: alta densidad y baja densidad.

La de alta densidad es cuando nuestro producto tiene un precio alto pero su peso es bajo, entonces nuestro producto se podrá desplazar a mayor distancia, con lo cual nos aseguramos que nuestro producto en atención a su precio podrá cubrir mercados más distantes; un claro ejemplo de esto lo encontramos en la

---

---

temporada de invierno en la que el precio del jitomate se eleva al doble de su precio normal (según datos de la Secretaría de Economía).

Ahora, el de baja densidad es todo lo contrario tiene un precio bajo y un peso bajo, por ende nuestro producto se verá restringido en los desplazamientos limitando de esta manera el crecimiento económico de la comunidad.

## **DISTRIBUCIÓN**

El canal de distribución en este sector es un canal corto, sin demasiados intermediarios que encarezcan el producto.

Las formas más habituales de distribución en el sector de invernaderos y hortalizas, en México son dos:

- La empresa trabaja con agentes o representantes. Establecen una oficina en la que trabajan tres o cuatro comerciales que se encargan de ir buscando contactos.
- La empresa comienza a conocer el mercado a través de un distribuidor. Puede ser un único distribuidor de tamaño considerable, pero más comúnmente las empresas trabajan con varios pequeños distribuidores, normalmente distribuidores regionales, para después en una etapa posterior, dar la distribución a aquel que mejor funciona.

Los distribuidores de los que hablábamos anteriormente son empresas del ramo, empresas que se dedican a sistemas de riego, o a semillas y fertilizantes, y entonces complementan su oferta con los invernaderos.

Existen otras formas de distribución, pero menos usuales, como el establecimiento de una filial para mantener la imagen de marca y continuidad de la empresa que ellos desean.

En cuanto a la logística es relativamente sencilla. Se transporta en contenedores vía marítima, sin problemas ya que no es un producto frágil.

---

---

En cuanto a las hortalizas irán al centro de producción del producto, o se transporta en contenedores vía terrestre.

Las principales conclusiones que se pueden extraer de este estudio son las siguientes:

- La productividad de la agricultura en México es baja y la realizada bajo un Invernadero con tecnología de punta es casi nulo. El porcentaje de población empleado en actividades agrarias (17%) es muy elevado teniendo en cuenta la escasa proporción que representa la agricultura dentro del total del PIB (4%). Debido a este motivo, desde el gobierno se está tratando de impulsar proyectos de modernización agrícola y reconversión productiva hacia cultivos que ofrezcan una mayor productividad y aporten un mayor valor.
- Es destacable la dualidad existente en la agricultura mexicana, diferenciándose claramente dos tipos de agricultores: Una mayoría de pequeños agricultores dedicados a la subsistencia, (que son el objeto de estudio de la presente Tesis) y un número reducido de agricultores importantes que se enfocan hacia la exportación.
- Los principales productos cultivados bajo invernaderos son el tomate (73%), pimiento, pepino, y hortalizas dirigidos principalmente a la exportación; el principal mercado es Estados Unidos, país al que va destinado el 85% de las exportaciones de este tipo.
- En México no se constituyen cooperativas con facilidad. El agricultor mexicano es más reacio a compartir, y la cultura de las cooperativas no está implantada en el país. Sin embargo, ésta sería una solución muy adecuada para los pequeños agricultores mexicanos y en especial para La Comunidad de las Carpas, ya que de esta manera, podría reducir costos, al realizar parte de las tareas en común.

- 
- 
- Durante la última década se ha registrado una mejoría en la situación de los productores de frutas y hortalizas que han logrado un mejor acceso al mercado de sus socios del TLCAN.
  - El sector está en una etapa de crecimiento. Entre 1999 y 2004, el crecimiento de la superficie sembrada bajo invernadero ha sido del 218% y aún sigue habiendo un gran potencial de crecimiento, ya que la superficie ocupada por invernaderos es todavía pequeña. Se estima un crecimiento del 10% -15% anual, para los próximos cinco años.
  - En el Estado de Morelos a pesar de que cuenta con las condiciones climáticas adecuadas para el crecimiento de las hortalizas (temperatura, humedad, agua) sorpresivamente es la región del país con menor crecimiento.
  - Los principales clientes, son agricultores fuertes, con poder adquisitivo, o en su defecto empresarios importantes de otro rubro, que ven en los invernaderos una inversión rentable y de rápida recuperación.
  - El factor más relevante a la hora de adquirir un invernadero es el precio por metro cuadrado, pero a medida que avanza el nivel de tecnificación, factores como la calidad, la tecnología, el diseño, el servicio... van adquiriendo una mayor importancia.
  - El gobierno mexicano ha tratado de incentivar la creación de nuevos invernaderos, facilitando las importaciones, con acciones como la exención del pago del IVA y una tarifa arancelaria del 0%.
  - Las alternativas de crecimiento que se presentan en esta tesis sustentan la viabilidad de proyectos de invernaderos con una calidad tecnológica media-alta, y en menor costo en materiales e infraestructura.

---

---

## CAPÍTULO III

### ESTUDIO TÉCNICO

#### Localización e instalación de una Huerta Hidropónica

Una vez decididos a formar el proyecto de Huerta Hidropónica, uno de los primeros pasos es definir el lugar donde la vamos a ubicar.

Estas huertas pueden ser localizadas en distintos lugares de la vivienda (paredes, techos, patios, ventanas, terrazas).

Existen algunos criterios importantes que deben ser tomados en cuenta para obtener mayor eficiencia, mejores resultados y éxito en el producto final y en la empresa comercial (a largo plazo) que nos proponemos. El criterio más importante es ubicar nuestra huerta en un lugar donde reciba como mínimo **seis (6) horas de luz solar por día**. Para esto es recomendable utilizar espacios con buena iluminación (como se mencionó en el capítulo I), y cuyo eje longitudinal mayor esté orientado hacia el norte. Se deben evitar aquellos espacios sombreados por árboles, los lugares inmediatos a casas u otras construcciones y los sitios expuestos a vientos fuertes. La mayoría de los Cultivos Hidropónicos se hacen a libre exposición, pero en aquellas zonas caracterizadas por excesivas lluvias se deberá prever la instalación de algún tipo de techo plástico transparente, de uso agrícola. Es también muy importante la proximidad a una fuente de agua para los riegos, con el fin de evitar la incomodidad y el esfuerzo que significa transportar los volúmenes de agua necesarios. Algunos elementos, como los recipientes plásticos para el almacenamiento del agua y los nutrientes, deberían estar cerca de los cultivos de nuestra huerta, ya que son elementos que se utilizarán muy frecuentemente. Es importante prevenir ataques de pájaros, que pueden producir daños importantes. La idea de que los cultivos sin tierra sólo se pueden obtener en 16 condiciones de invernaderos plásticos no es completamente cierta. Algunas experiencias conducidas en distintos países de América Latina y el Caribe con

---

---

cultivos de acelgas, lechugas, pepinos, rabanitos, tomates y otras hortalizas, sin utilizar cobertura plástica, indican que es posible obtener buenos productos y plantas a la libre exposición, cuando ellas están adaptadas a las condiciones ambientales del lugar donde se cultivan.

La cubierta plástica (o de vidrio) sólo se necesita cuando se cultivan hortalizas o plantas fuera de las condiciones a las cuales están adaptadas y cuando se desea evitar los riesgos de infecciones y ataques de algunos de sus enemigos naturales. Cuando existen diferencias ambientales (heladas o temperaturas muy elevadas) es posible compensarlas con una mejor nutrición y cuidados a través del cultivo hidropónico.

Hay hortalizas que se adaptan a todas las condiciones de clima de la mayor parte de las regiones habitadas del mundo. Así, es posible cultivar cebollas, frutillas o fresas, y plantas aromáticas y ornamentales, en épocas o climas fríos; también se puede cultivar habichuelas o acelgas, tomates, cilantro, pepinos, remolacha y muchas otras plantas, en épocas o climas intermedios; y ají, melones, pepinos, pimentones, sandías, tomates y otras, en épocas o climas calientes.

*Para el estudio realizado se identificó el municipio de Tlaquiltenango, Morelos, el cual cuenta con las condiciones climáticas óptimas para el cultivo de hortalizas de todo tipo e incluso de cultivos como son el jitomate, tomate, rosas y flores ornamentales que requieren de grandes cuidados y temperaturas mayores a 20 °C.*

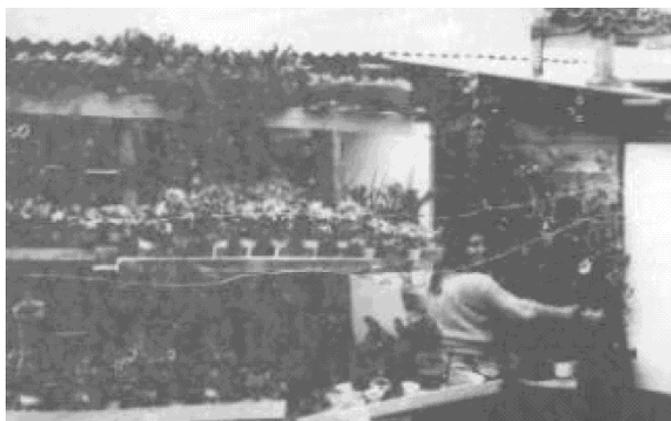
Es muy importante y se recomienda decididamente que el lugar destinado a la huerta hidropónica esté cercado, para impedir la entrada de animales domésticos (aves de corral, conejos, gatos, perros) o personas irresponsables. Este es uno de los elementos limitantes para iniciar y hacer prosperar una huerta hidropónica. Si no es posible aislar la huerta de este tipo de animales o personas, la recomendación es no invertir ningún esfuerzo, porque más tarde o más temprano éste será perdido, generándose una gran desmotivación. Bajo este proyecto damos la propuesta, a los habitantes de esta comunidad, de mejorar su alimentación, y además deseen obtener ingresos adicionales a través de una

---

---

huerta hidropónica, deberán planear una mayor producción, para lo cual es necesario disponer de mayores espacios. En estos casos, sin embargo, los criterios de ubicación siguen siendo los mismos. El espacio en sí mismo no es el factor más limitante para los cultivos hidropónicos. Es posible cultivar una huerta hidropónica en menos de un metro cuadrado o en la mayor de las terrazas o patios caseros que se puedan tener en una vivienda urbana.

La mayoría de las huertas hidropónicas instaladas en diferentes países tienen un área que varía entre 10-20 metros cuadrados, pero hay familias o grupos que cuentan con áreas de cultivo superiores a 200 metros cuadrados, lo que les permite comercializar su producción. Combinando las diferentes formas de huertas hidropónicas que existen (canales horizontales recostados en las paredes de las viviendas o muros; canales angostos y poco profundos; camas de cultivo hechas en madera; recipientes tubulares verticales en PVC o plástico; simples tiestos plásticos individuales, etc.) se puede tener una atractiva y provechosa huerta de hortalizas limpias y nutritivas.



**Figura 6** Ejemplo de una huerta hidropónica de tipo jardín colgante.

Fuente: Martínez, E. y García, M. 1993. Cultivos sin suelo: hortalizas en clima mediterráneo. 123 pp.

---

---

Todo espacio, por pequeño que sea, es útil para cultivar hortalizas en huertas hidropónicas. Lo importante es la voluntad, la dedicación y la constancia. A través de las huertas hidropónicas, los patios pequeños pueden producir tres o cuatro veces más por unidad de superficie que el sistema tradicional. El esfuerzo físico es menor, pero la dedicación y constancia deben ser mayores.

Las paredes o patios bien iluminados por lo menos durante seis horas, permiten aprovechar espacios muy pequeños para realizar huertas hidropónicas.

Cuando los espacios son muy pequeños pero hay suficiente luz solar, se pueden utilizar bandejas en forma de pisos superpuestos para aumentar la superficie disponible para la huerta hidropónica.

Cuando las terrazas y techos de las viviendas no están expuestas a vientos fuertes, pueden aprovecharse para hacer una huerta hidropónica mientras se reúnen los recursos para realizar un nuevo proyecto. Anexo II Fotos de la distribución de las huertas.

## **LA TÉCNICA DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA RECIRCULANTE ANTECEDENTES**

El sistema de recirculación de solución nutritiva "NFT" -Nutrient Film Technique-, fue desarrollado en el Glasshouse Crop Research Institute, Inglaterra, en la década de los sesenta. El principio de este sistema hidropónico consiste en la circulación constante de una lámina fina de solución nutritiva que pasa a través de las raíces del cultivo, no existiendo pérdida o salida al exterior de la solución nutritiva, por lo que se constituye en un sistema de tipo cerrado. A diferencia del sistema propuesto para las huertas populares, las plantas se cultivan en ausencia de sustrato, por lo cual las plantas se encuentran suspendidas en canales de cultivo con o sin un contenedor de soporte. Otra característica del sistema, es la necesidad de contar con una pendiente o desnivel de la superficie de cultivo, ya que por medio de ésta, se posibilita la recirculación de la solución nutritiva.

---

---

Su creador, el Dr. Allan Cooper, montó originalmente un sistema consistente de un complejo circuito de canales de concreto donde el flujo de la solución nutritiva se mantenía gracias al funcionamiento de dos bombas. Luego, este sistema fue simplificado al diseñarlo con una sola bomba impulsora, aunque persistió por largo tiempo la utilización de canales de cemento. Desde esa época, parte de la producción bajo invernadero fue reemplazada por la técnica "NFT" debido a la alta incidencia y costo del control de enfermedades de suelo. Países del norte de Europa, especialmente, han utilizado el sistema bajo invernadero para cultivar hortalizas de consumo en fresco y de alta calidad. Destaca la producción de lechugas con un alto número de rotaciones anuales y la de tomates, con un período extendido de producción que permite la obtención de muy altos rendimientos, además de ser una de las hortalizas con mayor valor en el mercado y con la mayor movilidad de sus precios a la largo del año.

El sistema "NFT" está siendo implementado, en sus distintas formas, especialmente en zonas áridas de México. Sin embargo esta técnica es posible expandirla también a productores o empresas de otras condiciones agroecológicas. Para ello es importante un conocimiento previo de las técnicas hidropónicas de carácter popular o periurbano y contar con un nivel de inversión mayor al requerido para éstas, con la finalidad de aumentar la capacidad de producción por unidad de superficie y de tiempo de cultivo (mayor productividad). Su éxito en condiciones locales, se basa asimismo en la utilización y apropiación de materiales existentes en las cercanías y contar con personal idóneo en las técnicas de preparación y manejo de soluciones nutritivas, del sistema y del cultivo de la especie elegida.

Una de las ventajas que ofrece el sistema "NFT" es su mayor eficiencia en cuanto a la utilización de los elementos minerales esenciales para el crecimiento de las plantas, de agua y oxígeno. En contraste a los sistemas hidropónicos populares de sustrato sólido o a "raíz flotante", el "NFT" maximiza el contacto directo de las raíces con solución nutritiva que es constantemente renovada y por ende el

---

---

crecimiento es acelerado siendo posible obtener en el año más ciclos de cultivo. Con la ausencia de sustrato se evitan las labores de desinfección de éste, así como se favorece el establecimiento de una alta densidad de plantación.

Entre las desventajas señaladas para el sistema "NFT" destaca la necesidad de una mayor inversión inicial, sin embargo, en la medida que ésta se realice con materiales de fácil acceso, el costo de implementación disminuirá, siendo una técnica competitiva con otras en sistemas de cultivo forzado.

Otro requerimiento que se destaca, es la necesidad de contar con personal adiestrado en nociones básicas de química para la preparación de soluciones nutritivas, requerimiento que puede ser minimizado si tenemos cierta cantidad de la solución ya preparada, *o como propuesta en este proyecto se diseñó un pequeño programa para el cálculo de sales, especificado en el Anexo III.*

A través de la transferencia tecnológica y capacitación es posible lograr un equipo preparado al respecto, y no sólo en soluciones nutritivas, sino también en el manejo de las bombas impulsoras y del cultivo.

La mayor adopción del sistema "NFT" radica no sólo en la posibilidad de reducir la inversión inicial y en poseer conocimientos técnicos, sino además de contar con un mercado que facilite la comercialización, valorando la alta calidad que caracteriza a los productos obtenidos por "NFT". Así, se hace imprescindible, antes de decidir su adopción, la necesidad de realizar un proyecto de inversión.

---

---

## **COMPONENTES Y MATERIALES DEL SISTEMA "NFT"**

El sistema básico "NFT" (Figura 7) se constituye de cinco elementos iniciales:

- Estanque colector
- Canales de cultivo
- Bomba
- Red de distribución
- Tubería colectora.

A continuación se detallan las características más relevantes de cada elemento y los materiales factibles de utilizar para su implementación.

### **Estanque Colector**

El estanque colector tiene por función almacenar la solución nutritiva a través del período de cultivo. Existe una gran gama de tipos de contenedores que pueden utilizarse como estanques colectores de solución nutritiva (Fotografías 1, 2 y 3 del Anexo II). Sin embargo, su elección debiera estar basada en el tipo de material, tamaño y aislamiento. Si se desconoce la reacción del material con la solución nutritiva, es necesario previamente realizar alguna prueba para evaluar la reacción química existente entre ambos. En otras palabras, es vital observar si ocurre algún tipo de corrosión del estanque y cambio de color de éste o la solución. Si así ocurriera, ese estanque no debiera utilizarse.

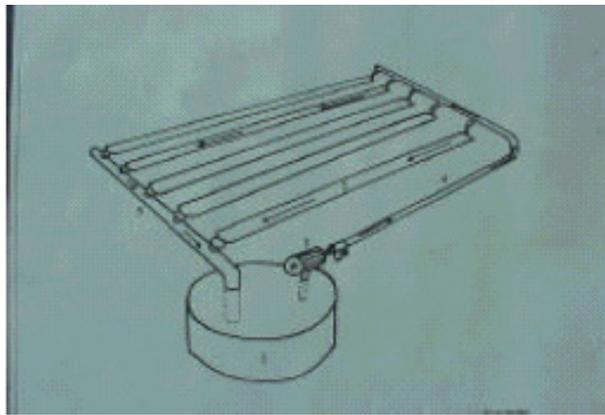
Si se cuenta con contenedores de metal o asbesto, se aconseja aislar su cara interior con una capa de pintura epóxica. El aislamiento interno de los estanques metálicos con una bolsa de polietileno de gran calibre no es relevante pues, aparte de ser una labor engorrosa, es insegura por la posibilidad de que el polietileno presente futuras roturas. Idealmente, los estanques colectores debieran ser de material PVC o de fibra de vidrio tratado para sustancias tóxicas. Estos últimos de mayor costo, representan un ahorro por su durabilidad. No es aconsejable

---

---

localizarlos bajo el nivel de suelo donde exista una napa freática, por posibles levantamientos y ruptura de la instalación.

Actualmente, se ofrecen en el mercado estanques de segunda mano o desecho a reducido costo. Si éste es el caso, es aconsejable averiguar qué tipo de resina u otra sustancia ha sido almacenada en el estanque, pues es posible que su contenido original sea tóxico para las plantas, y a pesar de repetidos lavados, pudieran aún contener trazas de la sustancia inicial.



**Figura 7:** Sistema de recirculación continua y sus elementos constituyentes: 1. estanque colector; 2. canales de cultivo; 3. bomba; 4. red de distribución y 5. tubería colectora.

---

---

La elección de un estanque colector no sólo está determinada por el material constituyente, sino también por su capacidad de almacenamiento de solución nutritiva. El volumen del estanque está en función directa del número de plantas, especies a cultivar y modalidad de corrección química de la solución nutritiva (sistema de corrección manual o automático). Los siguientes ejemplos clarifican este concepto.

En el caso del tomate, especie de gran desarrollo comparado a la lechuga, en pleno período productivo y en verano, consume un volumen aproximado de 2.5 litros por planta y por día, de solución nutritiva diluida (es decir, agua más solución concentrada).

Una planta de jitomate en época de fructificación y desarrollo de frutos requiere aproximadamente 3 litros por planta al día, a diferencia de una planta de lechuga que consume alternativamente 0.3 litros de solución.

Por otra parte, no sólo es necesario dimensionar la capacidad del estanque en base al volumen requerido de solución según las necesidades fisiológicas de la planta en particular y la época del año, sino también en relación al volumen remanente en el estanque, el cual asegura que la bomba no deje de funcionar. En el *Cuadro 9* se describe un ejemplo de cómo calcular la dimensión del estanque según la especie en cultivo.

Para producir 1,200 lechugas en 50 m<sup>2</sup>, el estanque debería contener al menos 450 litros de solución.

Además, no se debe olvidar que al momento de elegir el tamaño del estanque se deberá contemplar si a futuro se trabajará con mayores superficies o con otra especie de mayor demanda hídrica.

**Cuadro 9: Cálculo de la capacidad del estanque según la especie cultivada**

Especie	Volumen aproximado de solución consumida (1 planta/día) <sup>(1)</sup>	Densidad de plantación (planta/m <sup>2</sup> )	Capacidad aproximada del estanque <sup>(2)</sup> (l/m <sup>2</sup> )
Lechuga	0.3	30	9
Tomate	2.5	5	16
Pepino	3.0	5	19

(1) Para una planta en su máximo estado de desarrollo

(2) Este valor al multiplicarse por la superficie real de cultivo estima el valor del estanque. Se consideró un 25% más del volumen consumido como volumen remanente.

