



Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

Centro Interdisciplinario de Posgrados

Investigación y Consultoría

Departamento de Ingenierías

Maestría en Agronegocios

**REQUERIMIENTOS ECONÓMICOS Y TECNOLÓGICOS PARA LA
IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA HIDROPÓNICO NFT PARA EL
CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.)**

Tesina que para obtener el Grado de Maestro
en Agronegocios

Presenta

María del Pilar Conchouso Paz



UPAEP – Secretaría General

Dirección General de Apoyos Académicos

Dirección del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación.

Biblioteca Central - **Karol Wojtyla**

Tesis Digitales Restricciones de uso:

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de textos, imágenes, gráficas, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente de donde la obtuvo mencionando el autor o autores involucrados en el documento.

Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UPAEP – Secretaría General

Dirección General de Apoyos Académicos

Dirección del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación.

Biblioteca Central - **Karol Wojtyla**

Tesis Digitales Restricciones de uso:

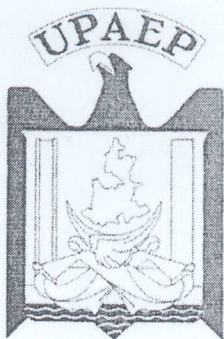
DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de textos, imágenes, gráficas, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente de donde la obtuvo mencionando el autor o autores involucrados en el documento.

Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla
Centro Interdisciplinario de Posgrados

Investigación y Consultoría

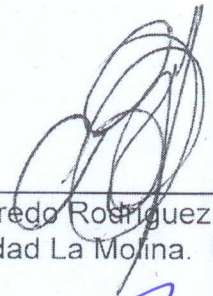
Departamento de Ingenierías

Maestría en Agronegocios

Por este medio nos permitimos informar a Uds. la aprobación de la Tesis: "REQUERIMIENTOS ECONÓMICOS Y TECNOLÓGICOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA HIDROPÓNICO NFT PARA EL CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca Sativa* L.)", que presenta la alumna: María del Pilar Conchouso Paz (39500040), como requisito para obtener el Grado de Maestría en este programa académico.

Comité Revisor:

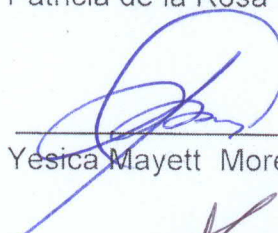
Vo. Bo. Director Internacional


M.C. Alfredo Rodríguez Delfín
Universidad La Molina. Perú

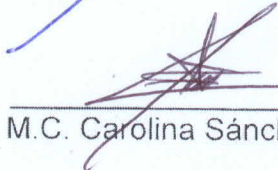
Director Nacional


Patricia de la Rosa Peñalosa Ph. D.

Sinodal


Yesica Mayett Moreno Ph. D.

Sinodal


M.C. Carolina Sánchez Aguilera

Puebla, México.

2012.

Agradecimientos

A mi familia por su amor y apoyo, son mi bendición y mi lotería.

A mis asesores M.C. Alfredo Rodríguez Delfín, Dra. Yesica Mayett Moreno y la Dra. Patricia de la Rosa Peñaloza, por dedicar su valioso tiempo a la dirección y supervisión de este trabajo.

En especial quiero agradecer al Profesor M.C. Rodríguez Delfín y al Dr. Howard Resh, por compartir sus conocimientos, de una forma tan sencilla y con la mayor de las paciencias. Para mí ha sido un honor compartir con Ustedes mi estancia en Perú, y un privilegio que sean mis maestros en la mayor pasión de mi vida, la hidroponía.

A la UPAEP por mi formación académica, y la oportunidad de seguir aprendiendo.

A la Universidad Nacional Agraria La Molina, por abrirme las puertas para realizar la investigación de éste trabajo, al **Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral**, a todas las personas que colaboran en él, en especial a la Dra. Milagros Chang, a la Bióloga Paola Palacios, al Biólogo Antonio Quispe, y al equipo de trabajo, gracias por compartir sus conocimientos conmigo, pero sobre todo gracias por hacerme sentir como en casa y brindarme su amistad.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT, por la beca otorgada para realizar mi preparación y este trabajo de investigación.

A todos los productores Mexicanos y Peruanos que compartieron su experiencia y su trabajo conmigo.

A mis compañeros de la maestría, pero sobre todo a aquellos que se han convertido en parte de mi historia, gracias Santiago, Lily, Gaby, Enrique y Rubí.

Dedicatorias

A mi esposo Juan Carlos, a nuestras hijas quienes han tenido la paciencia y el amor para que yo realice mis sueños.

ÍNDICE

Índice de contenido	<i>i</i>
Índice de cuadros	<i>iii</i>
Índice de tablas	<i>iii</i>
Índice de figuras	<i>iii</i>
Índice de gráficas	<i>iv</i>
Índice de fotos	<i>iv</i>
Índice de anexos	<i>iv</i>
Resumen	1
Abstract	3
Introducción	5
I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN Y JUSTIFICACIÓN	8
1.1. Antecedentes	8
1.2. Planteamiento del problema	9
1.3. Objetivo General	10
1.4. Objetivos Específicos	11
1.5. Justificación	11
1.6. Alcance	14
1.7. Limitaciones	14
II. MARCO TEÓRICO	17
2.1 Definición de Sistema Hidropónico NFT	17
2.2 Ventajas.	18
2.3 Desventajas	20
2.4 Requerimientos	21
2.4.1 Características nutricionales	21
2.4.2 Características físicas	26
2.4.2.1 Oscuridad.	26
2.4.2.2 Oxigenación	27
2.4.2.3 Temperatura	29
2.4.3 Circulación de la solución nutritiva	30
2.4.3.1 Altura de la lámina de solución nutritiva	30
2.4.3.2 Flujo de la lámina de solución nutritiva	33
2.5 Ingeniería del sistema hidropónico	33

2.5.1 Características de los materiales.	34
2.5.2 Tanque colector	35
2.5.3 Bomba	38
2.5.4 Canales de cultivo	40
2.5.5 Redes de distribución y colectora.	47
2.5.6 Bases o soportes	49
2.6. Etapas del cultivo	50
2.6.1 Almacigo o semillero	51
2.6.2 Trasplante intermedio o pos-almácigo	53
2.6.3 Trasplante definitivo	54
2.6.4 Recolección	55
2.7 Elección de la variedad a cultivar	56
2.8 Densidad de plantación	60
2.9 Consideraciones de control sanitario.	63
III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	69
IV. INVESTIGACIÓN PRIMARIA	73
4.1 Región de estudio	73
4.2. Entrevistas a Profundidad	76
4.2.1. Ficha técnica del entrevistado	76
4.2.2 Informe de las entrevistas a profundidad	77
4.3 Encuesta a productores	81
4.3.1. Delimitación de la encuesta	81
4.3.2. Recopilación y procesamiento de datos	82
4.3.3. Edición de datos	83
4.3.4. Codificación de datos	83
4.3.5. Análisis de datos	83
4.3.6. Resultados Obtenidos en las encuestas a productores	84
4.4. Resultados obtenidos en la investigación primaria	92
V. EVALUACIÓN DE MATERIALES	96
5.1. Resultados de la evaluación de materiales y propuesta del módulo	110

VI. EVALUACIÓN ECONÓMICA	114
6.1 Premisas de evaluación	115
6.2 Presupuesto de Egresos	118
6.2.1. Inversión	118
6.1.1.1. Inversión fija	118
6.1.1.2. Inversión Diferida	120
6.1.1.3. Capital de trabajo	120
6.3. Presupuesto de Ingresos (Precios constantes)	123
6.3.1. Precio de venta	123
6.3.2 Capacidad productiva	124
6.4. Cálculo de las depreciaciones	125
6.5. Calculo del Flujo de Efectivo, Estado de Resultados Proforma	126
6.6. Cálculo de VAN, TREMA, TIR	129
6.7. Coeficiente de Beneficio-Costo	130
6.8. Determinación de la superficie comercial	131
6.9. Beneficios del Proyecto	133
6.9.1. Beneficios Económicos	133
6.9.1. Beneficios Sociales	134

CONCLUSIONES	135
---------------------	------------

ÍNDICE DE CUADROS

1. Características de la investigación	6
2. Variedades primavera-verano	7
3. Variedades otoño-invierno	58
4. Plagas del cultivo de lechuga	65
5. Enfermedades del cultivo de lechuga	66
6. Fisiopatías	68
7. Investigación exploratoria	69
8. Soluciones nutritivas	98
9. Evaluación de canales de cultivo	102
10. Evaluación del sistema colector	103
11. Evaluación de materiales de los soportes	104
12. Evaluación de sustratos	106
13. Evaluación de recipientes de almácigo	107
14. Presupuesto de inversiones	118

15. Materiales de Inversión Fija	119
16. Inversión diferida	120
17. Rubros de capital de trabajo.	122
18. Depreciaciones	126
19. Estado de Resultados Pro-forma	128
20. Tasas de interés.	129
21. VPN	130
22. Punto de equilibrio para una superficie comercial	132

ÍNDICE DE TABLAS

1. Rangos de concentración de elementos minerales esenciales según diversos autores (Carrasco, Izquierdo, 1996).	22
2. Cantidades de ácidos o bases para ajustar el pH.	26
3. Relación temperatura-oxígeno en la masa radicular	31
4. Cálculo de la capacidad del tanque según la especie cultivada	36

ÍNDICE DE FIGURAS

1. Esquema de instalación de NFT.	18
2. Disposición radicular en el canal de cultivo	28
3. Altura de la lámina de la solución nutritiva	32
4. Tipos de tubos y canales de cultivo	41
5. Canales de film plástico	42
6. Sistema NGS	42
7. Tejas de asbesto	43
8. Canales rectangulares	44
9. Canales de polipropileno	45
10. Tipo de Variedades de lechuga	56
11. Sistema NFT en estantería	62
12. Mapa geográfico de Perú.	75
13. Estructura de protección	87
14. Siembra	87
15. Pasos en el trasplante con pos-almacigo en NFT	90
16. Pasos en el trasplante con pos-almacigo en Raíz Flotante	91
17. Presentación al consumidor	92

18. Diferentes materiales de los soportes	104
19. Sustratos	105

ÍNDICE DE GRÁFICAS

1. Material utilizado en los soportes de los canales de cultivo	85
2. Sustrato utilizado en almacigo.	88
3. Número de trasplantes	89