En la medida que se cuente con un estanque de pequeña capacidad, el volumen de la solución disminuirá rápidamente por lo que las correcciones de la solución serán más frecuentes, incluso llegando a más de una corrección por día, lo que hace prácticamente al sistema inoperable. Por este motivo al contar con instrumentos manuales que controlan la solución nutritiva, se deberá optar por volúmenes de solución al menos que dupliquen los requerimientos diarios del cultivo. A su vez, si se cuenta con un estanque colector de gran volumen, los cambios de temperatura de la solución nutritiva serán más graduales en relación a la temperatura ambiental. Este aspecto es de suma importancia para el estudio realizado ya que es una zona en donde se registran fluctuaciones de temperaturas entre el día y la noche, especialmente en veranos calurosos y donde se cultive bajo invernadero. Al trabajar en ambiente de cultivo forzado y con este sistema hidropónico, sumado a la utilización de un estanque pequeño bajo estas condiciones, la temperatura de la solución puede alcanzar cifras muy altas dañando irreversiblemente las raíces, y por lo tanto al cultivo.

La aislación del estanque colector es otro elemento a considerar en el éxito de la conservación de la solución. El estanque colector debe permanecer cubierto para evitar el desarrollo de algas, las cuales consumen oxígeno de la solución, aumentan la degradación de compuestos químicos de ésta y favorecen su

---

---

contaminación con restos orgánicos. Así, es vital que el estanque sea cubierto con una tapa de fácil remoción y que también posibilite el paso de la parte final del tubo colector hacia el interior del estanque (*Fotografía 4 Anexo II*). Si se considera la compra de algún estanque sin cubierta, es aconsejable fabricar una tapa con polietileno coextrusado, con la cara interna de color negro, y la externa -de color blanco opaco- que evite el calentamiento de la solución.

## **CANALES DE CULTIVO**

El sistema "NFT" se caracteriza por no utilizar ningún tipo de sustrato, sino por el contrario, es un sistema estrictamente hidropónico, o sea, se cultiva directamente en agua con sales minerales disueltas. Así, al no contar con un medio sólido de sostén, éste es brindado a las plantas por el tipo de contenedor utilizado como también por el canal de cultivo, el cual permite la sujeción de las plantas.

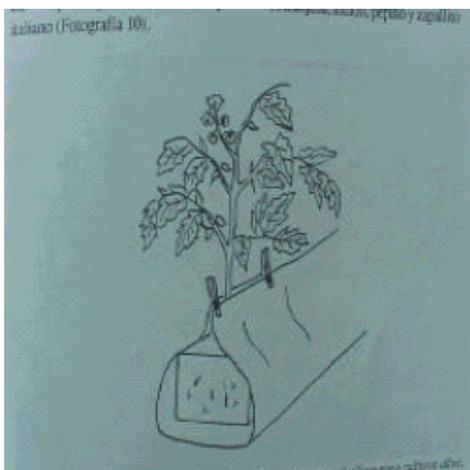
La segunda función de los canales y de igual importancia a la anterior, es permitir que la solución nutritiva pase en forma expedita a través de ellos. Así, es recomendable utilizar canales de sección rectangular, ya que ésta permite mantener la fina lámina de solución circulante en la sección transversal a lo largo del canal. También se requiere que la superficie de los canales sea lisa para facilitar el rápido desplazamiento de la solución a través del canal de cultivo.

Existen diferentes tipos de canales de cultivo de acuerdo a la especie a cultivar. Si se cultiva alguna de pequeño tamaño -lechuga por ejemplo-, se aconseja utilizar un canal de baja altura (*Fotografías 5 y 6 Anexo II*) que permita la sujeción de la planta y su contenedor (cubo de espuma por ejemplo). Este se recubre con algún material aislante, de bajo costo y fácil reposición, como lo es el poliestireno expandido ya sea para cubrir un canal individual (*Fotografía 7 Anexo II*) o varios, a través del uso de una lámina del mismo material (*Fotografía 8 Anexo II*).

---

---

En el caso de un cultivo de crecimiento alto como lo es el tomate, se requiere la implementación de canales (*Fotografía 9 Anexo I*) que permitan mantener tanto a las plantas de mayor desarrollo aéreo y radical, como también a sus contenedores. Generalmente se trabaja con mangas abiertas de polietileno coextrusado formando un canal sostenido (*Figura 8*). Este tipo de material **permite su reutilización**, limpiándolos antes de establecer el siguiente cultivo. Son recomendables, estos canales, para especies como tomate, pimentón, berenjena, melón, pepino y zapallito italiano (*Fotografía 10 Anexo II*).



**Figura 8:** Canal confeccionado con polietileno para cultivos altos, por ejemplo para tomate

## **BOMBA**

Corresponde a uno de los componentes claves del sistema, el cual requiere una preocupación especial no sólo en cuanto a su elección, sino también a su operación. Su función es impulsar permanentemente la solución nutritiva desde el estanque colector hasta la parte alta de los canales de cultivo. Por ello, dependiendo de la magnitud del módulo de producción y grado de supervisión debieran considerarse dispositivos de alarma que indiquen una interrupción no deseada. Una detención prolongada puede traer serios inconvenientes que inclusive causarían la pérdida total de la producción.

---

---

Dentro de la gran variedad de tipos de bombas y características de funcionamiento (*Fotografías 11 y 12 Anexo II*), destacan las de accionamiento eléctrico de operación sumergida o no sumergida. Aun cuando las primeras son de operación más silenciosa y requieren menor cantidad de energía eléctrica para su puesta en marcha, su costo es varias veces superior a las del segundo tipo por la calidad del blindaje que necesitan para evitar la entrada de líquido, en este caso solución nutritiva, al sistema eléctrico del motor.

Entre las de operación no sumergida, destacan por su menor costo las de tipo centrífugo, unicelular, de eje horizontal, accionadas por un motor eléctrico monofásico o trifásico, montadas en un solo cuerpo.

La necesidad del "cebado", es decir, mantener la tubería de succión y cámara de la bomba completamente llena de líquido, y el requerimiento de mayor cantidad de accesorios para su instalación, no resultan ser inconvenientes de importancia para constituirse en una buena alternativa para el sistema "NFT".

La elección de una bomba adecuada a las reales necesidades del módulo productivo, es de particular importancia no sólo por la inversión inicial, sino especialmente por los gastos posteriores de operación y mantenimiento, gravitantes dentro de los costos de producción.

Para la selección de la bomba deben considerarse los siguientes aspectos:

a) Solidez y calidad de los componentes del motor y bomba. Con la utilización de una bomba sólida y constituida por elementos de buena calidad se permitirá resistir una gran cantidad de horas de funcionamiento, como lo son las requeridas para cualquier especie que se establece en el sistema "NFT".

b) Resistencia de la bomba a la acción corrosiva de la solución nutritiva a través del tiempo. Si la bomba no es resistente a la corrosión, la vida útil de ésta disminuirá rápidamente, por lo cual se deberán reponer frecuentemente los elementos deteriorados para mantener su operación.

c) Caudal de operación en relación a la altura manométrica requerida y eficiencia.

---

---

Dado que en general existe una escasa diferencia de altura entre el nivel mínimo de solución nutritiva dentro del estanque y el punto más alto de los canales de cultivo, la bomba deberá ser capaz de impulsar eficientemente (a baja altura manométrica) un caudal máximo equivalente al producto del caudal que se maneja para cada canal de cultivo (2-3 litros por minuto) por el número de canales de cultivo. Este valor debe aumentarse en un 20% como margen de seguridad frente a mayores demandas de alguna especie que se cultive eventualmente en el sistema.

Es importante considerar las futuras ampliaciones del módulo productivo, de manera de evaluar el tamaño más conveniente. Ello puede considerarse, desde un comienzo, la adquisición de una bomba de mayor tamaño, con los consiguientes costos de operación, o simplemente contar posteriormente con otra unidad acorde al incremento de la superficie productiva.

La bomba debe localizarse en forma próxima al estanque colector, sobre una base firme para evitar movimientos y vibraciones. Al mismo tiempo, deberá tenerse especial preocupación de no hacer funcionar la bomba en seco y adoptar las protecciones termoeléctricas necesarias que eviten la pérdida total de la bomba frente a eventuales fallas en el sistema.

Por lo general, la bomba es instalada al nivel superior del estanque colector siendo necesario que la tubería de succión cuente con una válvula de retención para mantener el sistema de succión "cebado" frente a detenciones voluntarias o involuntarias como podría ser una caída de la energía en el sector.

Finalmente, es necesario que su funcionamiento sea observado periódicamente, no sólo en términos del flujo que se está entregando tanto en la parte alta, como en la más baja de los canales de cultivo, sino además, en términos de ruidos o vibraciones que puedan detectarse, lo cual sería indicativo de un funcionamiento defectuoso que requeriría una reparación.

---

---

## RED DE DISTRIBUCIÓN

La solución nutritiva es distribuida a través de una red compuesta por tuberías y mangueras de PVC o goma desde la bomba impulsora hacia la parte superior de los canales de cultivo. En la actualidad se utiliza este tipo de materiales que han desplazado los de aleación metálica, ya que éstos interactúan con los elementos minerales que componen la solución nutritiva. En relación a su dimensión, depende del volumen a transportar a través del sistema, sin embargo como el flujo requerido no supera los 2 a 3 litros por minuto, normalmente el diámetro de las tuberías es de 2 pulgadas.

Si se trabaja con sistemas de cultivo de pequeña superficie (menor a 100 m<sup>2</sup>) no es necesario utilizar tuberías de PVC, y con sólo ocupar mangueras de jardín, de diámetro interno de 1 a 2 cm., sería suficiente para distribuir la solución nutritiva hacia los canales de cultivo (*Fotografía 13 Anexo II*). Para superficies mayores, donde los canales de cultivo son de gran longitud, y por lo tanto, el volumen de solución circulante es superior, es recomendable la utilización de tuberías de PVC.

## TUBERIA COLECTORA

La tubería colectora recoge la solución nutritiva desde los canales de cultivo y la lleva de retorno hacia el estanque (*Fotografía 14 Anexo II*). La localización de esta tubería se ubica frente y en un nivel más bajo que la altura inferior de los canales, de esta forma la solución nutritiva desciende por gravedad, oxigenándose.

Además, esta tubería se encuentra en pendiente descendente hacia el estanque colector. Al final de ésta, se requiere colocar un codo de PVC recubierto con material aislante (polietileno) para facilitar su caída.

Los materiales preferentemente utilizados son aquellos que no reaccionan con alguno de los elementos minerales disueltos en la solución nutritiva. Así, actualmente se usan tuberías de PVC, o también es posible acondicionar alguna

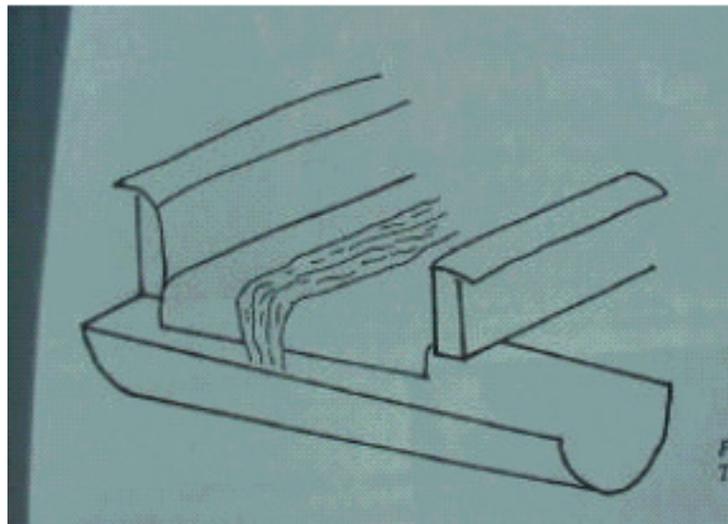
---

---

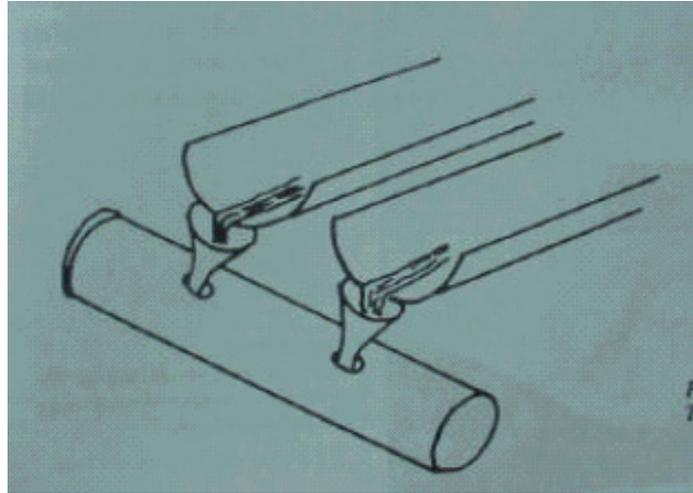
canaleta abierta de madera u otro material, recubierto con plástico para su aislación.

De la superficie de cultivo y las temperaturas máximas obtenidas dependerá la utilización del tipo de tubería colectora: abierta (*Figura 9*) -recomendable para pequeñas superficies, bajo un régimen de temperaturas moderadas- que es la que se recomendó en este proyecto para así evitar cualquier taponamiento producto de las raíces que desembocan en los canales de cultivo. Se recomendó cubrirla con algún polietileno opaco (de preferencia color blanco), para evitar la contaminación de la solución nutritiva y su evaporación.

Se debe utilizar una tubería colectora cerrada (*Figura 10*) en superficies mayores y en ambientes cálidos (mayores a los 22°C), como es nuestro caso de la comunidad Las Carpas, prefiriéndose la inclusión de aberturas individuales frente a cada canal para así recibir la solución nutritiva. El diámetro de esta tubería debería ser igual o mayor al ancho del canal de cultivo, ya que la acumulación de raíces de las plantas del borde podría taponarla (*Fotografía 14 Anexo II*).



**Figura 9:** Tubería colectora abierta



**Figura 10:** Tubería colectora cerrada

### **REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA "NFT"**

Para la obtención de una producción comercial exitosa, es necesario conocer los requerimientos de este sistema hidropónico los cuales se describen a continuación.

#### **Altura de la lámina de la solución nutritiva**

El sistema "NFT" consiste en recircular en forma permanente una lámina fina de solución nutritiva que permita la oxigenación de las raíces y el aporte de agua y sales nutritivas durante todo el período de cultivo.

Idealmente, esta lámina no debería alcanzar una altura superior a los 4 a 5 mm, para favorecer así la aireación de la solución y por ende la oxigenación de las raíces. Con esta lámina delgada de solución nutritiva las raíces no se asfixian, al no encontrarse enteramente sumergidas (*Fotografía 15 Anexo II*).

Otro aspecto a considerar para asegurar la escasa altura de la lámina de solución, es el tipo de sección del canal de cultivo a utilizar. Los canales con sección cóncava, obtenidos generalmente al cortar en forma longitudinal tubería de PVC, o

---

---

las de tipo ondulado (planchas de asbesto), dificultan tanto el logro de una lámina fina circulante en el sistema, como también la obtención de un sistema radical expandido a lo ancho del canal de cultivo. De preferencia, entonces, se aconseja emplear canales de sección rectangular que faciliten la obtención de la lámina de solución y la distribución transversal de las raíces (*Fotografía 16, Anexo II*).

### **Flujo de la solución nutritiva**

Para el logro y manutención de la lámina de solución nutritiva recirculante, se debe ajustar su flujo en aproximadamente 2 litros por minuto. Este caudal permite que las raíces de las plantas posean una oferta adecuada de oxígeno, agua y nutrientes. Sin embargo, a través del período de crecimiento del cultivo, el flujo de la solución puede aumentarse, para favorecer el contacto íntimo de la solución con las raíces, ya que éstas crecen en tal magnitud que se entrecruzan originando un conglomerado, que comúnmente se denomina "colchón de raíces" (*Fotografía 17 Anexo II*). Este "colchón" es un impedimento para el libre paso de la solución nutritiva y su absorción. Además, se forman "bolsones" de solución al interior de éste, los cuales favorecen no sólo la acumulación de sales, sino también la muerte sectorizada de raíces al no recibir solución nutritiva. Por esta razón, para especies de gran desarrollo radical (tomate, pepino por ejemplo) se hace necesario, desde el momento que se forma el "colchón de raíces" hasta el fin del cultivo, aumentar la tasa de flujo sobre los 2 litros por minuto hasta visualizar que las raíces son efectivamente alcanzadas por la solución nutritiva.

Por el contrario, si se cuenta con canales de sección cóncava, se debe disminuir la circulación de solución a un flujo que permita cumplir el principio de este sistema hidropónico, es decir, que las raíces no se encuentren sumergidas, y sólo una lámina delgada de solución, circule a través de ellas.

---

---

## **Oxigenación de la solución nutritiva**

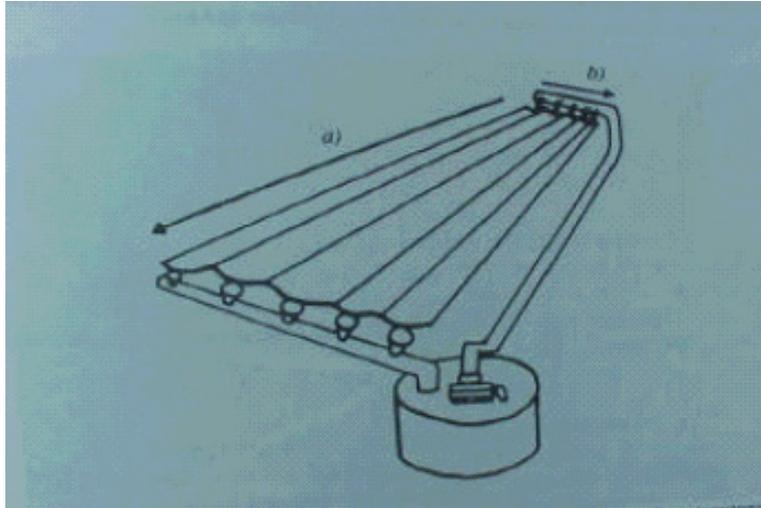
La solución nutritiva se oxigena no solamente por su circulación a través de los canales de cultivo, sino principalmente, al caer abruptamente sobre el remanente de solución en el estanque colector, donde se produce turbulencia y por lo tanto su aireación. De esta forma se debe dejar la mayor distancia posible entre la desembocadura de la tubería colectora y el nivel de solución en el estanque para facilitar la aireación de ésta. Se debe considerar al menos 50 cms de altura (*Fotografía 18 Anexo II*).

## **Pendiente**

Para que la solución nutritiva fluya constantemente en el sistema, se requiere que ésta sea impulsada desde el estanque hacia la parte elevada de los canales de cultivo, y luego descienda a través de ellos por gravedad. Este descenso se produce gracias a la pendiente longitudinal de los canales de cultivo (*Figura 11*).

En general, esta inclinación debe ser de alrededor de un 2 %. Pendientes superiores a 4%, dificultan la absorción de agua y nutrientes por las raíces del cultivo; en cambio las pendientes menores a 2%, no facilitan el adecuado retorno de la solución al estanque colector, ni tampoco la manutención de la altura de la lámina de solución nutritiva.

Se recomienda aumentar la pendiente de los canales, sólo en el caso de que se cultive alguna especie que presente un gran desarrollo radical, que impida el paso sostenido de la solución nutritiva. De esta forma se evitaría el estancamiento de la solución en el interior del "colchón de raíces".



**Figura 11:** a) Pendiente longitudinal y b) pendiente transversal en el sistema de recirculación continua.

Además de la pendiente longitudinal de los canales de cultivo, también debe existir pendiente transversal a los canales de cultivo en la tubería colectora, como se muestra en la *Figura 11*. La magnitud de esta pendiente debiera ser de similar valor que la pendiente longitudinal, para que se permita el fácil retorno de la solución nutritiva al estanque.

### **Longitud de los canales de cultivo**

Para la mantención de los requerimientos mencionados anteriormente, se necesita además considerar un largo máximo de canales de cultivo no superior a los 15 metros. De esta forma, se logra que la solución nutritiva se mantenga con un adecuado contenido de oxígeno posible de ser absorbido por las raíces de las plantas.

---

---

Longitudes superiores a la indicada posibilitan la existencia de baja concentración de oxígeno en solución y por lo tanto conlleva un menor crecimiento de las plantas, especialmente de las ubicadas en el extremo final del canal. Además, al trabajar con canales muy extensos se dificulta la sujeción de éstos.