ÍNDICE DE FOTOS

1. Regador tipo ducha	29
2. Circulación de la solución nutritiva en el CIHNM La Molina	32
3. Tanque colector	37
4. Canales de PVC en el CIHNM La Molina	44
5. Red de distribución	47
6. Red de recolección	48
7. Soportes metálicos instalados en el CIHNM en Perú.	50
8. Módulos de 12m x 1.40m en el CIHNM La Molina	50
9. El Profesor Rodríguez coloca la plántula a etapa definitiva	55
10. Distribución Vertical	61
11. Distribución en “A”	62
12. Apariencia de las raíces en tubos de 18 m de longitud	86
13. Colocación de la bomba	101
14. Manguera plástica	103
15. Material PVC	103
16. Caja de madera forrada de	107
17. Charola de propagación 200 Plástico cavidades.	107
18. Sistemas pos-almácigo	109
19. Desarrollo radicular en pos-almácigo de raíz flotante	109

ANEXOS

1. Relación Temperatura/oxigenación	139
2. Guía de preguntas a expertos en hidroponía	140
3. Ficha técnica de los entrevistados	141

4. Cédula de investigación	145
5. Codificación de datos	150
6. Matriz de datos	151
7. Cálculo de la inversión	152
8. Inversión para un proyecto comercial	154
BIBLIOGRAFÍA CITADA	157

RESUMEN

Este trabajo se realizó con el objetivo de conocer los requerimientos económicos y tecnológicos necesarios para implementar el sistema NFT para cultivar lechuga (*Lactuca sativa* L.), con la finalidad de ofrecer una alternativa de producción a invernaderos de superficies pequeñas.

La investigación se dividió en 3 etapas: a) diseño de la encuesta con base en los datos obtenidos en el marco teórico; b) investigación exploratoria descriptiva y c) evaluación de materiales y determinación de la propuesta del módulo hidropónico sustentable y rentable para la producción de lechuga en sistema NFT.

La investigación exploratoria se realizó en su mayor parte en Lima Perú, con el apoyo de la Universidad Nacional Agraria “La Molina”, en el Centro de Investigación en Hidroponía y Nutrición Mineral a cargo del M.C. Alfredo Rodríguez Delfín.

El trabajo se realizó con una investigación exploratoria descriptiva, con un diseño transversal simple, mediante 3 entrevistas a profundidad con expertos en hidroponía y 6 encuestas a productores de lechuga hidropónica en sistema NFT. Las encuestas se realizaron con un muestreo no probabilístico por conveniencia, en su mayoría en Lima Perú, y se analizaron con medidas de tendencia central.

Las observaciones realizadas con productores peruanos, que ya trabajan con éxito la técnica NFT, fue de vital importancia para trasladar la tecnología a México y ofrecer una alternativa sustentable, ya probada y adaptada por los productores que en condiciones económicas y culturales parecidas, han superado los obstáculos para asegurar la productividad de la misma.

Mediante esta investigación se determinó, en el estudio económico, que las superficie económicamente rentable es a partir de 100 m², con canales de cultivo de PVC y cultivando 11 ciclos por año.

En los resultados obtenidos se identifican 5 puntos críticos de la técnica NFT que pueden hacer fracasar la producción de lechuga hidropónica en este sistema, todos se refieren a la solución nutritiva y son: 1) oxigenación, 2) temperatura, 3) elección de las sales minerales, 4) falla en el suministro de corriente eléctrica para que la solución nutritiva circule por los canales de cultivo y 5) el agua utilizada para elaborar la solución nutritiva debe tener una conductividad eléctrica (CE) menor o igual a 1.

La elección de los materiales en la ingeniería del sistema, afecta directamente en la rentabilidad del mismo, y el nivel tecnológico seleccionado depende directamente del tamaño de la superficie a cultivar y del volumen de producción requerido.

Palabras clave: Lechuga, sistema NFT, puntos críticos de cultivo, elección de materiales.

ABSTRACT

This work was performed in order to meet economic and technological requirements needed to implement the NFT system for growing lettuce (*Lactuca sativa* L.), in order to offer an alternative to greenhouse production of smaller surfaces.

The research was divided into 3 stages: a) design of the survey based on data obtained in the theoretical framework, b) descriptive exploratory research and c) evaluation of materials and determination of the proposed hydroponic module sustainable and profitable production lettuce in NFT. Exploratory research was conducted mostly in Lima Peru, in supervision of MC Alfredo Rodriguez Delfin.

The work was done with an exploratory descriptive cross-sectional design with a simple, with 3-depth interviews with experts in hydroponics and 6 surveys whit growers of hydroponic lettuce in NFT. The surveys were conducted with a convenience non-probability sampling, mostly in Lima Peru, and analyzed using measures of central tendency.

Observations was made with Peruvian producers, already successfully employed the technique NFT, it was vital to technology transfer to Mexico and offer a sustainable alternative, tested and adapted by growers in similar economic and cultural conditions, have exceeded obstacles to productivity thereof.

Through this research it was established in the economic study, which is economically profitable area from 100 m², with PVC growing channels and cultivating 11 cycles per year.

The results obtained are identified 5 critical points of the NFT technique that can derail the production of hydroponic lettuce in this system, all refer to the nutrient solution: 1) oxygenation, 2) temperature, 3) choice of salts minerals, 4) fail in power supply to circulation nutrient solution through the channels and 5) the water used to prepare the nutrient solution should have an EC less than or equal to 1.

The choice of materials in the engineering system, directly affects the profitability of the same, and the selected technological level depends directly on the size of the surface to be cultivated and the volume of production required.

Keywords: Lettuce, NFT system, critical points of cultivation, choice of materials

INTRODUCCIÓN

La hidroponía es una tecnología que se refiere al cultivo intensivo de plantas, que no requiere de suelo, utiliza una solución mineral que consiste en disolver los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas en agua, nutrientes que, en la naturaleza, la planta los adquiriría del suelo. Según Jensen citado por Rodríguez *et al.* (2004), “La hidroponía es una tecnología atractiva, frecuentemente sobre-simplificada, la cual es más fácil promover que sostener”. Requiere capacitación, sin embargo sus beneficios son considerables cuando se conocen y emplean adecuadamente las técnicas que la conforman.

La hidroponía hace posible la producción de plantas en lugares reducidos y limitados, por ello se consideró en este trabajo como una técnica adecuada para la producción en invernaderos instalados en parcelas ejidales en México.

Los huertos hidropónicos con o sin cubierta de protección (bajo invernadero) son difundidos en muchos países de América Latina principalmente por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, **FAO** (Food and Agriculture Organization, por sus siglas en inglés). Este tipo de huertos son idóneos para la producción de alimentos, generan ingreso económico y bienestar a las familias, además de alimentos frescos e inocuos.

Desde los años 70's se instalaron invernaderos en el Altiplano Mexicano para la producción de flores, principalmente en el Estado de México y Morelos. A finales de los 90's se incrementa la superficie cultivada bajo invernadero de forma importante con la producción intensiva de hortalizas. En el período de 1999 a 2004, se estima un crecimiento del 218%, en este último año existían 2,545 ha en operación y 669 ha en construcción (Guantes J., 2006, citado por Ocaña 2007), y pasan a más de 6,500 ha de cultivo en 2006 (Garza et al., 2008). Actualmente en México se producen una gran variedad de cultivos bajo invernadero, las producciones más importantes son de los cultivos de jitomate, pimiento y chile manzano.

El objetivo de este trabajo es investigar los requerimientos técnicos y económicos para establecer un sistema de producción hidropónica en sistema NFT en el cultivo de lechuga, que ofrezca una alternativa, viable técnicamente y rentable económicamente, para invernaderos con una superficie de 100 m².

Para lograr el objetivo, se eligió el Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral (CIHNM), en la Universidad Nacional Agraria “La Molina”, a cargo del M.C. Alfredo Rodríguez Delfín. El amplio conocimiento en sistemas hidropónicos y la experiencia en el manejo de cultivos del Profesor Rodríguez, fue de gran apoyo para la identificación de los componentes de la técnica y la elección de los productores peruanos.

Se tomó la decisión de realizar la investigación en el CIHNM porque su ubicación es estratégica, debido a la similitud en las características socio-culturales entre México y Perú, por ser ambos países latinoamericanos.

Este trabajo se realizó en diferentes etapas:

1) En la primera etapa se realizó la investigación bibliográfica y se asistió al 12° Curso Práctico Internacional de Hidroponía que tuvo lugar en la Universidad Nacional Agraria La Molina, en el mes de agosto de 2011.

2) Se realizó una investigación exploratoria con las siguientes características (cuadro no.1)

investigación exploratoria: descriptiva, diseño transversal simple	método	unidad de muestra	muestreo	Tamaño de la muestra	análisis	instrumento	preguntas
	entrevista a profundidad con expertos en hidroponía	M.C. Alfredo Rodriguez Dr. Howard Resh M.C. J. Reynaldo Vázquez		3	informe	guía de preguntas	abiertas, no estructuradas
objetivo: conocimiento técnico y económico del sistema NFT en el cultivo de lechuga	encuesta	productores de lechuga en sistema hidropónico NFT	no probabilístico por conveniencia	6	medidas de tendencia central	cuestionario	semi- estandarizadas personales asistidas

Cuadro no.1 Características de la investigación

3) Identificados los componentes de la instalación y en el manejo del cultivo, se evaluaron y seleccionaron los materiales disponibles en México, idóneos según las necesidades observadas, para la implementación de la técnica en México, específicamente en el Municipio de Amozoc de Mota, en el Estado de Puebla. Los componentes se evaluaron mediante un método simple, asignando una calificación a cada uno de ellos por característica y el material con mayor puntaje fue el elegido.

Como resultado de estas 3 etapas se define un módulo hidropónico sustentable, como una unidad mínima de producción en 100 m² de superficie, para el cual se realizó el estudio de factibilidad económica. Como resultado del cálculo observamos una inversión total de \$142,389.00 pesos; \$105,548.00 pesos de inversión fija, \$17,700.00 de inversión diferida y \$ 21,141.00 pesos de capital de trabajo. La propuesta se realizó con base en los cálculos que garantizaron un ingreso equivalente a un sueldo de la zona establecida.

Además de los beneficios económicos, de este trabajo, al garantizar un ingreso para el productor rural, existen los beneficios sociales que son:

El productor tiene tiempo disponible para otras actividades como puede ser el cuidado de animales. Al utilizar un área dentro de su parcela, no tiene que desplazarse, o trabajar ocho horas en otro lugar, descuidando su parcela.

Si se suma que el productor sea del género femenino, no se descuidan las labores del hogar, y se cuanta con un ingreso sin descuidar a los hijos.