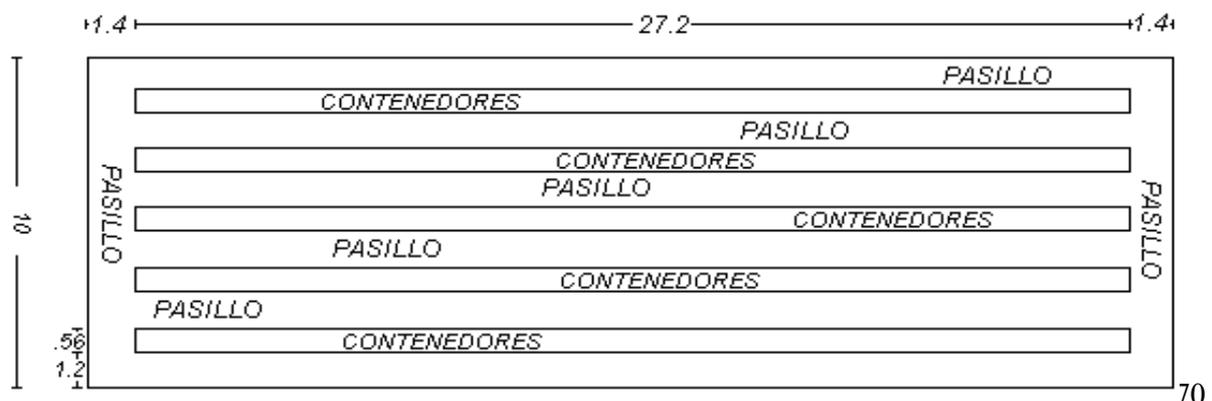
### Localización del Sistema "NFT"

El sistema de solución nutritiva recirculante puede ser establecido, ya sea, al aire libre (*Fotografía 19 Anexo II*) como también bajo invernadero (*Fotografía 20 Anexo II*). Sin embargo, en base a la inversión inicial realizada y, a que generalmente su objetivo es la obtención de productos "de la canasta básica" de mayor precio, se recomienda establecer este sistema bajo un sistema forzado.

Es recomendable que el invernadero en el cual se monte el sistema "NFT", se localice cercano a la fuente de agua y a la eléctrica. Además, es recomendable ubicarlo en un lugar protegido de vientos fuertes y en lo posible próximo a una casa habitación, para así contar con el resguardo de los materiales y productos existentes en el invernadero.

### Contenedores

Una vez construido el invernadero, se requerirá de contenedores para la siembra. A continuación presentamos una imagen de los contenedores que utilizaremos en nuestro invernadero que son el uso de zanjas aisladas sobre el suelo, en el cual es sustrato será piedra de tezontle. **Figura 12** Distribución de los pasillos.



---

---

## CAPÍTULO IV

### SOLUCIÓN NUTRITIVA: FORMULACIÓN Y MANEJO

En hidroponía, los elementos minerales nutritivos esenciales son aportados exclusivamente en la solución nutritiva, a través de las sales fertilizantes que se disuelven en agua (*Cuadro 10*). Por esta razón, la formulación y control de la solución junto a una adecuada elección de las fuentes de las sales minerales solubles, se constituyen en una de las bases para el éxito del cultivo hidropónico. En el sistema "NFT" este aspecto es de suma importancia.

La eficiencia de utilización de los nutrientes por las plantas depende del sistema hidropónico elegido. En el caso de esta técnica, la eficiencia de utilización es continua, pues al existir una circulación permanente de la solución nutritiva, la oferta de nutrientes en las raíces es constante. Además, la solución se formula de tal forma que suministre un nivel adecuado de todos los nutrientes, permitiendo así, un fácil manejo de ésta.

Los aspectos de elección de sales solubles, la formulación y manejo de la solución nutritiva se explican en este capítulo.

---

---

**Cuadro 10: Elementos minerales esenciales para las plantas**

<b>Elemento mineral</b>	<b>Símbolo químico</b>	<b>Peso atómico</b>
<b>MACRONUTRIENTES</b>		
Nitrógeno	N	14
Fósforo	P	31
Potasio	K	39
Calcio	Ca	40
Magnesio	Mg	24
Azufre	S	32
<b>MICRONUTRIENTES</b>		
Hierro	Fe	56
Manganeso	Mn	55
Zinc	Zn	65.5
Boro	B	11
Cobre	Cu	64
Molibdeno	Mo	96
Cloro	Cl	35.5

### **ELECCIÓN DE LAS SALES MINERALES SOLUBLES**

Las sales fertilizantes utilizadas para la preparación de soluciones nutritivas que se usan en el sistema "NFT", se caracterizan por su alta solubilidad, de esta forma se deberán elegir aquellos que se presentan en sus formas hidratadas. A continuación se mencionan algunos de los más requeridos en hidroponía con sus respectivas fórmulas químicas y constantes de solubilización (*Cuadro 11*).

---

---

**Cuadro 11: Sales fertilizantes utilizadas en hidroponía**

<b>Nombre químico</b>	<b>Fórmula química</b>	<b>Solubilidad (gramos por litro)</b>
Nitrato de calcio	$\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$	1220
Nitrato de potasio	$\text{KNO}_2$	130
Nitrato de magnesio	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	279
Fosfato monopotásico	$\text{KH}_2\text{PO}_4$	230
Sulfato de magnesio	$\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	710
Sulfato de potasio	$\text{K}_2\text{SO}_4$	111
Sulfato de manganeso	$\text{MnSO}_4$	980
Ácido bórico	$\text{H}_2\text{BO}_2$	60
Sulfato de cobre	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	310
Sulfato de zinc	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	960
Molobdato de amonio	$(\text{NH}_4)_5 \text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	430

### **Fuentes de Nitrógeno (N)**

Considerando que en el caso del nitrógeno, el uso de una fuente amoniacal reduciría el costo de la solución nutritiva, existen sin embargo, evidencias a nivel experimental que una proporción mayoritaria de  $\text{NH}_4$ , sería perjudicial, por ejemplo, para el crecimiento del jitomate. Por consiguiente, se recomienda que al formular una solución no debería incluirse más allá de un 20% de esta forma nitrogenada, empleando sales nítricas para suplir la mayor parte del nitrógeno de la solución.

### **Relación Potasio (K)/ Nitrógeno (N)**

Durante la fase del llenado de frutos, las especies hortícolas como el jitomate, pepino y melón, demandan potasio (K) en mayor proporción que nitrógeno (N) para la formación de frutos firmes y de mayor calidad. Ello constituye una preocupación del productor al cultivar estas hortalizas en un sistema "NFT" donde se trabaja con una sola formulación durante el cultivo para facilitar su manejo. Sin embargo, ya que se recircula una solución nutritiva constantemente, las plantas

---

---

son cultivadas con una alta oferta de nutrientes observándose que éstas cuentan con el aporte adecuado de potasio (K), aún trabajando con concentraciones bajas de este elemento. Por otra parte, esta inquietud sería superada al escoger una solución nutritiva que cuenta con una relación K/N de 2: 1.

Alternativamente, algunos estudios sugieren que se debería suplementar la solución con potasio (K) desde el inicio de la fructificación, incrementando esta relación K/N a 2.5:1. Para ello, en forma práctica se suplementa con potasio (K) por medio de un mayor aporte (20 - 25%) de la solución concentrada que posee la fuente de potasio (K), no importando que la concentración de otros elementos aumente proporcionalmente, pues este incremento no sería perjudicial para las plantas. Otra alternativa recomendable es la aplicación foliar de soluciones (de rápida absorción a nivel foliar) ricas en K y Ca.

### **HIERRO (Fe)**

El hierro (Fe) se encuentra disponible en el mercado bajo la forma de distintas sales. Sin embargo, algunas de ellas no permiten una adecuada absorción de este elemento por las plantas. Esto ocurre porque las sales férricas son inestables y son fácilmente transformadas en formas insolubles y por lo tanto de difícil absorción. Por esta razón se recurre a las formas "queladas", es decir, aquellas sales en las cuales el ión hierro se encuentra unido a un compuesto orgánico. Un ejemplo de quelato de hierro es la sal EDTA.

## FORMULACIÓN DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA

La formulación de una solución nutritiva se refiere a la concentración de los elementos nutritivos que la componen, expresados, generalmente, en partes por millón (ppm), miligramos por litro (mg/l) o gramos por 1000 litros (g/1000 l). A lo largo del proceso de investigación y desarrollo que realizamos para el sistema "NFT", descubrimos un gran número de formulaciones que difieren en los fertilizantes que aportan los elementos nutritivos, pero no mayormente en los rangos de concentración óptimos de cada elemento, como se muestra en el *Cuadro 12*.

**Cuadro 12: Rangos de concentración de elementos minerales esenciales según diversos autores**

Concentración (ppm)							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
N	210	168	150-225	106	172	200-236	167
P	31	41	30-45	62	41	60	31
K	234	156	300-500	156	300	300	277
Mg	34	36	40-50	48	48	50	49
Ca	160	160	150-300	93	180	170-185	183
S	64	48	--	64	158	68	--
Fe	2.5	2.8	3-6	3.8	3	12	2-4
Mn	0.5	0.54	0.5-1	0.81	1.3	2	0.62
B	0.5	0.54	0-0.4	0.46	1	0.3	0.44
Cu	0.02	0.064	0.1	0.05	0.3	0.1	0.02
Zn	0.05	0.065	0.1	0.09	0.3	0.1	0.11
Mo	0.01	0.04	0.05	0.03	0.07	0.2	--

(1) Hoagland y Amon (1938)

(2) Hewitt (1966)

(3) FAO (1990)

(4) Jensen (s/fecha)

(5) Larson (s/fecha)

(6) Cooper (1979)

(7) Steiner (1984)

Fuente (1), (2), (3) y (7) en Windsor and Schwarz (1990); (4) y (5) en Lorenz and Maynard (1988); (6) en Cooper (1988)

---

---

## TIPOS Y ELECCIÓN DE FORMULACIONES NUTRITIVAS

Uno de los aspectos a considerar, es la incorporación mínima de elementos minerales no esenciales para el crecimiento de las plantas (sulfatos por ejemplo), ya que su acumulación aumenta la concentración de sales de manera innecesaria, que de llegar a un nivel límite, inhibe la absorción de agua por las plantas. De esta forma, la formulación elegida debería contener aquellos fertilizantes que aporten en mayor proporción los elementos esenciales y, en una reducida cantidad aquellos no deseados.

Otra razón de buscar esta combinación, y que es de vital importancia, se relaciona al manejo de la solución.

Más adelante explicaremos con detalle que la corrección de la solución nutritiva en este sistema se basa en la estimación de la concentración de nutrientes a través de la conductividad eléctrica, además del diseño de una **hoja de cálculo en el Anexo III** para el manejo y cantidad de los nutrientes utilizados en este método.

Así, al existir una gran acumulación de elementos no esenciales se interfiere con la estimación del contenido de los elementos requeridos por las plantas.

También es necesario evaluar el costo de la solución nutritiva al momento de optar por una formulación.

Estudios preliminares que realizamos en lechuga, para este sistema hidropónico sobre la eficiencia de diferentes tipos de solución nutritiva, han mostrado que no existirían diferencias entre el rendimiento y calidad del cultivo al utilizar las soluciones de Cooper, Wye y HHP (FAO). Así, en base a estos antecedentes, para el caso en particular de estas tres soluciones, se debiera optar por la más económica y de fácil corrección.

---

---

## PREPARACIÓN DE SOLUCIONES NUTRITIVAS CONCENTRADAS

El sistema hidropónico "NFT" mantiene constantemente en circulación a la solución nutritiva, por lo cual se requiere buscar una modalidad práctica y de fácil adición de nutrientes a medida que éstos son absorbidos por las plantas. Así, se recurre a la utilización de una solución concentrada, la cual se aplica en pequeños volúmenes a la solución circulante para su corrección. Las diversas formulaciones existentes en la literatura, generalmente son presentadas en esta forma, con el nombre de soluciones concentradas o "stock". Estas formulaciones se presentan como el contenido de sales fertilizantes requeridas para ser diluidas en un volumen conocido de agua para así aportar una concentración determinada de elementos minerales.

Generalmente la formulación concentrada se separa en dos soluciones concentradas, denominadas Solución Concentrada A y Solución Concentrada B (*Fotografía 21*). El propósito de separar los fertilizantes en dos grupos se basa en reacciones de ciertas sales que forman compuestos de muy baja solubilidad y por lo tanto precipitan. Por ejemplo si se mezcla en una solución concentrada nitrato de calcio y sulfato de magnesio, se obtendrá un precipitado de sulfato de calcio. De esta forma, la solución concentrada A (o también llamada Solución A) se compone de nitrato de calcio, como única sal o junto a quelato de hierro, mientras que en la solución concentrada B (o Solución B) se mezcla el resto de los fertilizantes. Además, la modalidad de dos soluciones concentradas, permite realizar un fácil ajuste de la relación de K/N en la solución nutritiva para el cultivo de jitomate por ejemplo, al separar una gran proporción del elemento mineral nitrógeno (N) -existente en la Solución A- del potasio (K) presente en la Solución B.



**Fotografía 21:** Estanques contenedores de soluciones concentradas y de solución ácida para la Solución Cooper

### **ANÁLISIS QUÍMICO DEL AGUA Y CORRECCIÓN DE LA FORMULACIÓN**

Al principio de éste capítulo se señalaba la importancia de la calidad del agua a utilizar. Pero no solamente se debe tener en cuenta su calidad bacteriológica, sino también su calidad química, es decir su aporte de elementos minerales. Por este motivo, se deberá realizar al menos un análisis químico del agua al inicio del cultivo para conocer si existe un aporte significativo de algunos elementos minerales.

Para diferentes zonas y épocas del año, en la comunidad “Las Carpas”, el contenido de algunos elementos en el agua fluctúa, por lo que algunos investigadores indican ajustar la formulación de la solución. Sin embargo, para ello se deberá contar con un laboratorio en las cercanías, como también con los recursos económicos para cubrir los costos de los diversos análisis a realizar en forma regular para mantener la solución nutritiva ajustada a las variaciones de la composición mineralógica del agua, estos análisis pueden ser llevados a cabo bajo nuestro criterio por la Universidad del Estado de Morelos o por ayuda de la Secretaría de Agricultura

---

---

Si la concentración de calcio y/o magnesio en el agua local fuera superior a las 30 partes por millón, se podría ajustar la solución nutritiva para abaratar su valor. En los cuadros siguientes se presentamos el ejemplo de corrección realizado por nosotros en la investigación de campo realizada al municipio, de acuerdo al análisis químico del agua local. En el *Cuadro 13* se muestra el análisis que indica que el agua analizada contiene calcio (Ca) y magnesio (Mg), la formulación de la solución escogida y luego la corregida. Este ajuste se explica a través de la siguiente ecuación para cada elemento mineral existente en el agua:

$$\text{Concentración en la formulación} - \text{Concentración en el agua} = \text{Concentración a aplicar}$$

Para efectos de este ejercicio, se indica una formulación de la Solución Wye que fue estimada para alcanzar una C.E. aproximada de 2.5 mS/cm. Además, se considera como mezcla de quelatos el producto comercial "Sequelene (R)", aunque éste puede ser reemplazado por otro similar.

La corrección de la formulación concentrada considera la reducción del aporte de nitrato de calcio y nitrato de magnesio. La disminución del contenido de nitrógeno (N) se contrarresta con el aumento en la concentración de nitrato de potasio aplicada (*Cuadro 13*). La corrección de la solución debe ser previamente analizada según el costo de cada sal fertilizante.

**Cuadro 13: Ajuste de una formulación de solución nutritiva en base a un análisis químico de agua**

Elemento	Análisis de agua "Las Carpas" (ppm)	Formulación de solución Wye(*) (ppm)	Formulación ajustada (ppm)
N	0	165	165
P	0	35	35
K	0.9	339	339
Ca	36.8	78	41.2
Mg	5.8	23	17.2
S	0	49	49
Fe	0	5	5
Mn	0	0.2	0.2
B	0	0.11	0.11
Cu	0	0.1	0.1
Mo	0	0.03	0.03
Zn	0	0.14	0.14

**Cuadro 14: Corrección de la Solución Wye según cálculos realizados en el cuadro anterior (Cuadro 13)**

Solución Wye * g/l	Solución Wye ajustada según análisis (g/l)
Solución Concentrada A:	
Nitrato de calcio 43.3	23.05
Solución Concentrada B:	
Nitrato de potasio 82.95	113.9
Nitrato de magnesio 32.7	25.03
Monofosfato de potasio 20.7	20.7
Sulfato de potasio 36.65	36.65
Quelato de hierro 4	4
Mezcla de quelatos 0.0125	0.0125

Adaptado de Varley Busrage, 1961

---

---

## MANEJO DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA

### CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Es posible determinar la concentración de cada uno de los elementos nutritivos en la solución a través del análisis químico. Al operar el sistema "NFT" requiere realizar controles o estimaciones diarias de la concentración de los elementos nutritivos. En el primer caso muestrear la solución y llevarla a analizar a algún laboratorio, como se comentó anteriormente, se transforma en una tarea engorrosa y de alto costo, además de desconocer oportunamente el estado real de la solución. La propuesta sugerida por nosotros estima la concentración total de elementos nutritivos disueltos en solución por medio de la conductividad eléctrica utilizando un conductímetro portátil (*Fotografía 22*), en general de costo no muy alto.

La efectividad del uso de este estimador -la conductividad eléctrica (C.E.)-, se basa en el concepto de la proporcionalidad de la conductividad eléctrica de una solución en relación a la concentración de sales disueltas, junto con utilizar una solución nutritiva que contiene una baja concentración de elementos no esenciales. Por esta razón, uno de los éxitos del sistema "NFT" se encuentra en la elección de una adecuada formulación de la solución nutritiva.

La unidad de la C.E. es el milisiemens (mS/cm) - anteriormente conocido como milimhos (mmho)-, pero en hidroponía para fines prácticos, se trabaja con el Factor de conductividad (Fc), que se define como:

**Factor de conductividad (Fc) = C.E. (mS/cm) x 10,**

**es decir, un Fc = 20 equivale a 2 mS/cm.**

---

---

El rango de conductividad eléctrica usualmente requerido para un adecuado crecimiento del cultivo, se encuentra entre un Fc de 15 a 30. La utilización del valor inferior de este rango o uno superior dependerá de la especie y sus requerimientos según su hábito de crecimiento, como también de la C.E. del agua con la cual se prepara la solución nutritiva. Por ejemplo para un cultivo de lechuga recién establecido (con un estado de desarrollo de 5 hojas verdaderas) el factor de conductividad no debería ser superior a 15. Por otra parte, se debe cuidar no sobrepasar el límite superior de 30, ya que debido a una mayor concentración de elementos minerales disueltos en la solución nutritiva, la absorción de agua, y por ende la de nutrientes, disminuye afectando así el crecimiento del cultivo.

La medición de la conductividad eléctrica se realiza a través de un medidor portátil o automático. No se debe descuidar la calibración del instrumento según lo indicado por su proveedor.

## **pH**

Otro parámetro que se debe controlar para mantener disponibles los elementos nutritivos en la solución nutritiva es el pH, o sea el grado de acidez o alcalinidad de la solución. El rango de pH en el cual los nutrientes se encuentran disponibles ocurre entre 5,5 y 7. Para medir el pH se utiliza un medidor portátil (Fotografía 22), el cual debe estar calibrado durante todo el período de uso, de acuerdo a las instrucciones comerciales.

Las correcciones de pH generalmente se realizan para acidificar la solución al rango óptimo anteriormente señalado. Esto se explica en el hecho de que a medida que se repone el volumen consumido, se agrega agua hasta obtener el volumen inicial aumentándose el pH.

Para disminuir el pH a un valor mínimo de 5.5, se agrega una solución ácida, la cual se compone de una mezcla de ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) y ácido ortofosfórico ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) en una proporción de 3:1, preparada al 5%.

---

---

Es decir, al preparar 10 litros de solución con la mezcla indicada, se agrega a 9,500 cc de agua contenidos en un contenedor, 380 cc de ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) y 120 cc de ácido ortofosfórico ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ). Si no se dispusiera de alguno de estos dos ácidos, se sugiere preparar la solución con el ácido existente, agregando 500 ml de ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) o ácido ortofosfórico ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) a 9,500 cc de agua.

La manipulación de la solución ácida como también su preparación, la debe realizar una persona responsable que use gafas y guantes protectores para evitar quemaduras por ácido. Además, debe cuidar que no existan derrames de los ácidos concentrados ni de la solución ácida. Tampoco se debe olvidar que al prepararla, siempre el ácido se debe agregar a un volumen de agua previamente depositado en el estanque contenedor. De otra forma es posible que ocurra una explosión. Los tipos de ácidos utilizados no requieren ser productos puros, por el contrario, se deben utilizar de preferencia ácidos ofrecidos para uso comercial con un 85 % de pureza. Además son de menor costo.

Si se requiere alcalinizar la solución nutritiva, o sea aumentar el pH hasta el rango óptimo, se deberá preparar una solución básica al 10% de hidróxido de potasio (KOH) para luego aplicar un pequeño volumen a la solución. Los gránulos de este compuesto se agregan a 500 cc de agua agitando constantemente hasta disolver la sal. Luego se rellena con el agua restante hasta alcanzar 1 litro de solución.



**Fotografía 22:** Medidores portátiles de pH (a la izquierda de la fotografía) y conductividad eléctrica (a la derecha)

## **PREPARACIÓN Y MANEJO DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA RECIRCULANTE**

Al establecer las plantas en el sistema "NFT", se recircula sólo agua sin sales nutritivas por al menos 24 horas. Posteriormente se procede a aplicar los nutrientes y alcanzar la concentración deseada. Sin embargo, se sugiere comenzar con niveles bajos de factores de conductividad entre 15 y 18, para evitar estrés al cultivo. A la semana de establecidas las plantas, se sugiere alcanzar el rango de conductividad preestablecido de acuerdo a la especie.