El arraigo de la gente es su lugar de origen, sobretodo de aquellos hombres cabeza de familia que emigran por buscar el sostén de su casa, al tener un ingreso económico, y tener la posibilidad de mejorar, se quedan con sus familias y además no abandonan las tierras de cultivo.

Se cuenta con alimentos inocuos, y no se contamina el suelo al realizar riegos con aguas negras, no existe contaminación por el mal uso de fertilizantes, se disminuye el uso de pesticidas y se elimina el uso de herbicidas.

I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN Y JUSTIFICACIÓN

1.1. Antecedentes

El Gobierno del Estado de Puebla, con apoyo del gobierno Federal ha promovido políticas y programas que impulsan el desarrollo e instalación de invernaderos, principalmente para el cultivo de jitomate. Con la implementación de estos programas se ha pretendido mejorar las posibilidades económicas y de auto-empleo en las zonas rurales. La gestión y la derrama de recursos son destinadas a infraestructura (activos productivos), tecnología y asistencia técnica en la rama de la agricultura.

Un logro de los programas antes mencionados ha sido el arraigo de las familias en sus comunidades. Los campesinos no emigran porque en su lugar de origen, obtienen ingresos dignos al cultivar durante la mayor parte del año, con mejor calidad y competitividad (Garza, 2008).

A principios de esta década el Estado de Nuevo León a través de la Universidad Autónoma del Estado (UANL) ha sido uno de los pioneros en promover invernaderos exitosos en pequeños módulos de aproximadamente 1000 m² (Garza, 2008), La técnica de cultivo generalmente empleada en este esquema, es la de fertirriego para la producción de jitomate en suelo.

La hidroponía puede ser de gran interés para el productor, porque es un sistema de producción alternativo, intensivo, que utiliza una menor cantidad de pesticidas y herbicidas, un menor consumo de agua, y una menor cantidad de labores culturales. Se puede decir que es una combinación excelente para obtener mayores beneficios económicos, ya que, con menos insumos, se obtienen mayores producciones y por ende mayores ingresos.

Además de obtener una mayor producción por superficie, existe una demanda creciente de los productos cultivados en este sistema, con precios de venta mayores. La demanda se ha

incrementado a medida que el consumidor valora los productos hidropónicos por ser inocuos, nutritivos y sabrosos.

La técnica de la solución nutritiva recirculante, Nutrient Film Technique, conocida como NFT, es el sistema hidropónico más popular para la producción de cultivos en el mundo (Urrestarazu, 2001). Las especies hortícolas más cultivadas en este sistema son las hortalizas de hoja en media y gran escala, con gran éxito principalmente en América Latina, países Árabes y del Caribe, donde han empleado materiales más económicos en la implementación de la técnica. Según Urrestarazu (2001) se tiene interés por algunos investigadores en reducir los costos variables de la producción de lechuga en el sistema NFT y evaluar nuevos cultivares.

1.2. Planteamiento del problema

Dicho por diferentes autores la técnica hidropónica NFT, es la idónea para la producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.), sin embargo para establecer una propuesta técnicamente posible y económicamente rentable, es necesario resolver el siguiente problema:

Se desconocen los requerimientos económicos y tecnológicos para establecer el sistema NFT, en una superficie rentable para que el productor rural obtenga un beneficio económico aceptable.

Por consiguiente se plantean las siguientes preguntas de investigación:

1) ¿Cuáles son los requerimientos técnicos para implementa el sistema NFT?

- 2) ¿Qué requerimientos tecnológicos se deben adquirir para garantizar la sustentabilidad del sistema?
- 3) ¿Cuál es el nivel de tecnología adecuado para pequeños invernaderos?
- 4) ¿Dependen las características climáticas del lugar donde se instala la técnica NFT, para elegir los materiales de instalación del sistema?
- 5) ¿Qué área es rentable para establecer un cultivo de lechuga en NFT?
- 6) ¿Puede utilizarse cualquier tipo de material para el sistema de cultivo?
- 7) ¿Cuáles son los insumos necesarios?
- 8) ¿Qué aspectos agronómicos limitan la técnica?
- 9) ¿La selección de los materiales determina la rentabilidad del sistema?
- 10) ¿Cuál es la superficie mínima rentable que pueda ser una opción de negocio o de sostén para los productores en el caso del cultivo de lechuga?
- 11) ¿Qué ingreso debe considerarse como adecuado para un productor rural?

1.3. Objetivo General

Identificar los elementos tecnológicos y económicos con productores peruanos y mexicanos para implementar la técnica hidropónica NFT para el cultivo de lechuga en México, y establecer el sistema en una superficie rentable.

1.4. Objetivos Específicos

- Establecer las premisas necesarias para realizar la observación en campo, y definir el sistema NFT idóneo para el cultivo de lechuga, mediante tres entrevistas a profundidad con expertos en hidroponía.
- Conocer con productores peruanos, y productores mexicanos, seleccionados mediante un muestreo por conveniencia, por medio de encuestas personales asistidas, los requerimientos para instalar el sistema NFT y el proceso productivo para el cultivo de lechuga.
- Observar e investigar cómo resuelven los productores, los problemas técnicos y de manejo del cultivo de lechuga hidropónica, para que resulte rentable y eficiente.
- Adecuar los materiales locales respecto a los requerimientos tecnológicos observados en Lima Perú con los productores, para estimar económicamente la implementación en México.
- Realizar un estudio económico para calcular la superficie rentable para obtener un ingreso determinado, calculado con el promedio del salario semanal de un obrero de la zona de Amozoc de Mota, Puebla.

1.5. Justificación

Para que los sistemas hidropónicos, sean viables y sustentables en México, se han identificado diferentes situaciones a considerar y que a continuación se describen:

1) La técnica de cultivo que se establece con mayor frecuencia bajo invernadero en México, es la de fertirriego que consiste en realizar la fertilización con solución nutritiva de forma localizada. El fertirriego se utiliza para el cultivo de jitomate sembrado en suelo. Esta modalidad de cultivo es rentable en superficies mayores a 1000 m², lo que significa que en

superficies menores es necesario identificar un cultivo y una técnica idónea para su producción, que genere ingresos al productor.

2) Se desconoce si la producción bajo invernadero en superficies menores a 1000 m² es rentable para los productores en zonas rurales, principalmente si se implementan tecnologías avanzadas como lo es la hidroponía.

3) Según Cabrera (2005) los productores deben escoger la mejor combinación de insumos, productos y servicios, para ser rentables y sustentables. Se desconocen los criterios de selección que consideran los productores.

4) Algunos productores iniciaron el cultivo bajo invernadero, con asesoría incipiente o no adecuada, y han comprometido la sustentabilidad de los mismos al grado de que algunos invernaderos han sido abandonados. El cultivo de jitomate requiere de gran conocimiento por ser un cultivo de producción continua durante varios meses, requiere diferentes labores culturales, un manejo adecuado de la nutrición en las diferentes etapas de crecimiento y un control fitosanitario permanente, lo cual deja sin posibilidad de éxito aquellos productores poco asesorados.

5) Existen diferentes tipos de sistemas hidropónicos, desde los más simples, con funcionamiento manual, hasta los más sofisticados y automatizados. Debe elegirse aquel o aquellos con un nivel tecnológico rentable en una superficie mínima. Un sistema hidropónico no será económicamente justificado, si no se le presta especial atención al costo inicial y a la superficie adecuada (Alvarado, *et al.*, 2001).

En este trabajo de investigación se abordan los puntos enlistados anteriormente, y para ello se evaluó la propuesta de un cultivo alternativo, la lechuga (*Lactuca sativa* L.), porque reúne las siguientes características:

1) Mayor valor agregado al ser cultivado hidropónicamente;

2) El sistema de producción para el cultivo no es complicado de implementar por el productor rural;

3) No se requieren muchos aspectos técnicos para extender la vida del sistema;

4) No es difícil la implementación de la técnica de producción para el productor en cuanto a labores culturales, manejo del invernadero y conocimiento de los aspectos agronómicos.

La lechuga es un cultivo de porte pequeño, importante por su contenido vitamínico y elementos minerales esenciales. Es una planta adecuada para cultivarse en hidroponía por su raíz pivotante y corta, lo cual da facilidad de cultivo en densidades considerables, en técnicas hidropónicas variadas y en superficies pequeñas, es ampliamente conocida y se cultiva casi en todos los países del mundo durante casi todo el año (Alvarado, *et al.*, 2001).

Se evaluaron diferentes alternativas al elegir el sistema hidropónico para la producción de lechuga, como fue el de raíz flotante, que consiste en una plancha de unicel que da soporte a las plantas y que flota en una pileta de solución nutritiva, es muy utilizado en proyectos de hidroponía social en diferentes países latinoamericanos. El sistema de Raíz Flotante se descartó ya que según Resh (2004) parece consumir más agua comparado con un sistema “NFT”.

El consumo de agua se consideró un aspecto importante de evaluación, ya que en México existen lugares con gran escasez del vital líquido como es el Municipio de Amozoc en el Estado de Puebla. Es importante considerarlo no sólo por su limitada disponibilidad, si no también por el impacto en el costo de producción, dado por el precio del líquido, el consumo mayor de fertilizantes y su desperdicio al utilizar una cantidad mayor de solución nutritiva en los recipientes de cultivo.

Para el desarrollo de este trabajo se eligió la técnica hidropónica Nutrient Film Technique (NFT), porque según Resh (2006), es una técnica idónea para el cultivo de esta hortaliza. Alvarado (2001) comenta que el sistema “NFT” es una técnica intensiva dado que los rendimientos por unidad de área cultivada son altos debido a una mayor densidad de plantación, elevada precocidad en la producción y mayores cosechas por año, y el consumo de agua es menor que en cualquier otro sistema.

Además sus características de producción permiten que una persona en el área rural ya sea hombre o mujer, pueda implementar este cultivo de una forma sustentable y rentable.

Para estructurar la propuesta del sistema de producción fue necesario recopilar la información económica y tecnológica, que permitiera desarrollar alternativas de producción rentable. Se eligió El Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral (CIHNM), por trayectoria en el desarrollo de sistemas hidropónicos y por la experiencia de su Director el M.C. Alfredo Rodríguez Delfín. Su conocimiento fue de vital importancia para evaluar el sistema que se eligió.

Se facilitó la transferencia de las observaciones realizadas en Perú a México, debido a las similitudes socioeconómicas y culturales entre los países, posteriormente sólo se evaluaron los materiales disponibles en México.

Una vez identificados los insumos idóneos se evaluó la factibilidad del sistema “NFT” para el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) y se estableció una propuesta técnica y económicamente rentable.