El volumen de solución nutritiva a utilizar, está en relación al número de plantas a cultivar. Observaciones realizadas por nosotros de absorción de solución nutritiva en el sistema "NFT", indican que para el cultivo de lechuga desde el establecimiento de éste con 4 a 5 hojas verdaderas a roseta, una planta absorbe, por día, aproximadamente entre 50 y 100 ml de solución. Posteriormente, ya al alcanzar las plantas su tamaño comercial, absorben al día aproximadamente entre 200 y 300 ml de solución nutritiva. Además, se debe considerar un 25 % más del

---

---

volumen requerido para que éste permanezca en el estanque colector y permita el funcionamiento constante de la bomba.

Luego de definir este volumen, se procede a medir y registrar el pH del agua utilizada. Enseguida se agregan volúmenes iguales de solución concentrada A y de solución concentrada B por separado, agitando constantemente entre aplicaciones, evitando así la precipitación de las sales fertilizantes. Para la obtención del rango deseado de factor de conductividad (Fc) se aplican volúmenes iguales de solución concentrada A y B, se mide la conductividad eléctrica, repitiendo esta operación las veces que sea necesario hasta alcanzar el valor Fc requerido. Por ejemplo una aplicación de 5 litros de cada solución concentrada a 600 litros de agua permitiría alcanzar un Fc de 15 aproximadamente, dependiendo del Fc del agua empleada. Luego es necesario medir el pH obtenido con las soluciones concentradas aplicadas, y si el pH encontrado es superior al requerido, se agrega solución ácida en pequeños volúmenes hasta alcanzarlo, no olvidando agitar la solución cada vez que se aplique la solución ácida. Finalmente se enciende la bomba y se comienza con la recirculación de la solución.

### **Control diario de la solución nutritiva**

Al utilizar un sistema manual de control de solución, ésta requiere ser corregida a diario, como se explica detalladamente a continuación. Inicialmente se detiene el funcionamiento de la bomba por algunos minutos y se espera que la mayor parte de la solución circulante retorne al estanque colector. Posteriormente, se rellena con agua hasta el nivel inicial de solución (marcado en el estanque colector), luego se agita la solución y se mide el pH primeramente. Si el pH es superior al valor mínimo del rango óptimo de pH -5.5- se aplica un pequeño volumen de solución ácida a la solución, se agita profusamente y se mide el pH nuevamente. Esta operación se repite hasta alcanzar el pH deseado.

---

---

Luego, se mide el Fc de la solución por medio del medidor de conductividad eléctrica. Si el valor obtenido es inferior al valor mínimo del rango de conductividad eléctrica, se aplican volúmenes iguales de solución concentrada A y de solución concentrada B, se agita y se vuelve a medir. Si aún el valor de conductividad eléctrica fuese menor al rango requerido, se repite la operación antes explicada. La anotación de los valores de Fc y pH en todas las lecturas así como las correcciones realizados serán muy útiles para evaluar el funcionamiento del sistema.

### **Duración y renovación de la solución nutritiva**

La duración de la solución nutritiva está en función de su formulación y los cuidados en su manutención. Si la fórmula contiene altas concentraciones de iones indeseados (sulfatos, carbonatos) la cantidad de elementos nutritivos esenciales puede estimarse a través de la conductividad eléctrica por un período extenso de uso. Así, es factible mantener una solución nutritiva en circulación con sólo correcciones frecuentes de conductividad eléctrica y pH por un período de 3 a 4 meses, que por ejemplo para condiciones locales cubriría el tiempo de cultivo de jitomate.

La manutención de la solución no sólo se basa en las correcciones diarias de ajuste de volumen de agua, conductividad eléctrica y pH, sino también, que debe encontrarse limpia y en la oscuridad, condición que se logra al mantener permanentemente el estanque colector y los tubos colectores cubiertos. De esta forma se reduce la proliferación de algas y la evaporación de la solución, como también la inclusión de animales.

---

---

## **Intermitencia del flujo de la solución**

El principio del sistema "NFT" se basa en la circulación constante del flujo de solución permitiendo una oferta regular de oxígeno, agua y elementos nutritivos a las plantas. Sin embargo, se han realizado investigaciones para evaluar regímenes de intermitencia con el fin de favorecer la precocidad y presentación en los jitomates.

Estos cortes de suministro de solución son de pequeña duración por lo que no afectarían el desarrollo del cultivo. Otra razón del uso de este sistema con circulación intermitente es la reducción del consumo de energía eléctrica lo que incidiría en los costos variables de producción.

Estudios preliminares realizados por nosotros en lechuga confirmarían que sería posible detener la bomba por algunas horas durante la noche e incluso por períodos cortos a través del día, sin afectar el rendimiento y calidad de las plantas. Sin embargo, aún es necesario repetir estas experiencias en éste y otros cultivos, especialmente para el período estival.

Si se utilizara un sistema intermitente en una instalación comercial, la detención de la bomba se hace posible por medio del uso de un reloj "timer" al cual se le define previamente el momento de detención y encendido del sistema (*Fotografía 23 Anexo IV*).

## **ASPECTOS GENERALES DE LA PRODUCCIÓN DE ALMACIGOS**

Todas las especies establecidas en un sistema "NFT" se deben sembrar previamente en algún sustrato, ya sea, para ser trasladadas al sistema definitivo a raíz desnuda o a raíz cubierta, utilizando algún tipo de contenedor.

El lugar físico de producción de plantas se conoce como almaciguera (*Fotografía 24 Anexo IV*), y es en este lugar donde se siembra y se le brindan los cuidados

---

---

para la obtención de plantas en óptimo estado de desarrollo y así luego llevarlas al sistema de solución nutritiva recirculante.

Al considerar la ubicación de la almaciguera, las condiciones de luminosidad, temperatura y humedad deben ser cuidadas para un óptimo crecimiento de las plantas, asegurando la mayor cantidad de luz sobre éstas evitando sombreamiento, temperaturas lo más cercano a las óptimas de crecimiento sin heladas y sin excesos de humedad. Mayores antecedentes sobre este tema fueron ampliamente analizados en la parte de locación de la huerta hidropónica.

La semilla a utilizar se remoja, generalmente, acelerando así su germinación. Este remojo no debería superar las 48 horas para evitar su deterioro. Es recomendable utilizar algún tiesto plástico con agua limpia.

Si se trasplanta a raíz desnuda, se sembrará sobre alguna mezcla de sustrato, como por ejemplo, arena con cascarilla de arroz o aserrín. Lo importante es considerar que cualquier sustrato a utilizar, se debe encontrar limpio, de preferencia remojado con antelación para favorecer la limpieza y la germinación de granos de arroz en el caso de la cascarilla. Posteriormente esta mezcla se colocará en algún tipo de contenedor, en un cajón de madera por ejemplo, y previamente humedecido se procede a sembrar. Es aconsejable sembrar en líneas distanciando cada semilla al menos 3 cm aproximadamente (*Fotografía 25 Anexo IV*). La profundidad de siembra es de alrededor de 1 cm. Luego de haber alcanzado las plantas 5 hojas verdaderas, se extraen cuidadosamente del sustrato con la ayuda de alguna herramienta menor (cuchara por ejemplo), evitando la destrucción de las raicillas. Para favorecer esta labor se hace indispensable contar con un sustrato suficientemente húmedo.

Luego de la extracción de las plantas desde la almaciguera y antes del establecimiento definitivo de ellas al sistema de recirculación, se procede al lavado de raíces. Para esta operación simple de realizar, se requiere de un balde con agua limpia en la cual se sumergen y agitan las raíces de las plantas. Es recomendable tomar la planta por su cuello.

---

---

Si se desean trasplantar a raíz cubierta, se utilizan contenedores que permiten el crecimiento de las raíces en su interior, y así al momento del trasplante, se lleva cada contenedor individual al sistema de recirculación.

Los contenedores más comúnmente utilizados son las espumas plásticas de poliuretano de baja densidad (*Fotografía 26 Anexo VI*). Se recomienda utilizar una espuma de densidad no superior a  $10 \text{ kg/m}^3$ , de esta forma, se asegura que las raíces la traspasen fácilmente.

Otro tipo de contenedor utilizado es la bolsa de plástico negro, que se rellena con algún sustrato inerte, como arena, cascarilla o perlita por ejemplo, que permite además, brindar un mejor sostén a la planta dado a la altura de la bolsa. Al momento de llevar estos tipos de contenedores al sistema hidropónico definitivo, a las bolsas se les retira su base, para que así las raíces queden en contacto directo con la lámina de solución nutritiva recirculante.

### **Almacigo de hortalizas de hoja**

La preparación de un almacigo de lechuga, espinaca, apio u otra hortaliza de hoja consiste, generalmente, en la siembra de semillas en cubos de poliuretano de baja densidad, aunque también es posible cultivar las plantas a raíz desnuda. La época de siembra de la almaciguera para el cultivo de lechuga abarca todo el año, sin embargo para lograrlo, se requiere utilizar diferentes cultivares de lechuga específicos para cada estación. Para el caso de otras hortalizas de hoja, también se requiere considerar la estacionalidad del cultivo y los cultivares recomendados para la época.

En general los almacigos de hortalizas de hoja son simples de realizar. Se utilizan los cubos de poliuretano (*Fotografías 26 y 27 Anexo IV*) como medio de sostén de las plantas o también se cultivan directamente en alguna mezcla de sustrato para

---

---

trasplantarlas a raíz desnuda. Si se ocupan bandejas de plástico o de poliestireno expandido forradas de alguna lámina de polietileno delgado, se localizan estas bandejas en algún lugar protegido, en el invernadero, de preferencia bajo túnel, para así obtener una producción de mayor precocidad.

### **Almacigo de hortalizas de fruto**

Algunos cultivos como el jitomate o el pepino, se caracterizan por un gran crecimiento vegetativo. Esta estructura aérea se acompaña de un gran sistema radical, el cual debe ser firmemente soportado. Por este motivo el almacigo de estas especies se realiza a raíz cubierta, es decir utilizando algún tipo de contenedor que permita sujetar la planta especialmente al establecerla en el sistema de recirculación de solución. Generalmente en Europa se han ocupado cubos de lana de roca, sin embargo este producto es posible reemplazarlo por cubos de poliuretano de baja densidad ( $10 \text{ kg/m}^3$ ), cortados de un volumen de  $288 \text{ cm}^3$  ( $6 \times 6 \times 8 \text{ cm}$ ) (*Fotografía 28 Anexo IV*). También es posible utilizar bolsas plásticas rellenas con sustratos ya antes mencionados. Para que las raíces se encuentren en contacto con la lámina de la solución nutritiva es necesario perforar el fondo de ésta. La altura de la bolsa debe ser al menos de 6 cm para favorecer el crecimiento de las raíces al interior de ella.

### **Riego y nutrición de la almaciguera**

El almacigo debe ser rigurosamente cuidado especialmente manteniéndolo húmedo constantemente, pero, evitando el aposamiento de los contenedores para que así dispongan de una adecuada aireación. Para regar la almaciguera, es recomendable utilizar una regadera evitando el chorro directo de agua que se obtendría de una manguera sin pistón regulador.

---

---

Los nutrientes, aportados por una solución nutritiva, deberían ser entregados a las plantas después de la emergencia. Para ello, es posible utilizar la solución HHP en concentración media (2,5 cc de Solución A y 1 cc de Solución B) empezando por un riego semanal hasta llegar antes del trasplante con un riego con solución nutritiva cada tercer día. Los días en que no se ha regado con solución se debe mantener húmedo el almácigo solamente con agua. También es posible aplicar la solución nutritiva elegida para el sistema de recirculación, sin embargo, ésta se prepara a una concentración menor y que estimada en conductividad eléctrica, no debiera superar a un rango de Fc de 12.

### **Momento del trasplante**

En general, las plantas cultivadas en cualquier tipo de contenedor son llevadas al sistema definitivo de establecimiento cuando éstas poseen 5 hojas verdaderas (*Fotografía 29 Anexo IV*), sin considerar el primer par de hojas embrionarias llamadas cotiledones. En este estado de desarrollo, las plantas cuentan con raíces lo suficientemente largas para estar en contacto con la solución nutritiva recirculante y así absorber los elementos nutritivos y agua combinados.

### **ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO EN EL SISTEMA "NFT"**

Antes de establecer el cultivo en el sistema "NFT", éste debe ser puesto en marcha "blanca", revisando que todos los elementos que lo constituyen se encuentren en funcionamiento. Inicialmente, se hace circular agua y no solución nutritiva, pues las plantas requieren al menos un período de 24 horas de acondicionamiento en el sistema. Además, en este lapso se revisará acuciosamente la existencia de goteras, para así posteriormente no perder solución.

---

---

Una vez trasplantadas es muy conveniente verificar que las raíces de las plantas se encuentren en contacto directo con la solución nutritiva, ya que, cuando se colocan las plantas en el sistema, especialmente aquellas que fueron sembradas en cubos de espuma o esponja plástica, sus raíces pueden quedar atrapadas entre el contenedor y el borde interno del orificio de la lámina de poliestireno.

Anteriormente explicamos la preparación de la solución nutritiva recirculante. A continuación, se reiteran en forma resumida los pasos a seguir en esta operación.

1. Detener la circulación de la solución nutritiva
2. Rellenar con agua hasta alcanzar el volumen deseado en el estanque
3. Medir el pH
4. Si el pH es mayor a 6,5 corregir agregando solución ácida hasta alcanzar un pH entre 5,5 y 6,0
5. Medir la Conductividad eléctrica (Fc)
6. Agregar volúmenes iguales de soluciones concentradas A y B por separado agitando constantemente hasta alcanzar el rango de Fc deseado
7. Se enciende la bomba

## **MANEJO DE CULTIVOS EN EL SISTEMA "NFT"**

A continuación se presentan las fichas de cultivo de las principales especies hortícolas aptas para ser cultivadas en la comunidad "Las Carpas", municipio de Tlalquiltenango por el sistema "NFT".

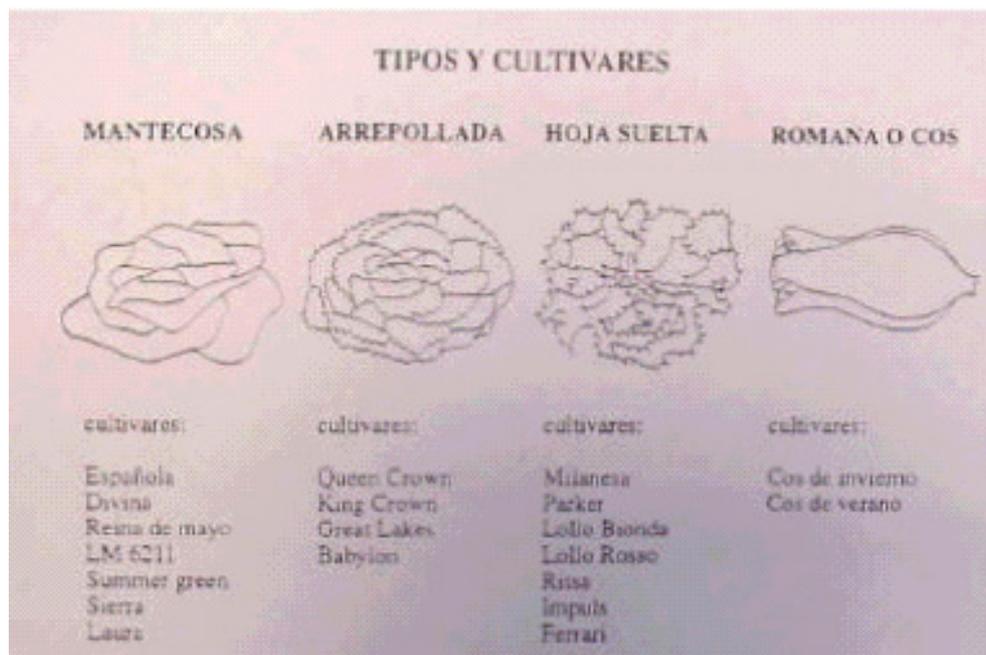
### **LECHUGA**

Lactuca sativa L. La lechuga es considerada la hortaliza de hoja por excelencia, dada su alta calidad culinaria como ensalada fresca. Pertenece a la familia de las Compuestas. Se cultiva en todo el mundo bajo diferentes sistemas de cultivo, al aire libre, bajo invernadero, en suelo y también en hidroponía. Es la principal

---

---

especie de hoja cultivada en el sistema "NFT", ya que es posible obtener lechugas de alta calidad en varias cosechas al año.



**Figura 13** Tipos de lechugas

Entre los diferentes tipos de lechuga, las "butterhead" o "mantecosas" (*Fotografías 30, 31 y 32 Anexo IV*) son las más cultivadas en este sistema hidropónico, ya que destaca su mejor calidad en relación a las cultivadas en suelo y al aire libre. Las lechugas "mantecosas" forman una cabeza central, sus hojas son de textura suave de alta palatabilidad; son precoces en relación a otros tipos de lechuga existiendo variedades de otoño-invierno y primavera-verano.

Las lechugas tipo "cos" o "romana" se caracterizan por sus hojas de mayor altura y forma oblonga. Se cultivan en menor escala en "NFT" por la dificultosa sujeción de las plantas en los días previos a la cosecha debido a su gran altura.

---

---

Las lechugas de hoja arrepollada mal denominadas "escarolas", presentan grandes cabezas de hojas crespas, mayor resistencia a la emisión del tallo floral ("florecimiento o "subida") comparada a las "mantecosas". La temperatura óptima para la formación de la cabeza es de alrededor de 20°C. Para la obtención de lechugas de mayor cabeza se requiere un mayor número de hojas por lo que se debe mantener mayor tiempo el cultivo, lo que debiera ser analizado económicamente. Dentro de las lechugas de hoja suelta aptas para "NFT" existen cultivares que tradicionalmente se han cultivado en el suelo, como lo son Milanesa y Parker (*Fotografía 33 Anexo IV*). Sin embargo, es necesario tener presente que este tipo de lechuga es de menor precio de venta y por lo tanto hace menos rentable la inversión. Algunos productores tradicionales les amarran las hojas, sin embargo al cultivarlas en el sistema "NFT" no se hace necesario esta práctica, pues se sujetan unas con otras.

También existe la posibilidad de comercializar las hojas de éstas u otras lechugas en bolsas como ensaladas de "cuarta generación". Además, existen nuevos cultivares de hoja suelta que generalmente son conocidos y consumidos principalmente en países desarrollados, como elementos decorativos para platos junto a mariscos y pescados. Otras de hojas con bordes crespas, las cuales son conocidas como "oakleaf", de color de hoja verde o rojizo, se presentan como una alternativa atrayente como producto "gourmet".

### **Observaciones de la especie**

Dentro de la problemática ambiental actual sobre la acumulación de nitratos en hortalizas de hoja, la lechuga se destaca por ser una de las especies de mayor acumulación en épocas del año donde existe una reducida intensidad lumínica, condición encontrada en los países del norte de Europa y especialmente bajo invernadero. Investigaciones realizadas con animales de laboratorio, han revelado que el consumo excesivo de nitrato en la dieta sería peligroso, pues éste es el

precursor de ciertos compuestos cancerígenos. Por esta razón existe actualmente preocupación por cultivar lechugas con un contenido reducido de nitratos.

Resultados de investigaciones han mostrado que el contenido de nitratos disminuye a partir del mediodía, lo que permite aconsejar que se realice la cosecha a partir de esa hora, evitando las cosechas nocturnas o matinales. Más antecedentes del cultivo se encuentran en la ficha del cultivo (Cuadro 14).

**Cuadro 14: Ficha del cultivo de lechuga en el sistema " NFT"**

<b>ANTECEDENTES DEL CULTIVO</b>	
Rango de temperatura óptima de germinación	4.5 – 27 °C
Tiempo aproximado de germinación	6 – 12 días
Número aproximado de semillas/gramo	800
Longevidad de la semilla	3 años
Número de plantas/m <sup>2</sup> en sistema "NFT"	22 – 24 según el cultivar
Tiempo aproximado de trasplante a cosechar	25 – 40 días
<b>SISTEMA "NFT"</b>	
<b>SOLUCIÓN NUTRITIVA</b>	
Factor de conductividad	15 – 25
pH	5.5 – 6.5
Consumo de solución aproximado por planta	0.25 litros/planta
<b>CANAL DE CULTIVO</b>	
Tipo de canal	bajo
Ancho mínimo de canal	6 cm

## **JITOMATE**

*Lycopersicon esculentum* Mill. El jitomate (*Fotografía 34 Anexo IV*), pertenece a la familia de las Solanáceas, es la principal hortaliza de consumo en México y Estados Unidos, se caracteriza por su alto rendimiento en el sistema "NFT". Se cultiva en este sistema principalmente bajo invernadero para favorecer las

cosechas tempranas, aunque puede ser cultivado al aire libre en época de altas temperaturas. El tomate necesita de diversos cuidados culturales similares a los requeridos para el cultivo establecido en suelo bajo invernadero, no sólo en el establecimiento de éste, sino también en su conducción, raleo de frutos, control de plagas y enfermedades, etc. Los antecedentes del cultivo de tomate se muestran en el *Cuadro 15*.