1.6. Alcance

- Proponer el módulo hidropónico estándar en la zona de Amozoc de Mota Puebla, para el cultivo de lechuga hidropónica en sistema NFT, el cual pueda establecerse en una etapa posterior y servir como piloto para implementar otros módulos en los invernaderos de la región.

1.7. Limitaciones

El desarrollo e implementación de este trabajo tiene diferentes limitaciones:

Limitación geográfica: Las condiciones climáticas en las cuales se ha implementado la técnica de NFT para el cultivo de lechuga en el Perú, son diferentes a las condiciones ambientales en la zona donde se pretende establecer en México el sistema investigado.

Limitación de recursos económicos: Los límites económicos fueron de importancia, ya que los productores Peruanos, que tienen implementada esta técnica, están dispersos por todo el país, lo que dificultó visitarlos a todos ellos. La investigación entonces se realizó mediante un estudio exploratorio y descriptivo, con un muestreo por conveniencia y no aleatorio.

Adopción de la técnica: La diversificación productiva mediante la promoción de técnicas nuevas como es la hidroponía es un tema limitativo, porque en México los programas de gobierno y los productores se enfocan principalmente al cultivo de jitomate, sembrado en suelo. Lo anterior dificulta poner en práctica los conocimientos obtenidos en este trabajo, porque existen escasos productores que estén dispuestos a adoptar la tecnología observada.

Los cambios siempre son lentos, y la técnica hidropónica necesita una serie de conocimientos que el productor debe estar dispuesto a adquirir y poner en práctica, desgraciadamente no hay muchos especialistas en hidroponía que acompañen al productor en su aprendizaje y esto los limita para que estén dispuestos a arriesgarse, ya que el costo puede ser elevado.

Limitación del mercado: A pesar de que los productos hidropónicos pueden comercializarse como productos “gourmet”, y que tienen características que imprimen valor agregado como inocuidad y mayor vida de anaquel, por mencionar algunos, el productor debe promocionar estas características. La promoción no es muy fácil porque existen productos sustitutos mucho más económicos como la lechuga cultivada en campo, y además la cultura de consumo de productos diferenciados se encuentra en desarrollo.

Limitación para la difusión de la técnica: Todo trabajo de investigación debe realizarse con el objetivo de ser útil para alguien, en el caso de esta investigación se enfocó el beneficio a

productores bajo invernadero que tengan una superficie por lo menos de 100 m². Los productores deben estar dispuestos a implementar los conocimientos que en este trabajo puedan adquirir y además deben prepararse para saltar con éxito la curva de aprendizaje, que es lenta y costosa, esto dificulta que los productores se animen a emprender una aventura hidropónica.

Limitación en tiempo: Por último, el estudio se realiza en un tiempo determinado, que toma vital importancia en el estudio económico, principalmente al considerar los precios de los insumos y del producto final.

La elección de la presentación del producto y el mercado elegido, determinan el precio establecido en el estudio económico. Esto limita los resultados de este trabajo, porque al elegir una presentación y un mercado diferente, el precio de venta varía y modifica los resultados obtenidos.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Definición de Sistema Hidropónico NFT

La hidroponía es un sistema que comercialmente se ha desarrollado en los últimos 40 ó 50 años, ha sido utilizada en submarinos atómicos o en naves espaciales para la producción de alimento, sin embargo esta técnica también ha sido implementada en países subdesarrollados para promover la producción intensiva de alimentos en espacios reducidos. La hidroponía es un medio excelente para cultivar alimentos frescos no solamente en países que tengan poca tierra cultivable, si no aquellos que tengan una gran población (Resh, 2006).

La palabra Hidroponía deriva del griego Hydro (agua) y Ponos (labor o trabajo) lo cual significa literalmente trabajo en agua. La Hidroponía es una ciencia que estudia los cultivos sin tierra. No es una técnica moderna, sino una técnica ancestral, en la antigüedad la usaron como medio de producción de alimento, los aztecas, la antigua China, India, Egipto, entre otros.

Sistema Hidropónico NFT (Nutrient Film Technique) Técnica desarrollada en la década de los sesenta por el Dr. Allen Cooper, en Inglaterra, conocida también como técnica de Flujo Laminar de Nutriente o sistema de recirculación continua. Es un sistema de cultivo sin suelo, que no utiliza sustrato, se cultiva solamente en agua y se basa en la manutención de una delgada lámina o capa de solución nutritiva que continuamente está en recirculación, en contacto directo con las raíces de las plantas. De esta forma las plantas absorben agua, nutrientes y oxígeno (Urrestarazu, 2004). La obtención de una producción exitosa se basa en el cumplimiento de los requerimientos de este sistema hidropónico (Urrestarazu, 2004). Se utiliza principalmente para hortalizas de hojas, como lechugas y hierbas aromáticas (Resh, 2006).

El sistema NFT ha sido desarrollado como un sistema cerrado, donde se hace fluir una lámina de solución nutritiva a través de canaletas de cultivo de plástico semirrígido, donde se desarrollan las raíces de las plantas y se ubican principalmente en la base interior del canal de cultivo, en contacto directo con la solución nutritiva (figura no.1). Los canales de cultivo terminan en un canal de drenaje que recoge la solución nutritiva sobrante y la conduce hacia el tanque desde el cual es nuevamente bombeada hacia la tubería principal que alimenta los canales de cultivo (Camacho, 2003).