## TIPOS Y CULTIVARES

### TOMATE CONSUMO FRESCO

cultivares:

Agora  
Carmelo  
Max  
FA 144

### TOMATE "COCTEL" O CHERRY

cultivares:

Sweet cherry  
T-139  
T-124

## Cuadro 15: Ficha del cultivo de tomate en el sistema "NFT"

<b>ANTECEDENTES DEL CULTIVO</b>	
Rango de temperatura óptima de germinación	15 – 29 °C
Tiempo aproximado de germinación	8 – 11 días
Número aproximado de semillas/gramo	250 – 400
Longevidad de la semilla	3 años
Número de plantas/m <sup>2</sup> en sistema "NFT"	5 – 6
Tiempo aproximado desde trasplante a cosechar del primer racimo	45 – 50 días
<b>SISTEMA "NFT"</b>	
<b>SOLUCIÓN NUTRITIVA</b>	
Factor de conductividad	25 – 30
pH	5.5 – 6.5
Consumo de solución aproximado por planta	2.5 litros/planta
<b>CANAL DE CULTIVO</b>	
Tipo de canal	alto
Ancho mínimo de canal	16 cm

---

---

## CAPÍTULO V

### **BENEFICIOS Y RENTABILIDAD DE LA HUERTA HIDROPÓNICA**

Complementando lo observado en el estudio de campo y con la información técnica presentada en esta tesis se obtiene toda la tecnología necesaria para cultivar hortalizas utilizando el método de las Huertas Hidropónicas propuesto en este proyecto realizado a valor de tesis de licenciatura.

Además de ser una actividad muy productiva, la hidropónia es compatible con las tareas del hogar, el estudio y los oficios normales de cada uno de los miembros de una familia. El sistema no exige exclusividad, pero sí constancia y dedicación de una pequeña cantidad de tiempo diario. Es una actividad complementaria, que puede ser desempeñada en conjunto por todos los miembros de la familia de acuerdo con el tiempo libre que cada uno esté dispuesto a dedicar a la huerta.

Los beneficios que se pueden derivar de la Hidroponía se pueden dividir en dos grupos: los de tipo social y los de tipo económico, que se expresan como rentabilidad o ingresos netos.

#### **Beneficio Social**

El beneficio social se obtiene como producto del cambio de las condiciones de vida de las familias, considerando una mejor calidad de la alimentación, la protección de la salud y la obtención de ingresos. Los nuevos ingresos permitirían autofinanciar el funcionamiento y la expansión de la huerta, además de cubrir pequeñas necesidades diarias que antes estaban insatisfechas, para los habitantes del municipio de las Las Carpas, municipio de Tlaquiltenango, Mor.

El beneficio también se refleja en el cambio de actitud de las familias y de la comunidad, que dejan de ser miembros pasivos para convertirse en miembros activos en el proceso de su propio desarrollo.

---

---

Es importante resaltar cómo los niños asumen actitudes muy positivas a través de estas actividades productivas, que aparte de permitirles cosechar productos comestibles, les da la posibilidad de adquirir tempranamente conocimientos prácticos que les hacen menos abstractas algunas áreas del saber, como sucede con la química, la biología y otras.

### **Rentabilidad Económica**

El beneficio económico o rentabilidad es la que se espera obtener mediante la explotación continuada y sistemática de una huerta Hidropónica en superficies superiores a 30 metros cuadrados de cultivos, buscando obtener un rendimiento económico por los gastos incurridos y el trabajo realizado.

A modo de ejemplo:

Un adecuado manejo de las huertas Hidropónicas ha demostrado en distintas experiencias y ensayos realizados por nosotros que el costo total de la producción por metro cuadrado se paga con la venta de 15 lechugas, estimándose además una pérdida de tres lechugas por metro cuadrado y por cosecha.

Es imprescindible para ello establecer una programación que incluya todas las etapas por las que atraviesan los cultivos seleccionados como más promisorios, considerando condiciones ambientales, posibilidades técnicas de manejo y mercados disponibles para la venta. Lo importante es tener algún tipo de producto disponible para la venta en todas las épocas del año (lo más recomendable por nosotros).

Para determinar la rentabilidad económica es necesario definir los costos de producción, el precio de venta y la diferencia entre éstos dos o la utilidad. Los costos de producción son de dos tipos:

- costos de instalación de la huerta, y
- los costos necesarios para que funcione en cada período productivo.

---

---

Los costos de instalación incluyen el valor de los contenedores, los plásticos, los sustratos, las mangueras, las herramientas y toda la inversión necesaria para empezar. Esta será amortizada a lo largo de varias cosechas.

También se consideran aquí los equipos necesarios para la preparación, almacenamiento y aplicación de los nutrientes y los insecticidas naturales, tales como bidones, baldes, atomizadores y otros.

Los costos de funcionamiento comprenden el agua, los nutrientes, el aceite y los productos para el control de las plagas cuando hay que comprarlos (ajos, ajíes), un cuaderno para anotaciones técnicas y contables, y la mano de obra.

Para comprender mejor el tema de la rentabilidad presentaremos el ejemplo que realizamos con una de las especies más aceptadas, tanto por los cultivadores como por los consumidores, como es el caso de la lechuga. Determinaremos el costo de producción en el sistema de Raíz Flotante (dentro del sistema NFT), que es el preferido por quienes tienen el propósito de establecerse como empresa rentable, ya que la producción se logra en menos tiempo y con menor esfuerzo físico, pero con mayor dedicación y constancia:

Sabemos, por la experimentación realizada anteriormente, que en el sistema NFT podemos obtener 31 lechugas adultas por metro cuadrado, de tal forma que determinamos el costo de producción por metro cuadrado de cultivo.

---

---

**Cuadro 15. Costos fijos de instalación**

<b>Insumo</b>	<b>Costo total por metro cuadrado \$</b>	<b>Amortización número de cosechas \$</b>	<b>Valor imputable por m<sup>2</sup></b>
Contenedor de madera	52.50	20	2.625
Plástico negro	4.30	5	0.86
“Plumavit”	14.50	5	2.90
Herramientas	11.03	10	1.10
Equipo	26.60	10	2.66
Mano de obra	22.50	10	2.25

En algunos casos deberá considerarse además el costo de las coberturas para proteger los cultivos del exceso de sol, de las heladas (invernaderos), lo que aumenta el valor de los costos por metro cuadrado en aproximadamente \$ 20 – \$25

**Cuadro 16. Costos variables de producción (para una cosecha)**

<b>Insumo</b>	<b>Costo total/m<sup>2</sup> \$</b>	<b>Valor imputable Por m<sup>2</sup>/cosecha \$</b>
31 plántulas de almacigo de 35 días	5.70	5.70
Solución nutritiva	7.56	7.56
Insecticidas naturales	1.60	1.60
Mano de obra	21.60	21.60
Sub total		36.46
Imprevistos 10%		3.65
Total costos variables		40.11
Costo total (costos fijos más costos variables)		58.21

---

---

## **Ingresos**

Estimando pérdidas del 9 por ciento sobre 31 lechugas, obtenemos 28 unidades, cuyo precio de venta fue estimado en \$ 5.00. Lo anterior nos permite un ingreso bruto de \$ 140.00/m<sup>2</sup>.

Utilidad = Ingreso Total - Costo Total

Utilidad = 140 – 58.21 = 81.79 \$ por m<sup>2</sup>/cosecha de lechugas

Utilidad = \$ 81.79 por m<sup>2</sup>/cosecha de lechugas

Se debe enfatizar que dentro de los costos está considerado el valor de la mano de obra aportada por la familia, con lo que se tiene el doble beneficio del empleo más la rentabilidad del cultivo. Los costos fijos calculados en el ejemplo podrían ser menores si se utilizaran maderas de segunda mano o usadas. En muchos estados es posible conseguir "palets" o tarimas para estibar carga en los puertos marítimos o aéreos, que al desarmarlos dan tablas de buena calidad y de dimensiones muy uniformes.

El anterior ejemplo puede ser considerado como una base para determinar la rentabilidad de otros cultivos, que puede ser diferente dependiendo de las ventajas comparativas o de factores adversos que existan para el cultivo y la comercialización de algunas especies.

Hay especies más convenientes en unos estados de la república que en otros pero, en general, en la mayoría de ellas la rentabilidad económica es alta, especialmente en el cultivo de la lechuga, que en todos los países ha demostrado ser el mejor cultivo tanto del punto de vista técnico como económico.

---

---

Como hemos visto durante este documento–Tesis, las “Huertas Hidropónicas” permiten obtener beneficios sociales y económicos. Depende de la dedicación y constancia el que estos beneficios se transformen en una realidad que ayudará a mejorar la calidad de vida de las familias.

Si se lleva una planificación exacta con respecto al tiempo y se empieza a instalar una Huerta Hidropónica, y si sigue con esmero las recomendaciones ofrecidas en este proyecto, antes de 90 días se tendrá la primera cosecha de distintas hortalizas, plantas medicinales o aromáticas, o la especie que se desee cultivar, con las debidas precauciones y cuidados que se le deben tener a cada especie, así como conocer los nutrientes requeridos para formular la solución nutritiva..

#### **UTILIDAD ECONOMICA DEL SISTEMA "NFT"**

Para incorporar esta técnica de cultivo como una alternativa productiva de especies hortícolas, primeramente se deberá conocer el valor de inversión requerido, los costos operacionales de producción y la utilidad de la Unidad productiva. Este análisis requiere de la preparación en el proyecto, que nos permitirá evaluar la factibilidad de obtención de utilidades al corto y mediano plazo. Si la producción es realizada en condiciones de temperaturas mínimas limitantes al crecimiento de la mayoría de las hortalizas, será necesario construir o adecuar un invernadero cuyo costo se deberá agregar a la inversión total.

El presente proyecto ha sido preparado como guía de fácil entendimiento para aquellos habitantes de la comunidad “Las Carpas” que desean iniciar en esta modalidad intermedia de producción intensiva de hortalizas de alta calidad a través del sistema "NFT" y dirigida al mercado, con el propósito fundamental de obtener el desarrollo integral de la comunidad e integrar, tanto a las cadenas productivas como el valor social de la cooperación familiar. No se ha pretendido

---

---

efectuar una evaluación económica sino entregar a título de ejemplo, un cálculo de la inversión requerida y de las utilidades a obtenerse de una unidad productiva mínima. Para ello hemos considerado los siguientes supuestos:

1. Se cuenta con el terreno e invernadero propio, el cual posee instalaciones de agua y energía eléctrica con una superficie de 280 m<sup>2</sup>, con 200 m<sup>2</sup> cultivables; caso que para muchas familias es de su posesión.

2. Se ha asumido asimismo, que se cultivará lechuga "Española" a una densidad de plantación de 28 plantas por m<sup>2</sup>, es decir, se establecerán 6,720 plantas por cada período productivo.

3. Se planea obtener un período de cultivo promedio desde trasplante a cosecha de 35 a 40 días a lo largo del año, por lo que se espera obtener aproximadamente de 7 a 8 cosechas anuales.

4. Se trabajará con un sistema "NFT", de circulación continua de 24 horas.

5. Con el objetivo de simplificar el cálculo en este ejemplo, no se han considerado las amortizaciones del capital de trabajo durante la puesta en marcha de la unidad productiva, asimismo, no se ha considerado el costo alternativo del dinero.

6. Para efectos de este ejercicio hemos considerado que los costos de inversión son amortizados en dos años a través de las primeras 16 cosechas en forma lineal.

---

---

## **COSTOS DE INVERSION**

Para establecer una unidad "NFT", es necesario considerar los costos de los elementos que la componen y la puesta en marcha del sistema, los cuales se describen en el *Cuadro 17*.

## **OTROS COSTOS DE INVERSION**

Aparte de los costos de inversión ya indicados, existen otros que facilitarán la marcha del negocio. Así por ejemplo, se sugiere considerar hacer algunos gastos en publicidad a través de avisos y preparación de dísticos. También existen gastos de contabilidad y administración, que deben ser tomados en cuenta.

Asimismo, es importante entrenar al personal de la huerta hidropónica, facilitando su participación en cursos, la visita de especialistas en el tema y la adquisición de publicaciones. En este ejemplo, los gastos mencionados anteriormente no han sido considerados, pero pueden darse como propuestas para que el municipio, en coordinación con la secretaría de agricultura y el estado, promuevan y apoyen con estos recursos.

---

---

**Cuadro 17: Costos de inversión**

<b>Inversiones</b>	<b>Valor (\$)</b>
Equipo:	
Bomba	463
Tanque colector	855
Tubería distribuidora, colector y accesorios	492
Canales de cultivo	1,970
Estanques de solución	450
<b>Instrumentos:</b>	
Medidor portátil de pH	305
Medidor portátil de CE	310
Balanza de precisión (1 g)	475
<b>Total</b>	<b>5,320</b>
Inversión por metro cuadrado	26.60

\* Para la estimación de los valores se ha utilizado el cambio operacional de \$ 10.98 = 1 US\$

### **CAPITAL DE TRABAJO**

Este apartado corresponde a los costos de ventas, remuneraciones y pagos de comercialización de los primeros tres meses de iniciada la huerta hidropónica. Se considera este período ya que durante los dos primeros meses se trabajará en la instalación del sistema "NFT", y después de 35 días, aproximadamente, se obtendrá la primera cosecha para la venta.

---

---

## DEPRECIACION

La depreciación del equipo se indica a continuación, en el *Cuadro 18*.

**Cuadro 18: Depreciación del equipo**

<b>EQUIPO</b>	<b>TIEMPO (años)</b>	<b>MONTO ANUAL DEPRECIADO POR AÑO (\$)</b>
Sistema "NFT":		
- Bomba	8 años	57.87
- Estanque colector	5 años	171.00
- Tubería distribuidora, colectora y accesorios	5 años	582.40
- Balanza	5 años	95.00
- Medidor de pH	3 años	101.67
- Medidor de CE	3 años	103.33
<b>TOTAL</b>		<b>1,111.30</b>

## COSTOS OPERACIONALES

Los costos operacionales comprenden los insumos directos de producción, la mano de obra y la depreciación del equipo para una cosecha de lechugas (*Cuadro 19*).

**Cuadro 19: Costos operacionales para una cosecha de lechugas en la unidad " NFT"**

<b>COSTOS OPERACIONALES</b>	<b>CANTIDAD REQUERIDA</b>	<b>VALOR TOTAL (\$)</b>	<b>VALOR UNITARIO (\$/m<sup>2</sup>)</b>
Semilla	10 grs	16.50	0.08
Solución nutritiva	0.317 lts	2,858.00	14.29
Cubo de espuma	6800 cubos	407.50	2.04
Poliestireno (0.5 m <sup>2</sup> )	10 láminas	1,100.00	5.5
Energía eléctrica	630 kW	2,072.50	10.36
Mano de obra	52.5JH	4,186.23	20.93
Depreciación		138.90*	0.69
<b>Subtotal</b>		<b>10779.63</b>	<b>53.89</b>
Costo de venta (3%)		323.40	
Imprevistos (5%)		538.98	
<b>Total</b>		<b>11,642.00</b>	<b>58.21</b>

(\*) Este valor se ha obtenido al dividir la sumatoria de la depreciación por 8 cosechas realizadas anualmente

### **INGRESOS POR VENTAS**

Según los antecedentes locales, el precio de venta por mayor se ha estimado para los efectos de este ejercicio, en \$5.00 por lechuga de buena calidad (peso mínimo aproximado de 250 g por unidad). Se estima un 9% de pérdidas lo que resulta en 5,620 plantas aptas para la venta por cosecha, lo que permite obtener un ingreso total de \$ 28,100.00, es decir, \$ 140.50/m<sup>2</sup> por cosecha de lechugas al año (en una superficie aproximada de 200 m<sup>2</sup> cultivables).

---

---

## **COSTO TOTAL**

El costo total es la sumatoria de todos los costos involucrados, en otras palabras, el costo de inversión más el costo variable de operación. De acuerdo al supuesto 6, se ha dividido la inversión por 16, y cada fracción de este costo se ha sumado al costo variable de cada cosecha. Es decir:

Costo inversión total/m<sup>2</sup> : \$ 18.10

Costo variable/m<sup>2</sup> : \$ 40.11

Costo total/m<sup>2</sup> = **\$ 58.21**

## **UTILIDAD**

Con la información generada anteriormente es posible estimar la utilidad por cosecha para los dos primeros años, como se muestra a continuación:

Utilidad = Ingreso total - Costo total

Utilidad = \$ 140.50/m<sup>2</sup> - \$ 58.21/m<sup>2</sup> = **\$ 82.30 /m<sup>2</sup>**

## **INDICE DE RENTABILIDAD (I.R.)**

I.R. = Utilidad neta del periodo / Activo total = 140.50/58.21 = 2.41

El anterior ejemplo puede ser considerado como una base para calcular la rentabilidad de otros cultivos aptos para producción hidropónica a través del sistema "NFT".

---

---

## **FUENTES DE FINANCIAMIENTO**

### **Programas de apoyo**

En México existen diferentes programas gubernamentales de apoyo al sector agrícola, especialmente destinados a la reconversión de cultivos y modernización y tecnificación de la producción. Los principales programas o instituciones que los ofrecen son:

### **PROCAMPO**

El Programa de apoyos Directos al Campo (PROCAMPO), es un subsidio directo que el gobierno federal otorga a través de la SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). Tiene como objetivo específico apoyar el ingreso de los productores rurales.

Desde su inicio su función ha sido mejorar el nivel de ingreso de las familias rurales, principalmente de aquellos productores que destinan su producción al autoconsumo, es el Programa más importante del Gobierno Federal en materia de fomento productivo, anualmente beneficia aproximadamente a 2.9 millones de productores que explotan alrededor de 13.7 millones de hectáreas.

El apoyo de PROCAMPO consiste en la entrega de recursos monetarios por cada hectárea o fracción de ésta, que se efectúa cuando el productor siembra la superficie registrada (elegible) en el Programa, o bien la mantiene en explotación pecuaria, forestal o la destina a algún proyecto ecológico, y cumple con lo establecido en la normatividad operativa.

### **ALIANZA PARA EL CAMPO**

Los programas de Alianza para el Campo buscan integrar al productor primario a los procesos de transformación y agregación de valor en las cadenas productivas, principales innovaciones y cambios.

---

---

## **ALIANZA CONTIGO**

Los programas de la Alianza Contigo 2003, de fomento agrícola, de fomento ganadero, de desarrollo rural, de sanidad e inocuidad agroalimentaria, del sistema de información para el desarrollo rural sustentable, de acuacultura y pesca, y del fondo de estabilización, fortalecimiento y reordenamiento de la cafecultura, tienen su aplicación en cuatro grandes áreas de atención estratégica: a) Reconversión Productiva; b) integración de cadenas agroalimentarias y de pesca; c) atención a grupos y regiones prioritarias; y d) atención a factores críticos.

Los apoyos que se otorgan se sujetan a criterios de objetividad, equidad, transparencia, publicidad, selectividad y temporalidad, con base en: a) Identificar a la población objetivo de los programas y subprogramas; b) prever montos máximos por beneficiario y por porcentaje del costo de los proyectos, privilegiando a la población de menores ingresos; c) establecer mecanismos de distribución y operación que otorguen acceso equitativo a todos los grupos sociales y géneros, así como para la obtención de información que permita su seguimiento, supervisión y evaluación de los beneficios económicos y sociales; d) llevar a cabo una coordinación de acciones entre dependencias y entidades que inciden en el sector para un uso más eficiente y eficaz de los recursos públicos; y e) prever la temporalidad de su otorgamiento.

## **ALCAMPO**

Proyecto de Mejoramiento de la Productividad Agropecuaria (ALCAMPO). El proyecto ALCAMPO se firmó con el Banco Mundial el 11 de mayo de 1999 y está financiando básicamente las acciones de siete programas de la Alianza para el Campo.

---

---

## **PROMOAGRO**

Promover el fortalecimiento de la oferta, así como el posicionamiento e incremento del consumo de los productos agroalimentarios mexicanos, a fin de integrar al productor de manera favorable a los mercados.

## **FIDEICOMISOS**

FIRCO: Fideicomiso de Riesgo Compartido

Es una agencia gubernamental de la SAGARPA al servicio de los productores, que promueve, instrumenta, vincula y articula instrumentos de fomento públicos y privados, para el desarrollo de agro negocios nuevos o ya constituidos, aplica esquemas de riesgo compartido con un enfoque integral y competitivo, con visión de mercado y mejorando su inserción en las cadenas producción-consumo. Sus principales funciones son:

- a) Participar como Agente Técnico Supervisor de los programas, en los que anteriormente era operador, mediante un muestreo del 10 por ciento de las acciones que se realicen.
- b) Coordinar el desembolso con el Banco Mundial del Proyecto ALCAMPO, el Proyecto de Desarrollo Rural para las Regiones Huleras y el de Desarrollo Productivo Sostenible en Zonas Rurales Marginadas, para establecer los lineamientos técnicos o manuales de operación para el seguimiento adecuado de los apoyos que se otorguen a los productores susceptibles de desembolso.
- c) Promover y fomentar los agronegocios para incorporar a los productores primarios a las cadenas agroalimentarias del Sector y propiciar la retención del valor agregado y la calidad del empleo en el medio rural.
- d) Apoyar a los productores beneficiarios de los programas de la Alianza para el Campo, con proyectos de agro negocios que consideren recursos complementarios de apalancamiento financiero.
- e) Establecer lineamientos y guías técnicas para la formulación de planes de gestión, de estudios y de proyectos.

---

---

f) Promover la constitución de los Consejos Consultivos Estatales de Agro negocios.

FIRA: Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura

Son cuatro fideicomisos públicos constituidos por el Gobierno Federal en el Banco de México desde hace 50 años.

El objetivo de FIRA es otorgar crédito, garantías, capacitación, asistencia técnica y transferencia de tecnología al sector rural y pesquero del país. Opera fundamentalmente como banca de segundo piso, con patrimonio propio y coloca sus recursos a través de la banca privada y otros Intermediarios

Financieros, tales como: •

Uniones de Crédito

- SOFOLES
- Arrendadoras Financieras
- Almacenes Generales de Depósito
- Agentes PROCREA
- Empresas de Factoraje

FOCIR: Fondo de Capitalización e Inversión del Sector Rural. Es un Fideicomiso Público del Gobierno Federal que fue creado con la finalidad de:

- Efectuar y fomentar la inversión productiva para incrementar la producción y la competitividad del Sector Rural mexicano.
- Apoyar los programas de las Dependencias y Entidades de la Administración Pública Federal vinculadas con el Sector Rural, así como las inversiones de instituciones de banca múltiple y grupos empresariales privados y sociales para el desarrollo de proyectos agroindustriales en México.

Incrementar los flujos de recursos financieros nacionales e internacionales al Sector Rural. Respalda con apoyo financiero y asistencia técnica el desarrollo de la cultura empresarial en el Sector Rural mexicano.

---

---

Promover la inversión privada orientándola hacia zonas y proyectos del Sector Rural determinados por el Plan Nacional de Desarrollo y los Programas Sectoriales correspondientes.

Impulsar la creación y el desarrollo de agro asociaciones y fortalecer la cultura empresarial en el Sector Rural.

Diseñar y difundir mecanismos y esquemas para la promoción y participación financiera de intermediarios que hagan viables los proyectos.

Integrar, sistematizar y difundir un portafolio de oportunidades de inversión en el Sector Rural mexicano.

De acuerdo con el Plan Nacional de Desarrollo la banca de desarrollo cumple con su función de proporcionar financiamiento al Sector Rural, que en la actualidad no es atendido por intermediarios financieros privados.

Para estimular el desarrollo de este sector, en FOCIR hemos desarrollado novedosos instrumentos financieros para diversificar los productos y adecuarlos a las necesidades del Sector Rural:

- Inversiones de primer piso cuasi capital
- Inversiones de primer piso deuda convertible
- Inversiones de primer piso deuda subordinada

## **FINANCIERA RURAL**

El objeto de la Financiera Rural es el de ayudar a realizar la actividad prioritaria del Estado, impulsando el desarrollo de las actividades agropecuarias, forestales, pesqueras y las demás vinculadas al medio rural, con la finalidad de elevar la productividad, así como de mejorar el nivel de vida de su población.

Para el cumplimiento de dicho objetivo, prestará servicios financieros a los Productores e Intermediarios Financieros Rurales, procurando su mejor organización y mejora continua entre los que se destacan los Servicios Fiduciarios.

Sus principales objetivos son:

---

---

-Consolidar un sistema de financiamiento y canalización de recursos financieros, asistencia técnica, capacitación y asesoría en el sector rural.

-Propiciar condiciones para la recuperación del nivel de vida en el medio rural mediante la oferta de financiamiento, asesoría y capacitación, en beneficio de los productores rurales, sobre todo a través de entidades intermediarias que aseguren el impacto en ellos.

Los programas que lleva a cabo son:

-Programa Integral de Formación, Capacitación y Consultoría para Productores e IFR's

-Programa de Apoyo para Facilitar el Acceso al Financiamiento Rural (PAFAF)

-Programa de Apoyo para

\*Programa de la SAGARPA Acceder a los Servicios operado por la Financiera Rural.

Financieros Rurales (PAASFIR)\*

## **FUNDACIONES PRODUCE**

Organización capaz y exitosa en la innovación tecnológica de los actores de las cadenas agroindustriales en el Estado. Su objetivo prioritario es apoyar a los actores de las cadenas agroindustriales en la innovación tecnológica para lograr un desarrollo sustentable

Los objetivos estratégicos de las fundaciones PRODUCE y COFRUPO son:

- Establecer una misión, visión y cultura compartida a fin de revalorar el papel del campo mexicano en el desarrollo económico del país.
- Aumentar la competitividad y sustentabilidad de las cadenas agroalimentarias y agroindustriales a través de la innovación tecnológica
- Coadyuvar a que la sociedad en general, reconozcan la importancia de la generación y transferencia de tecnología en el desarrollo regional y nacional.

- 
- 
- Participar en la agenda de investigación de las Instituciones, para que responda a las demandas y necesidades de los actores de las cadenas agroalimentarias y agroindustriales.
  - Obtener la confianza y credibilidad de los productores y otros actores de las cadenas productivas.
  - Perfeccionar los mecanismos que permitan la captura y priorización de la demanda de innovaciones por sistema–producto y por región agro ecológica.
  - Impulsar las alianzas, para optimizar el aprovechamiento de los recursos en la generación y adopción de innovaciones tecnológicas.
  - Diversificar las fuentes de financiamiento, con énfasis en el apoyo económico de los usuarios.
  - Establecer vínculos y aprovechar las experiencias de organizaciones sectoriales de otros países con misión similar a las de las Fundaciones.
  - Fortalecer la capacidad de respuesta de las Instituciones de Investigación y Transferencia de Tecnología del país.
  - Establecer un sistema de estímulos a la productividad de los investigadores y agentes de cambio.
  - Contar en el corto plazo con un sistema de información eficiente, que permita detectar y aprovechar los avances tecnológicos nacionales e internacionales.
  - Fomentar el desarrollo de Modelos de Investigación y Transferencia de tecnología eficaces, reduciendo el tiempo de generación y adopción de las innovaciones tecnológicas.
  - Crear conciencia entre los funcionarios, investigadores, académicos y usuarios, de cuidar la continuidad entre la generación, validación y transferencia de tecnología.
  - Concentrar el financiamiento en proyectos prioritarios, interinstitucionales y regionales de investigación, validación y transferencia de tecnología demandados por el sector.

- 
- 
- Documentar, promover y aplicar las lecciones exitosas de modelos y estrategias de transferencia de tecnología.
  - Fomentar el seguimiento y evaluación de proyectos de generación y transferencia por parte de Auditores Externos.
  - Impulsar un Sistema Nacional de Investigación Agropecuaria y Forestal, con la participación y dirección de la sociedad, dando un rumbo adecuado al sistema.

### **BANCOMEXT**

Los programas de Bancomext buscan atender de manera integral las necesidades del productor rural interesado en modernizarse y/o exportar. No sólo cubre el financiamiento del invernadero, sino que preparan al exportador en cuanto a información, capacitación, asesoría, promoción internacional y estructuración de proyectos se refiere.

El proyecto evalúa el proyecto más por su rentabilidad que por aspectos técnicos, atendiendo los proyectos de cultivos con mayor valor de exportación, como el jitomate, pepino, pimiento y melón.

Bancomext otorga financiamiento y capacitación para la construcción de invernaderos, así como de su tecnología de acuerdo al flujo efectivo del proyecto.

Para la mayoría de los casos el financiamiento tiene un plazo de 7 años con pagos semestrales o anuales indistintamente. El financiamiento es de hasta 50% del valor del proyecto en el caso de empresas nuevas, y hasta 85% para empresas en operación.

### **PROGRAMAS ESTATALES**

A nivel estatal, también existen una importante cantidad de proyectos de apoyo financiero y técnico para la modernización del campo, con especial énfasis en la producción bajo invernaderos.

---

---

## **HORIZONTES DE PLANEACIÓN**

El Horizonte de Planeación es el tiempo (programado) en el cual pretendemos alcanzar los objetivos o metas establecidos en el proyecto.

Para este análisis tomamos en cuenta todas aquellas restricciones o límites que puedan anular las posibilidades de alcanzar el objetivo focal, en un primer nivel de análisis; concretando en un tiempo aproximado de 3 años

## **ESCENARIOS DE CONTRASTE**

Los escenarios de contraste como su nombre lo indica son escenarios en los cuales se posicionan las distintas situaciones en las cuales se verán beneficiadas con dicho proyecto si este se lleva a cabo y se realiza una comparación con el caso contrario de no llevarse a cabo dicho proyecto.

Estos tipos de escenarios se dividen en tres categorías:

Escenario Tendencial: es la situación futura que guardaría las variables estratégicas del sistema de no instrumentar acción alguna en el horizonte de planeación.

Para el caso de estudio, los habitantes estarían sujetos a las condiciones del mercado, de los productos como son el precio de venta y los costos por transporte, no existiría un crecimiento económico en la comunidad debido al cultivo de estas hortalizas, la situación alimenticia de los habitantes se mantendrá como en la actualidad con una consecuencia alimenticia por la falta de variedad de estos productos.

Escenario Deseado: es el estado futuro que podrían observar las variables estratégicas del sistema minimizando restricciones y acudiendo a los “Bench Mark” los cuales garantizan la factibilidad tecnológicamente y viable operativamente.

---

---

Para el caso de estudio; los habitantes de la comunidad tendrán una mejor situación alimenticia en base a este tipo de productos, mayores ingresos per-capita y mejores empleos con posibilidades de desarrollo, mejor aprovechamiento de los recursos naturales y humanos de la región y un mayor crecimiento en la infraestructura social de la comunidad.

Escenario Factible; es el estado futuro que podría posicionar las variables del sistema ubicadas en una posición intermedia; es el escenario base para el diseño de los planes estratégico y el plan táctico.

Para el caso de estudio; a mediano y largo plazo proveer a la comunidad de un desarrollo económico sustentable, proveer a los habitantes de la comunidad de un producto que complemente su alimentación básica, dotar a la comunidad de autosuficiencia en el abastecimiento de estos productos, con una proyección a mediano plazo de venta fuera de la comunidad y mejorar e integrar la cadena productiva del consumo y producción de estos productos mediante este método alternativo de cultivo llamado Hidroponía.

---

---

## CONCLUSIONES

La posibilidad de producir alimentos, especialmente hortalizas de alta calidad, reviste importancia en zonas altamente pobladas como se observó en el estudio de campo realizado a la comunidad "las Carpas". Sin embargo, su factibilidad está limitada por el rápido crecimiento de la ciudad y de la industria en la cabecera municipal utilizando la mayor parte de los suelos cercanos a este centro urbano.

La reducción del espacio de suelo cultivable, la orografía complicada del municipio, la menor disponibilidad de agua saneada para el riego y el aumento de las exigencias del mercado en calidad y sanidad de las hortalizas, especialmente las de consumo en fresco, han hecho que las técnicas hidropónicas de cultivo sean potencialmente atractivas en este tipo de municipios.

Iniciativas anteriores promovidas en el proyecto, han sido orientadas a la formación, de monitores populares capacitados en la tecnología de la "huerta hidropónica popular", cuyo principal objetivo es satisfacer la demanda por hortalizas del núcleo familiar.

En tales condiciones, para abastecer en forma permanente al mercado, se requiere de otros sistemas de mayor nivel tecnológico como lo es el sistema de la solución nutritiva recirculante, "NFT" ®. Este sistema posibilita cultivar un gran número de especies hortícolas, principalmente de hoja y fruto.

El sistema "NFT", desarrollado y utilizado por muchos países del hemisferio norte, ha requerido invertir en insumos de alto costo lo que limita su aplicación en la agricultura Mexicana. Sin embargo, actualmente, es posible lograr implantar este sistema con materiales y equipos de menor precio, ya sea, a través de la utilización de madera, diferentes tipos de plástico (PVC, polietileno, poliuretano, poliestireno), caños y bombas de agua de costo reducido.

La ventaja del sistema "NFT", que destaca en relación a otros sistemas hidropónicos, es la alta calidad obtenida de diferentes productos hortícolas, en un corto período de cultivo como también de rendimiento.

---

---

La constante oferta de agua y elementos minerales permite a las plantas crecer sin estrés y obtener el potencial productivo del cultivo. Además, es posible obtener precocidad lo que para algunos mercados locales conlleva un mejor precio.

Por eso al aplicar este nuevo sistema llamado “NFT” nos aseguramos de que las personas que lo produzcan sean las que controlen el precio de sus productos y su producción, evitando así a los intermediarios los cuales se quedan con la mayor ganancia de la producción de los agricultores mexicanos. De esta manera se asegura el porvenir del productor mexicano, dándole al mismo tiempo una gran ventaja sobre aquellos que producen mediante el método tradicional de cultivo, ya que mientras estos esperan a que la tierra descanse para poder producir de nuevo, en el sistema propuesto sólo hay que cambiar el agua y agregar la solución correspondiente al tipo de cultivo con sus debidos cuidados.

Es por eso, que mediante éste nuevo sistema de cultivo podemos generar una gran cantidad de empleos y mejoras económicas en las regiones subdesarrolladas del Estado de Morelos principalmente la comunidad de “Las Carpas”, con lo cual se logra un crecimiento económico, social y alimenticio que permita que las familias que habitan en esta comunidad tengan mejores ingresos y una fuente de empleo seguro, generando un ambiente óptimo para el desarrollo de sus familias, evitando de esta forma la emigración, el desempleo y la mala alimentación que actualmente aqueja a esta comunidad.

De igual manera es visible como la rentabilidad y utilidad de dicho sistema de producción supera por mucho al sistema tradicional, ya que en el sistema propuesto no se ocupan fertilizantes, insecticidas, plaguicidas, renta de equipos (Tractores) y sistemas de riego los cuales incrementan los costos de producción; por lo tanto podemos afirmar que este sistema conocido como Hidroponía es el mejor sistema de producción agrícola que ayudará a los productores mexicanos a desarrollarse en los años venideros.

---

---

## ANEXOS

### ANEXO I





Localizar adecuadamente una huerta hidropónica requiere de un mínimo de condiciones y de mucha imaginación.

---

---

## **ANEXO II**

### **EMPRESAS DEL SECTOR**

ACEA: Asesores en Construcción y Extensión Agrícola, S.A. de C.V. [www.acea.com.mx](http://www.acea.com.mx) Rancho Sta. Irene No. 6, Col. Ejido Huexotla Boyeros Texcoco Edo. De México (México), C.P. 56230 Tel y Fax: (595) 955-1338, 955-1339 y 955-1340 [acea@acea.com.mx](mailto:acea@acea.com.mx) Diseño, fabricación y montaje de invernaderos, sistemas de calefacción, riego, operación de cortinas y ventilas, accesorias y suministro para la construcción de invernaderos y casas-sombra.

ACM México S.A. de C.V. Jesús Almeida N° 9211-A Col. Los Pinos Chihuahua, Chihuahua. México Tel. /Fax: 614 452 1659 [Export-mexico@acm-spain.com](mailto:Export-mexico@acm-spain.com) Fabricación, comercialización, e instalación de invernaderos de alta tecnología mediante un servicio profesionalizado y cualificado de montadores, hasta el acompañamiento profesional de las primeras etapas de funcionamiento del invernadero y sus cultivos (proyecto llave en mano), y siempre respaldado por un eficiente servicio post-venta.

AGROMEX, Agrotileno de México, S.A. de C.V. [www.agromex.com.mx](http://www.agromex.com.mx) Calle A N° 700 Parque industrial El Salto El Salto, Jalisco C.P. 45680 Tel. (33) 3688 0322/ (33) 3688 0184 Empresa dedicada a la fabricación de plásticos agrícolas de calidad.

ASIPRO [www.asipro.org](http://www.asipro.org) Tel: 4422284629 [ventas@asipro.org](mailto:ventas@asipro.org) [asipro@att.net.mx](mailto:asipro@att.net.mx)

AUQER: [www.auqer.com](http://www.auqer.com) Bajío n° 107 Colonia Roma Sur México D.F. México C.P. 06760 Tel (55) 58969922 [invernaderos@auqer.com](mailto:invernaderos@auqer.com) Casa Verde Invernaderos [www.casaverdeinvernaderos.com.mx](http://www.casaverdeinvernaderos.com.mx) Instalaciones en Celaya y Cortázar, Guanajuato. Ing. Marisol Suárez Tel.: (461) 123 6012

---

---

18 años de experiencia en producción de plántula de hortalizas. Calidad y puntualidad. Instalaciones totalmente equipadas.

Dalsem Horticultural projects [www.dalsem.nl](http://www.dalsem.nl) Woudesweg 9 2635 C G Den Hoorn, Holland Tel. +31 (0) 152695800 Fax: +31 (0) 152695888 [info@dalsem.nl](mailto:info@dalsem.nl)

Empresa con extensa experiencia en todo tipo de proyectos hortícolas en todo el mundo. Construcción de invernaderos, Sistemas de Irrigación, Sistemas de Energía, Pantallas Térmicas, Iluminación, Calefacción.

Euro Novedades Agrícolas, S.A. de C.V. [www.euronovedades.com](http://www.euronovedades.com) Blvd.. Jesús Kumate Rodríguez N° 3592 Sur Col. San Rafael C.P. 80150 Culiacán, Sin. Tel. (667) 760 – 2554 y 760 – 2767 Fax. 760 – 2762 Sin costo: 01800 – 201 – 4768 [euro@euronovedades.com](mailto:euro@euronovedades.com)

Empresa líder en el diseño e instalación de invernaderos, casa sombra y sistemas de riego de alta tecnología. Brindan asesoría especializada a productores agrícolas.

Eurotech Technology Corp. [www.eurotechus.co](http://www.eurotechus.co). Tel. (001) (702) 889 5074 Fax. (001) (702) 889 1730 Corporación norteamericana, especialista en venta de productos y accesorios europeos para invernaderos.

Ferrer [www.invernaderosferrer.com](http://www.invernaderosferrer.com) Valencia Tel. 950343703

EPI [www.epinsa.com.mx](http://www.epinsa.com.mx) Tel. 01 (714) 1460015 [ventas@epinsa.com.mx](mailto:ventas@epinsa.com.mx)

GARROCHAZA, S.A. de C.V. [www.agrocasa.com.mx](http://www.agrocasa.com.mx) Georgia N° 23, Col. Nápoles México, D.F., México. C.P. 03810 Tel (55) 5523 – 5755 Fax. (55) 5536 –7137 [info@agrocasa.com.mx](mailto:info@agrocasa.com.mx)

---

---

Fabricación e instalación de Invernaderos Hidropónicos, sistemas de ventilación y fertirrigación mecanizados, componentes y accesorios, cobertura térmica, anti goteo EVA y Policarbonato.

Green Tech Invernaderos Av. Vallarta No. 6503 F2 Guadalajara, Jal., México C.P. 45010 Tel.: 33 3700 2089 Fax: 33 3627 1125 [sintinjal@hotmail.com](mailto:sintinjal@hotmail.com)

Grupo Internacional CAOR, S.A. de C.V. [www.tunnel-tek.com](http://www.tunnel-tek.com) División Agrícola Km 4.5 carr Zamora – La Barca Zamora Michoacán C.P. 59610 Tel/Fax: (351) 517 – 0830 Ext. 131 y136 [info@tunnel-tek.com](mailto:info@tunnel-tek.com) Contacto: C.A.E. José E. Madrigal R. Ing. Víctor H. Rancel G. El bioespacio ideal para tus cultivos, que te da Protección, Seguridad y Productividad.

Insumos agropecuarios del centro Querétaro Ing. Juan Meraz Tel.: (442) 223-2073, 190-1207 [iacqro@hotmail.com](mailto:iacqro@hotmail.com)

Materiales para invernadero, fertilizantes, mallas, charolas, calentadores, instrumentos de medición, sustratos y plásticos.

Inverca México [www.inverca.es](http://www.inverca.es) Invernaderos y Consultoría, S.A. de C.V. Cóndor N° 248-A, Col. San Miguelito Irapuato, Guanajuato Tel.: (462) 623 – 5795 Tel/Fax (462) 623 – 6316 [atencionaclientes@invercamexico.com](mailto:atencionaclientes@invercamexico.com)

“Desarrollamos los mejores invernaderos y con nuestro personal en México podemos desarrollar Proyectos llave en mano. Además contamos con el servicio de mantenimiento de invernaderos de cualquier tipo y marca.

Les Industries Harnois, Inc. [www.harnois.com](http://www.harnois.com) 1044 Rue Principale, Saint Thomas of Joliette Quebec, Canadá JOK3LO Tel.: (450) 756-1041 Fax (450) 756-8389 [am.villa@harnois.com](mailto:am.villa@harnois.com)

---

---

Fabricante de invernaderos para producción de ornamentales y hortaliza. De la misma manera distribuye los mejores equipos de producción.

Ludvig Svensson, Inc. mauriciom@hqgdl.com.mx Avenida Moctezuma 3515 Local 1B Colonia Ciudad del Sol CP 45050 Guadalajara, Jalisco Tel. 52 (33) 3880 -1213 Fax: (33) 3880-1200 mauricio@svenssonamericas.com En Estados Unidos 1813 Associates Lane, Suite E Charlotte, NC 28127 Tel.: (704) 357 0457 sales@svenssonamericas.com

Empresa líder a nivel mundial en control de clima para invernaderos por medio de pantallas de ahorro energético y de sombreo. Tecnología punta para el mercado mexicano.

Metaliser, S.A. de C.V. www.metaliser.com Ernesto García N° 50 Col. Del Norte C.P. 64500 Monterrey, N.I. México Tel.: (81) 8331 – 6362, (81) 8331 – 3580 Fax: (81) 8331 – 6662

Empresa mexicana reconocida por su amplia experiencia en el diseño, fabricación e instalación de invernaderos agrícolas industriales. Más de 10 años de experiencia, con más de 450 hectáreas construidas en México.

MSC, Fábricas Agrícolas, S. de R.L. de C.V. www.grupomsc.com Pablo Neruda n° 3044, Int 4-A, Col. Providencia Guadalajara, Jalisco México C.P. 44630 Tel (33) 3640-2636 Fax (33) 3640-2633 mexico@grupomsc.com Contacto: Lic. Eduardo M. Calderón M.

Giro: Fabricación y venta de invernaderos y casas sombra de origen español. Plásticos, mallas, refacciones, etc.

North American Allied, L.L.C. Tel. MX (668) 820 – 1485 Tel. USA (520) 841 – 1728 info@noamal.com Distribuidora de Invernaderos c/ Plásticos Retráctiles, casas sombra, Entutorado en acero para hortalizas/frutales/viñas, estructuras

---

---

rompevientos, antigranizo, protección antipájaros acuícolas/frutales, Créditos EXIMBANK México.

Nuteka, Núcleo de Tecnología Agrícola, S.L. [www.nuteka.com](http://www.nuteka.com) C/ Sagasta, 45 -1º C (Edificio Sta. Teresa) 30005 – Murcia – SPAIN [sergiomontesinos@nuteka.com](mailto:sergiomontesinos@nuteka.com)  
Estructuras de invernaderos, plásticos agrícolas para cubiertas, embalses y cultivos, material de riego y control de agua, equipos automáticos de fertirrigación, equipos automáticos de control de clima, cultivos hidropónicos, asistencia técnica agrícola...

Orgil International Gren House [www.orgil-greenhouses.com](http://www.orgil-greenhouses.com) 8710 Av. de la Fuente, Suite 4 San Diego, CA. USA 92154 Tel. 001 (619) 661-9242 Fax: 001 (619) 661-9241 [orgilusa@juno.com](mailto:orgilusa@juno.com)

Paskal Technologies Ltd. [www.paskal.biz](http://www.paskal.biz) P.O.B. 603 Ma'alot 24952, Israel Tel. (972) 4 957 – 5877 Fax: (972) 4 957-5844 [paskal@paskal.biz](mailto:paskal@paskal.biz)  
Compañía líder en venta y producción de productos agrícolas para el cultivo de hortalizas e invernaderos, con sólidos vínculos comerciales con empresas mexicanas y agricultores. Ofrece soluciones ideales y prácticas para la agricultura a través de sus accesorios de alta tecnología.

Pooper&Sohn, S.A. de C.V. [www.porrer-sohn.com](http://www.porrer-sohn.com) Av. De las Fuentes 41a int. 601 Tecamachalco, Naucalpan, Edo México C.P. 53950 México Tel.: +55 52 94 54 44 Fax: +55 52 93 15 65 Invernaderos: asesoría para el desarrollo de proyecto, Gestión de proyectos, gestión de fondos, venta de insumos para invernaderos, comercialización de los productos, soportados por una red de proveedores nacionales y extranjeros.

---

---

RICHEL: Serres de France [www.invernaderos-richel.com](http://www.invernaderos-richel.com) Para el Norte : Oficina de Ensenada Ing. Carlos Ayala Tel 646 947 9090 [ceyala@telnor.net](mailto:ceyala@telnor.net) Para el Centro: Oficina de Querétaro . Julien Leblanc Tel 442 157 9603 [jleblanc@richel.fr](mailto:jleblanc@richel.fr)  
Fabrican invernaderos, diseñan y suministran proyectos completos. Son líderes mundiales. 35 años de experiencia, proyectos en 80 países. En México desde el 93.

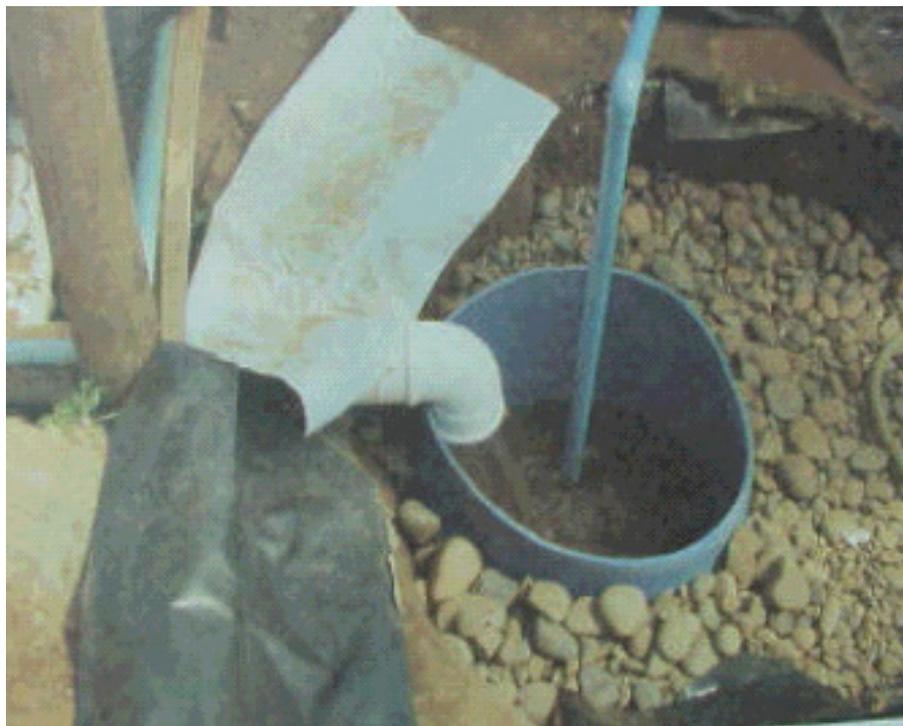
SOLPLAST, S.A. Plásticos para la agricultura Polígono industrial de Lorca 30800 Lorca (Murcia) España Tel.: +34 968461311 Fax: +34968471054 E-mail: [jmmusso@solplast.com](mailto:jmmusso@solplast.com) Web: [www.solplast.com](http://www.solplast.com) Líder mundial en transformación de plásticos para aplicaciones agrícolas (cubiertas de invernadero, acolchadas, geomembrana, etc.) con tecnología multicapa y anchos de hasta 18,5m.

TPI, Todo Para Invernadero, S.A. de C.V. Carretera a El Dorado Km 0.400, Colonia San Rafael Culiacán, Sinaloa, México, C.P. 80150 Tel. /Fax. (667) 760 – 2230, 760 – 2250 [tpiculiacan@prodigy.net.mx](mailto:tpiculiacan@prodigy.net.mx)  
Invernaderos, casa sombra, plásticos, bolsas para sustrato, sistemas de riego, máquinas fertigadoras, tensiómetros, chupatubos, hidropónicos...

ULMA: Ulma Construcción y Agrícola de México, S.A. de C.V. [www.ulmaagricola.com.mx](http://www.ulmaagricola.com.mx) Vía Gustavo Baz 305, Planta alta Col. La Loma – Tlalnepantla 54060 Estado de México (México) Telf.: (55)53658081/26283979 [agricola@ulmaagricola.com.mx](mailto:agricola@ulmaagricola.com.mx)  
Empresa especializada en el Servicio Integral de Invernaderos y su Equipamiento. Fabrica y desarrolla producto propio e incluye el servicio de ingeniería y montaje.



Fotografía 1: Estanque colector de plástico cubierto con polietileno coextrusado



Fotografía 2: Estanque colector de PVC



Fotografía 3: Estanque colector de fibra de vidrio



Fotografía 4: Estanque colector con tapa



Fotografía 5: Canal de baja altura, de sección rectangular



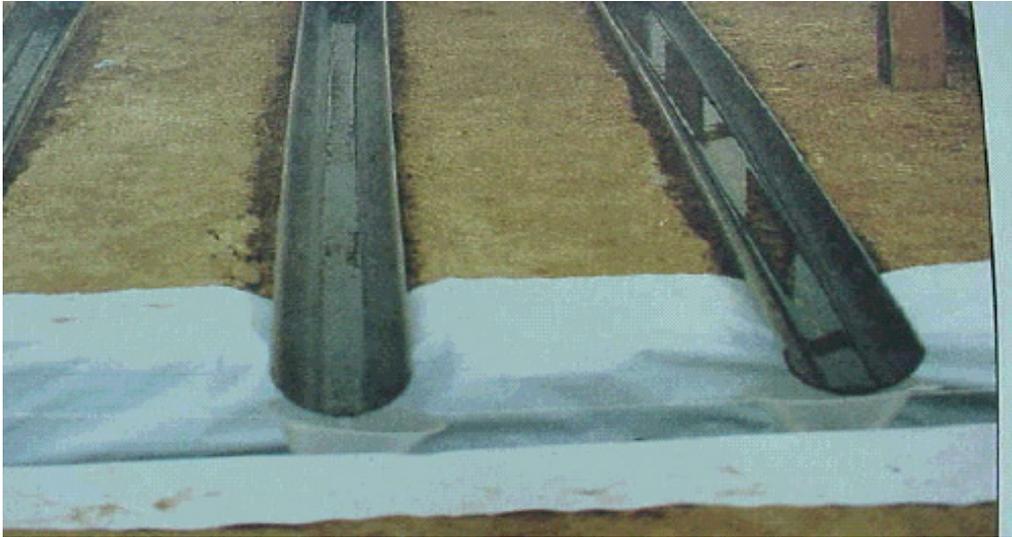
Fotografía 6: Canal de cultivo de asbesto, de tipo ondulado



Fotografía 7: Cubierta de poliestireno expandido individual para canal de tipo ondulado



Fotografía 8: Cubierta de poliestireno expandido para varios canales de cultivo



Fotografía 9: Canales de cultivo en PVC de sección semicircular (tomate, pepino, pimentón, melón, etc.)



Fotografía 10: Canal conformado por polietileno coextrusado, especialmente utilizado para cultivos altos, como por ejemplo: pepino



Fotografía 11: Bomba impulsora no sumergible instalada con el estanque colector



Fotografía 12: Bomba no sumergible con tubo de descarga de PVC



Fotografía 13: Tubería de distribución de la solución nutritiva



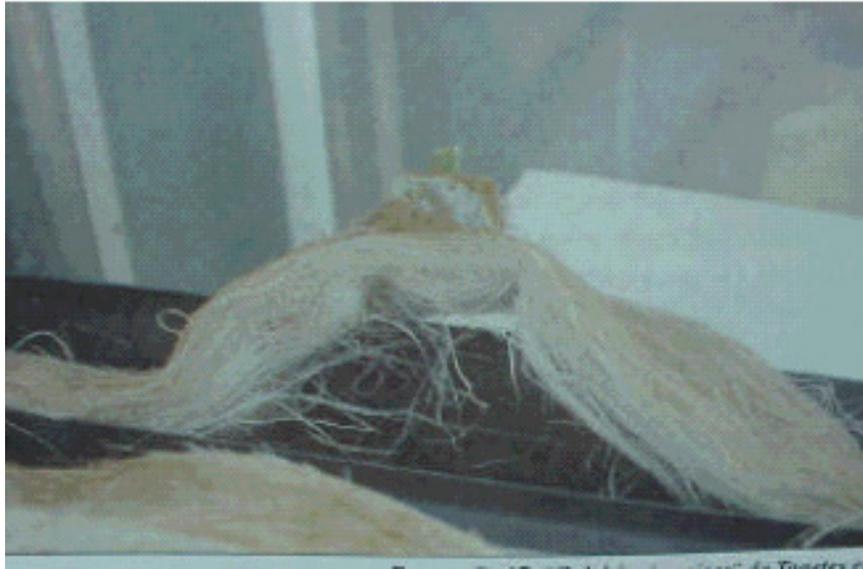
Fotografía 14: Tubería de retorno de la solución nutritiva y acumulación de raíces en la salida del canal



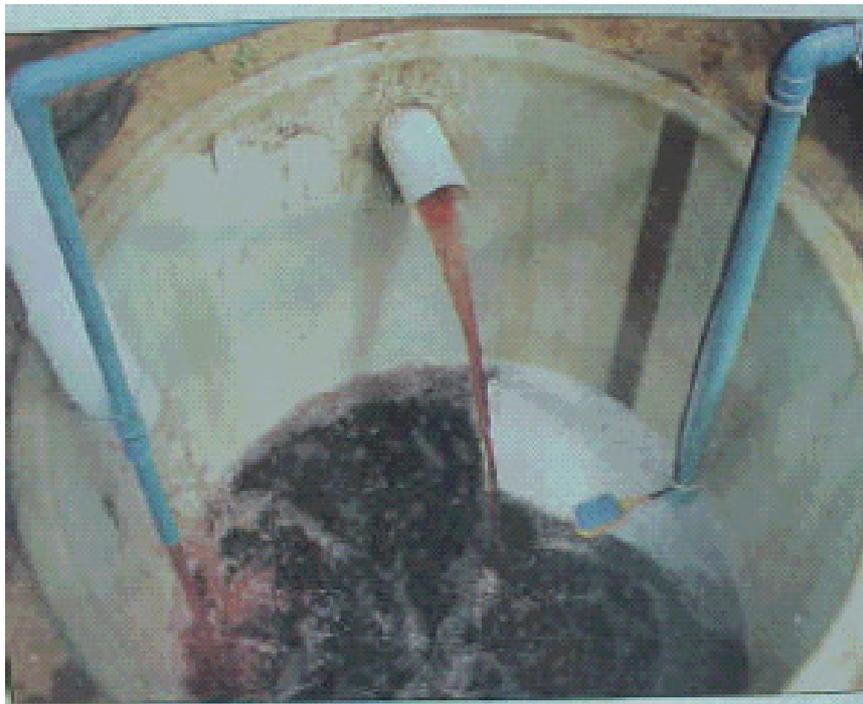
Fotografía 15: Lámina fina de solución nutritiva que permite la exposición de la mayor parte de las raíces



Fotografía 16: Lámina de solución nutritiva y raíces desarrolladas en un canal de sección rectangular



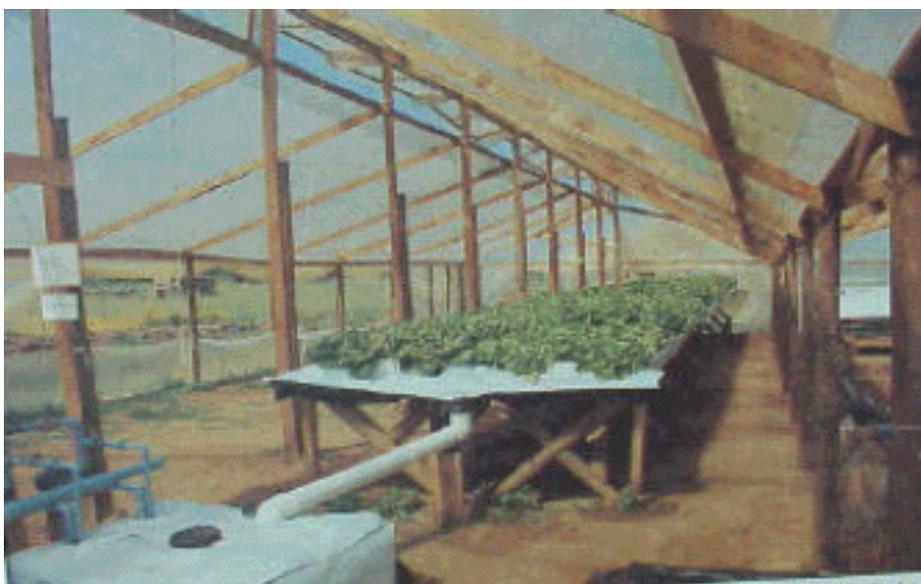
Fotografía 17: "Colchón de raíces" de Tagetes erecta



Fotografía 18: Turbulencia originada al retornar la solución al estanque colector



Fotografía 19: Técnica de la solución nutritiva recirculante al aire libre  
(Campo demostrativo hortícola de la Universidad Ain Sham, El Cairo, Egipto)



Fotografía 20: Técnica de solución recirculante bajo invernadero  
(Estación Experimental Panguilemo, Universidad de Talca, Talca, Chile)

---

---

## ANEXO III

### INSTRUCCIONES PARA EL EMPLEO DE SALES.XLS.

1

*Revisada : 15 de Julio, 2007*

La apariencia de la hoja de cálculo en Excel<sup>®</sup> que se muestra en el programa adjunto a esta tesis, contiene tres hojas de cálculo programadas para la fácil realización de dicho cálculo. En la primera hoja de cálculo, observarás que en las primeras dos columnas (A y B) aparecen: el nombre de la sal y su fórmula química, respectivamente. El *primer paso* entonces es buscar en estas columnas la sal que vayas a emplear.

La siguiente columna (C), se utiliza para introducir la cantidad de gramos a disolver por cada **1000 litros de agua**. Esto se hace en la zona de celdas azules, en la fila correspondiente a la sal seleccionada. Este sería el *paso dos*.

El resultado en partes por millón de cada elemento contenido en la cantidad de sal propuesta en el paso anterior, se calcula automáticamente y se visualiza en la columna E. Del lado izquierdo de ésta se observa el nombre del elemento correspondiente.

Por ejemplo, en la figura se ha seleccionado el Nitrato de Potasio; se ha ingresado una cantidad de 140 gramos para disolver en 1000 litros, y el resultado son 19.4 ppm de Nitrógeno y 54.1 ppm de Potasio.

SE DEBE RECORDAR QUE **REBASAR LAS 2000 ppm EN EL TOTAL DE LA SOLUCIÓN puede ser peligroso.**

---

<sup>®</sup> Programa bajo de licencia de Microsof Company, **Excel** marca registrada.

---

---

## CÁLCULO DE SOLUCIÓN NUTRIENTE.

*Revisada : 15 de Julio, 2007*

Aquí intentaremos explicar cómo se puedes calcular las partes por millón de cada elemento químico contenido en cualquier sal de empleo común en hidroponia.

Emplearemos, como ejemplo el Nitrato de Potasio. Los elementos que contiene esta sal y sus pesos atómicos aproximados se muestran en la siguiente tabla (los datos se toman de cualquier Tabla Periódica de elementos, que puedes conseguir en alguna papelería):

Elemento	Peso atómico
Potasio :	39
Nitrógeno:	14
Oxígeno:	16

Una molécula de Nitrato de Potasio contiene dichos elementos pero en las proporciones indicadas por su fórmula:



Esto es: Un átomo de Potasio (K), uno de Nitrógeno (N), y tres de Oxígeno (O<sub>3</sub>).

El peso molecular se calcula de acuerdo al número de átomos y el peso atómico de cada uno de ellos (tabla de arriba), de la siguiente manera:

---



---

Potasio :	$39 \times 1 = 39$
Nitrógeno:	$14 \times 1 = 14$
Oxígeno:	$16 \times 3 = 48$
Peso Molecular:	(Suma) = 101

Ahora, si consideramos al peso molecular como el 100%, podemos calcular el porcentaje de cada elemento respecto al peso molecular, por ejemplo, para el Potasio:

$$\text{porcentaje de Potasio} = 39 / 101 = 0.3861$$

Esto implica un 38.61% de Potasio en una molécula de Nitrato de Potasio.

Así encontramos los siguientes datos:

Elemento	Peso	Porcentaje
Potasio	39	38.61
Nitrógeno	14	13.86
Oxígeno	48	47.52
Nitrato de Potasio	101	100.00 (debe ser la suma de los tres de arriba; falla por los decimales)

Habiendo calculado el porcentaje podremos calcular el contenido de un elemento en cualquier cantidad de sal empleada, por ejemplo en 140 gramos de sal (Nitrato de Potasio), tendremos un 38.61% de Potasio, esto es:

$$140 \text{ gramos de Nitrato de Potasio} \times 0.3861 = 54.054 \text{ gramos de Potasio}$$

---

---

Ahora, se debe recordar lo siguiente: Un gramo disuelto en 1000 litros de agua representa una parte por millón (ppm).

De acuerdo a esto si disolvemos la cantidad de nuestro ejemplo, 140 grs de Nitrato de Potasio en 1000 litros de agua tendríamos 54.054 ppm de Potasio.

Si disolvemos los mismos 140 grs en 1 litro tendríamos una concentración de 54 054 ppm de Potasio.

En resumen, las partes por millón se pueden calcular a partir de cualquiera de las siguientes fórmulas:

**ppm (elemento) = sal (fuente en gr/1000 litros) x Peso atómico del elemento/Peso Molecular.**

**ppm (elemento) = sal (fuente en gr/1000 litros) x Porcentaje del elemento/100.**

---

A manera de un ejercicio:

Con 140 gramos de Nitrato de Potasio disueltos en 1000 litros de agua, se calculan las partes por millón de Nitrógeno.

La solución debe ser 19.4 ppm de Nitrógeno. De no ser así debe revisarse el procedimiento.

---

Ojalá que no cause mayor confusión; esta es la mecánica que seguimos para el cálculo.

Diseñamos una hoja en Excel que calculará por nosotros las partes por millón resultantes de cada uno de los elementos, a partir de la cantidad de sal (fuente) que sean propuestas.

---

---

Si se desea puede utilizarse un fertilizante preparado, que puede ser empleado como base de la solución nutriente. A continuación se da una pequeña guía de cómo hacerlo.

### **CÁLCULO DE ppm A PARTIR DE UN PREPARADO NPK.**

*Revisado: 15 de Julio, 2007*

En algunos lugares es muy difícil conseguir ciertas sales de uso en hidroponia y en algunos casos se pueden conseguir con más facilidad algunos fertilizantes preparados cuya información se basa en los porcentajes de cada elemento contenido. En esta parte pretendemos orientar para dar la confianza en su empleo como base para preparar la solución nutriente más adecuada a las necesidades particulares.

En la teoría se habló de los fertilizantes con una serie de tres números implican el porcentaje de Nitrógeno, Fósforo y Potasio, en ese orden. Vamos a relacionar esos porcentajes con la cantidad de partes por millón de cada elemento, para usarlo como base de nuestra fórmula nutriente.

Vamos a suponer que las **ppm** que requerimos son las de referencia (Douglas, 1976), es decir, 300, 80 y 200 de N, P y K, respectivamente. Como se observa, el menor requerimiento es de Fósforo (80 ppm).

El objetivo es calcular la cantidad de preparado que requerimos para suministrar las 80 ppm de Fósforo (la menor cantidad de ppm requerida).

Esta cantidad calculada de preparado implica evidentemente una deficiencia de Nitrógeno y Potasio, los cuales son requeridos en mayor cantidad. El siguiente paso es calcular las ppm de estos elementos (Nitrógeno y Potasio) contenidas en la cantidad de preparado que hemos calculado.

---

---

El faltante en el requerimiento deberá ser suministrado mediante otras sales para ajustar la solución.

Tomando como ejemplo un fertilizante 20-30-10:

Este compuesto contiene un 30 % de Fósforo. La cantidad de preparado que necesitamos para proporcionar 80 ppm de este elemento es:

**sal (fuente en gr/1000 litros) = ppm (elemento)/Porcentaje del elemento x 100**  
Sustituyendo valores:

$$\text{sal (grs/1000 litros)} = 80 \text{ ppm} / 30 \times 100$$

$$\text{sal (grs/1000 litros)} = 266.7$$

Esto es:

266.7 gramos de 20-30-10 disueltos en 1000 litros de agua, proporcionan 80 ppm de Fósforo.

El requerimiento de Fósforo ya está cubierto con esta cantidad de preparado.

Ahora calculemos las ppm de Nitrógeno y Potasio proporcionadas por 266.7 grs de preparado, mediante:

**ppm (elemento) = sal (fuente en gr/1000 litros) x Porcentaje del elemento/100.**

De acuerdo a lo anterior, para el Nitrógeno:

$$\text{ppm (elemento)} = 266.7 \times 20/100$$

$$\text{ppm (elemento)} = \underline{53.33}$$

Y para el Potasio:

$$\text{ppm (elemento)} = 266.7 \times 10/100$$

$$\text{ppm (elemento)} = \underline{26.67}$$

Así entonces tenemos:

---

---

266.7 gramos de 20-30-10 disueltos en 1000 litros de agua, proporcionan 53.33 ppm de Nitrógeno y 26.67 ppm de Potasio.

Recuerda que requerimos de 300 ppm de Nitrógeno y 200 ppm de Potasio. Estas deficiencias se deben ajustar mediante otras fuentes. (Se podría recomendar el Nitrato de Potasio).

---

Ahora, a manera de ejercicio, se efectuarán los mismos cálculos para un fertilizante 12-12-26.

Los resultados obtenidos deben ser:

Se necesitan 666.7 grs disueltos en 1000 litros para 80 ppm de Fósforo.

Así tendríamos:

80 ppm de Nitrógeno (faltan 220)

173 ppm de Potasio (faltan 27)

(El Potasio casi está cubierto; se podría recomendar el empleo de Nitrato de Amonio).

---

Espero con este ejercicio que claro la manera en utilización de un fertilizante establecido; ahora puedes contar con una herramienta más para practicar; debe reiterarse que solamente de este modo se puede aprender a formular sus propias soluciones nutritivas. Ojalá esto se aliciente de ánimo para que cada vez más personas utilicen este método y empiecen su propia huerta o invernadero hidropónico.

Microsoft Excel - sales.xls

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana ?

Arial 10

1.- Selecciona una de las sales de estas columnas.

2.- En esta columna ingresa tus datos

3.- Lee las ppm calculadas

	A	B		D	
1					
2	SAL	FÓRMULA	GRAMOS/ 1000 lts	ELEMENTO	ppm
3					
4	Nitrato de Potasio	K NO <sub>3</sub>	140	NITRÓGENO	19.4
5	Nitrato de Calcio	Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>		CALCIO	
6	Nitrato de Sodio	Na NO <sub>3</sub>		MAGNESIO	
7	Nitrato de Amonio	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>		FÓSFORO	
8	Nitrato Amónico	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> NO <sub>3</sub>		POTASIO	54.1
9	Sulfato de Potasio	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		AZUFRE	
10	Sulfato de Calcio	Ca SO <sub>4</sub> 2(H <sub>2</sub> O)		COBRE	
11	Sulfato de Magnesio (Sal de Epsom)	Mg SO <sub>4</sub> 7(H <sub>2</sub> O)		BORO	
12	Sulfato de Magnesio (Anhidro)	Mg SO <sub>4</sub>		HIERRO	
13	Sulfato Ferroso	Fe SO <sub>4</sub> 7(H <sub>2</sub> O)		MANGANESO	
14	Sulfato de Manganeso	Mn SO <sub>4</sub> 4(H <sub>2</sub> O)		MOLIBDENO	

CÁLCULO % por Elemento. Peso Atómico y Molecular.

Listo NUM

Inicio Explorando... Microsoft... HIDROPO... Cómo usar l... excel.htm - ... 8:22 PM

De esta forma puedes aproximarte por tanteo a una determinada cantidad deseada de ppm. En la hoja se incluyen algunos datos de ppm recomendados (Douglas, 1976) para que puedas tener una referencia. Estos se encuentran junto a la columna de resultados, como se puede apreciar a continuación. Al colocar el puntero sobre la imagen, podrás apreciar la fórmula empleada que arroja los resultados mostrados en la columna E.

D	E	F
ELEMENTO	ppm	ppm RECOMENDADO
NITRÓGENO	241.6	300
CALCIO	286.1	400
MAGNESIO	29.6	75
FÓSFORO	47.1	80
POTASIO	286.2	200
AZUFRE	138.8	400
COBRE		0.5
BORO		1
HIERRO	10.0	5
MANGANESO		2
MOLIBDENO		0.001
ZINC		0.5

Notas.-

Existen tolerancias en las recomendaciones, y el punto óptimo "recomendado" de ppm no está necesariamente en la media entre el mínimo y el máximo. Por ejemplo, para el Nitrógeno en la misma referencia, se marca: mínimo = 150, máximo = 1000. También encuentras la tabla de referencia en la hoja de cálculo. (Además existen varias tablas de diversos autores, con ciertas variaciones). La suma de sales también se calcula al final de la columna azul. En el caso de la fórmula de ejemplo, dicha suma es de 2 460 grs/1000litros. Recuerda que rebasar los 2000 puede ser peligroso y de ninguna manera se debe rebasar de 2500 gramos del total de sales, disueltas en 1000 litros de agua (2.5 grs/litro). No hay resultados para los microelementos. Consideremos que si las sales son de grado agrícola contendrán impurezas y estará cubierto ese requerimiento dado que es mínimo, relativamente.

El sombreado en gris de algunas celdas en la columna B indica fórmulas químicas de las sales en los fertilizantes.

---

---

**ANEXO IV**



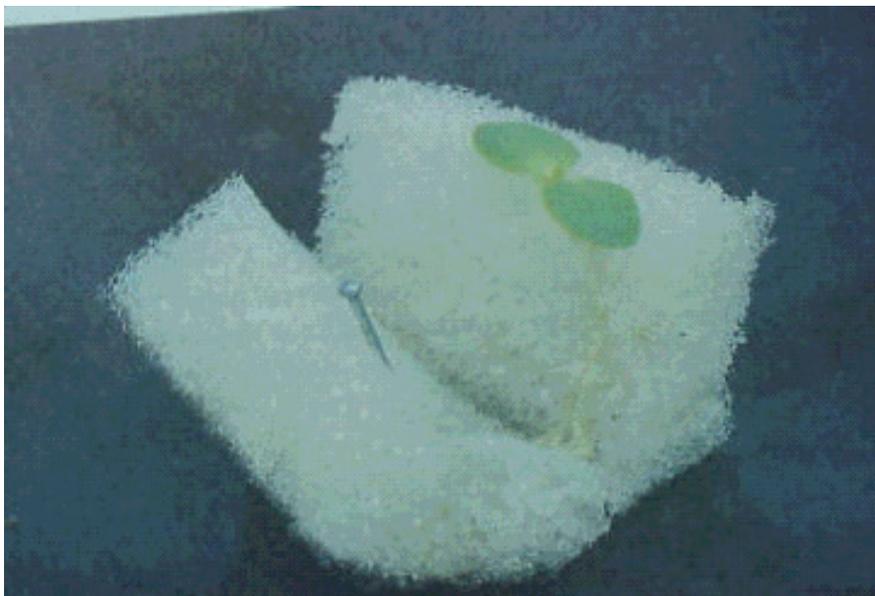
Fotografía 23: Programador de detención de circulación de solución nutritiva  
4 Proyectos hidroponía, DIAT y Carta Acuerdo FAO - Universidad de Talca, Chile



Fotografía 24: Almaciguera en túnel



Fotografía 25: Plantas de almácigo en sustrato, sembradas en líneas



Fotografía 26: Cubo de poliuretano de baja densidad para almácigo de lechuga



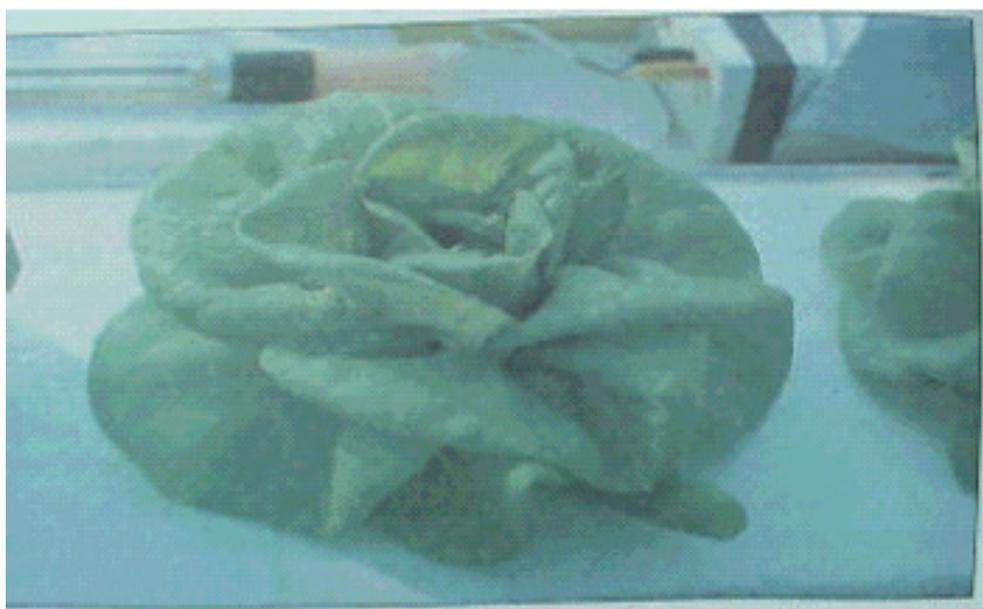
Fotografía 27: Plantas de lechuga del cultivar "Parker", con dos hojas verdaderas creciendo en cubos de poliuretano



Fotografía 28: Cubo de poliuretano de baja densidad para tomate



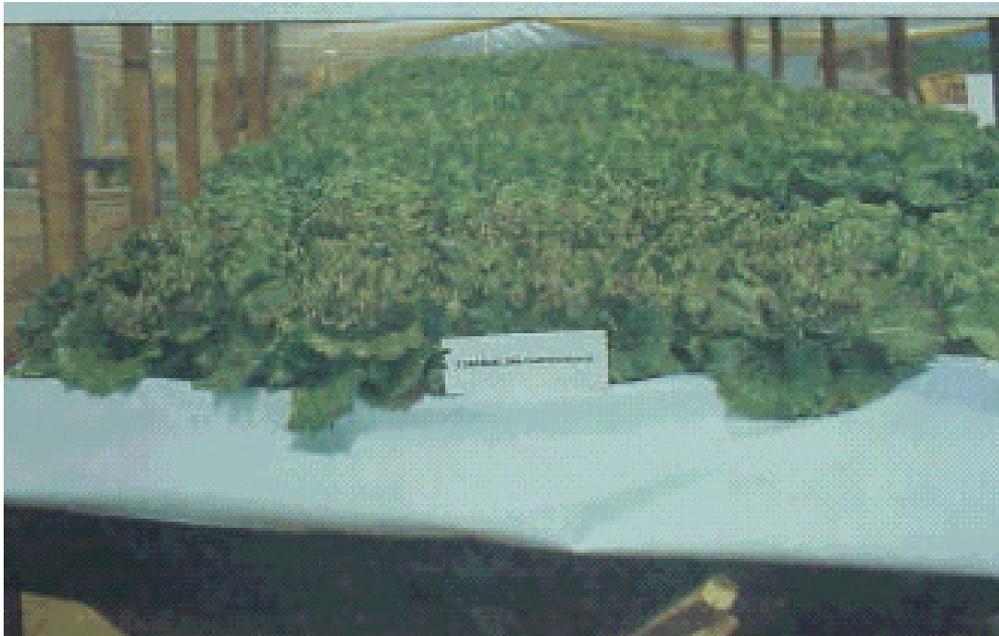
Fotografía 29: Planta de lechuga con 5 hojas verdaderas, óptimo estado de desarrollo para el trasplante



Fotografía 30: Lechuga tipo mantecosa, cultivar "Española"



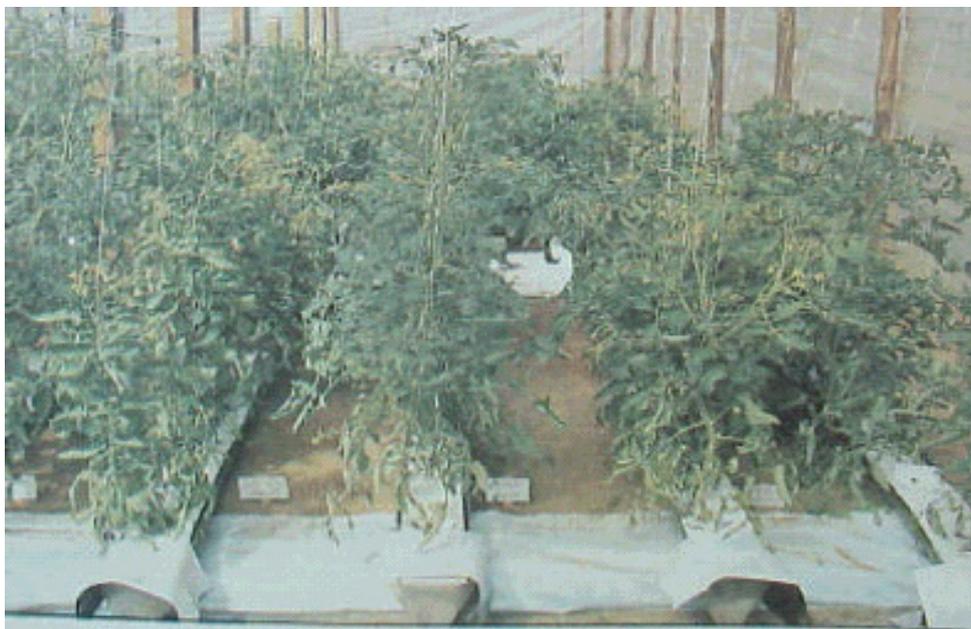
Fotografía 31: Lechuga tipo mantecosa, cultivar "Divina"



Fotografía 32: Lechuga tipo mantecosa, cultivar "Sierra"



Fotografía 33: Lechuga tipo hoja suelta, cultivar "Parker"



Fotografía 34: Cultivo de tomate "cherry" en el sistema "NFT"

---

---

## BIBLIOGRAFIA

- Abou-Hadid, F., Sharaf, A., El-Asdoudi, A., El-Beltagy, A.S., El- Behairy, U.A. and Burrage, S.W. 1993. **The effect of continuous and intermittent flow on growth characters, chemical compositions and yield of lettuce grown in NFT hydroponics.** Egyptian Journal of Horticulturae 18 (2): 141 - 150. (Abstract).
- Adams, P. 1980. **Nutrient up take by cucumber from recirculating solutions.** Acta Horticulturae 98: 119-126.
- Adams, P. 1994. **Nutrition of green house vegetables in NFT and hydroponic systems.** Acta Horticulturae 361: 245-257.
- Adams, P. and Massey, D.M. 1984. **Nutrient up take by tomatoes from recirculating solutions.** Proc. Sixth Internat. Congress Soilless Culture, Lunteren. 1984. Wageningen, ISOSC: 71-79.
- Burrage, S.W. 1993. **Nutrient film technique in protected cultivation.** Acta Horticulturae 323: 23-38.
- Burrage, S.W. and Varley, M.J. 1980. **Water relations of lettuce grown in nutrient film culture.** Acta Horticulturae 98: 79- 86.
- Carrasco G. 1992. **Nitrate accumulation in red chicory (Cichorium intybus L.) and lettuce (Lactuca sativa L.) grown by Nutrient Film Technique.** Ph. D. Thesis. Wye College. University of London (ed.). Londres. 184 pp.
- Cooper, A. 1988. "1. The system. 2. Operation of the system". In: **The ABC of NFT. Nutrient Film Technique.** Grower Books (ed.). London. pp 3-123.
- D'Agliano, G. Carrai, C. and Bigongiari, G. 1994. **Preliminary evaluation of a hydroponic recirculating nutrient system for gerbera cultivation.** Acta Horticulturae 361: 414-422.
- Dougias, J.S. 1990. **Cómo cultivar sin tierra.** 52 ed. El Ateneo (ed.). Buenos Aires. 156 pp.

- 
- 
- Economakis, C. 1992. The influence of solution heating and intermittent circulation on tomatoes in Nutrient Film Technique. *Acta Horticulturae* 323: 81-85.
  - Fritz, D. und Stolz, W. 1989. **Gemusebau**. Verlag Eugen Ulmer (ed.) Stuttgart. 379 pp.
  - Giaconi, V y Escaff, M. 1993. **Cultivo de hortalizas**. Editorial Universitaria. (8a ed.). Santiago. 332 pp.
  - Hessayon, D. G. 1991. **The vegetable expert**. pbi Publications. Herts. 128 pp.
  - INIA-LA PLATINA. 1993. **Curso internacional: Producción de hortalizas protegidas bajo plástico**. Serie La Platina N° 50. Santiago.
  - Lorenz, O. and Maynard, D. 1988. "Part 2: Vegetable growing and greenhouse vegetable production". In: **Knott's handbook for vegetable growers**. John Wiley & sons (eds.). 53-65 pp.
  - Maroto, J.V. 1989. **Horticultura herbácea especial**. Mundi-Prensa (3a ed.). Madrid. 566 pp.
  - Marulanda, C. e Izquierdo, J. 1993. **Manual técnico. La huerta hidropónica popular**. FAO y PNUD (eds.). Santiago. 118 pp.
  - Ramírez, J., Carrasco, G. y Rodríguez, E. 1995. **Evaluación de la productividad y calidad de lechuga** (*Lactuca sativa* L. var. capitata) **cultivada en el sistema hidropónico "Nutrient Film Technique"-NFT** intermitente. *Simiente* 65 (1-3):43. (Resumen).
  - Resh, H. 1992. **Cultivos hidropónicos**. Mundi-Prensa (ed.). Madrid. 369 pp.
  - Winsor, G. and Schwarz, M. 1990. **Soiless culture for horticultural crop production. FAO Plant Production and Protection**. Paper 101. FAO (ed). Roma. 188 pp

- 
- 
- Revista Claridades Agropecuarias. [www.infoaserca.gob.mx/claridades](http://www.infoaserca.gob.mx/claridades)  
Publicación electrónica de carácter mensual producida y editada por Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ASERCA), un órgano de la Sagarpa (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). Municipio Libre 377, piso 9, ala A Col. Santa Cruz Atoyac, C.P. 03310 México, D.F. Teléfono: 0052-55-5482-7488 ó 0052-55-5482-7448 Conmutador: (044-55) 5482-7400 ext. 50088 ó 50048 Correo electrónico: [juventinoolvera.aserca@procampo.gob.mx](mailto:juventinoolvera.aserca@procampo.gob.mx)
  - Editorial Agrosíntesis, S.A. de C.V. [www.agrosintesis.com](http://www.agrosintesis.com) Indianápolis 62, Col. Nápoles 03810, México D.F. Tel. 0052-55-5669-3125 Fax 0052-555543-3476 Correo electrónico: [info@agrosintesis.com](mailto:info@agrosintesis.com) Editor: Juan Francisco González Iñigo Reporteros: Ing. José Gpe. Gómez Brindis, Ángel Armendáriz Z. Circulación y distribución: Octavio Torrecillas Aguirre. Suscripciones: Graciela Reyes Esta editorial publica diversas revistas relacionadas con la agricultura y la ganadería. Todas ellas tienen edición on-line desde la página de agrosíntesis: Agrosíntesis. Cuenta con 8.000 suscriptores (precio anual: 230\$), se edita desde 1971. Hortalizas, Frutas y Flores 6000 desde 1984