- a) Tanque colector
- b) Bomba de impulsión
- c) Tuberías de distribución
- d) Canales de cultivo
- e) Tubería colectora

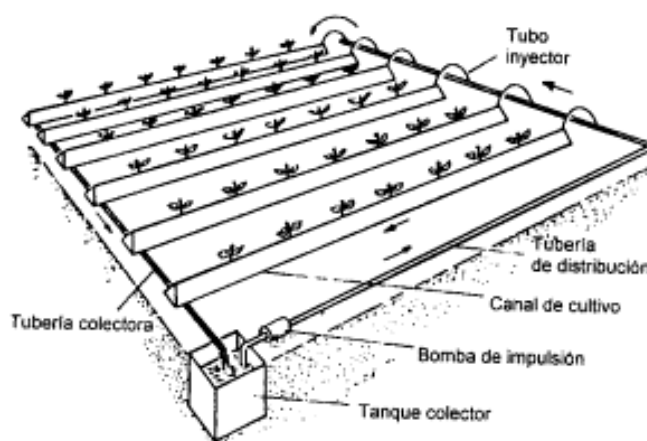


Figura no.1 Esquema de instalación de NFT.
Fuente: Cooper (1979)

2.2 Ventajas.

La ventaja del sistema NFT en relación con otros sistemas hidropónicos, es la alta calidad obtenida de diferentes hortalizas en un corto periodo de tiempo, como también en rendimiento. La constante oferta de agua y elementos minerales permite a las plantas crecer sin estrés y obtener el potencial productivo del cultivo (Urrestarazu, 2004).

Actualmente el sistema NFT con diversas implementaciones, probablemente, sea el más extendido en razón del buen funcionamiento, su sencillez de diseño y la economía de su instalación, y es previsible que su uso se extienda todavía más en el futuro (Maroto, 1990). Tiene un gran potencial para la automatización, la formulación, el ajuste de nutrientes, el calentamiento de la solución nutritiva, todo puede ser centralizado en un punto de control (Nelson, 1991).

Permite aprovechar suelos y terrenos no adecuados para la agricultura tradicional. La técnica es muy apropiada donde hay escasez de agua debido al menor consumo de agua y fertilizantes. Es una técnica que al usar agua de pozo, elimina la contaminación por cultivar con aguas residuales no tratadas, y se obtiene un cultivo libre de enfermedades e higiénico. No es necesario hacer rotación de cultivo y puede cultivarse en forma escalonada (Rodríguez *et al*, 2004). No necesariamente requiere sustrato (Sánchez *et al* 1988).

En comparación con otros sistemas hidropónicos, el NFT presenta una serie de ventajas: (1) evita el problema de soporte de las plantas sobre la superficie de la solución ya que las plantas jóvenes pueden permanecer directamente sobre los canales; (2) se evitan los problemas de falta de aireación; (3) sustitución de las pesadas cubetas de cemento de los sistemas hidropónicos por canales de plástico ligeros, con lo que el diseño y el proyecto del sistema pueden ser fácilmente modificados, si es necesario y permite reducir los costos de mantenimiento e instalación (Noguera, 1993)

La producción puede realizarse en pequeñas áreas próximas a los centros de consumo (agricultura urbana), fuera de época, comercialización más fácil a mejores precios con un rápido retorno económico (Faquin *et al*, 1996).

Se elimina la tediosa e incómoda tarea de localizar y limpiar las boquillas bloqueadas en el riego localizado. Tampoco existen efectos residuales por una falta de rotación o por la realización de tratamientos fitosanitarios (Noguera, 1993).

La solución nutritiva es re-circulada en un sistema cerrado, por lo tanto, el agua y los nutrientes son reutilizados, reduciendo el costo de agua y fertilizantes en el invernadero (Nelson, 1991).

2.3 Desventajas

-Antes de empezar un proyecto hidropónico, es importante conocer el manejo agronómico del cultivo, más que la técnica en sí, ya que muchos proyectos inician sin contar con el conocimiento de las plantas, plagas y enfermedades, además de no tener constancia y dedicación en las labores agronómicas. Es necesario conocer la técnica adecuada para el cultivo, experiencia en el manejo de soluciones nutritivas, conocimiento del mercado (Rodríguez *et al*, 2004).

-Se requiere una mayor inversión inicial.

-Otra desventaja es que al ser un sistema de recirculación cerrado, es posible la diseminación de patógenos a través de la solución nutritiva y, por ende, la posibilidad de obtener enfermedades a nivel de las raíces de las plantas en forma muy rápida, pudiendo afectar el éxito del cultivo (Urrestarazu, 2004).

-Consumo elevado de energía eléctrica y riesgo de pérdidas por falta de la misma en sistemas automatizados, requiere mano de obra más especializada (Faquin *et al*, 1996).

-El sistema NFT, como otros sistemas cerrados, es vulnerable a la pobre calidad del agua y a los iones tóxicos que pueda contener, si la solución no es cambiada completamente de forma periódica (Asher 1981; Howeler *et al*, 1982, citado por Jensen *et al*, 1985).

-La hidroponía es una técnica que se presenta de una forma simplificada como si no requiriera conocimientos importantes. Según el Dr. Merle Jensen citado por Rodríguez *et al*. (2004) “la hidroponía es una tecnología atractiva, frecuentemente sobre-simplificada, la cual es más fácil promover que sostener”.

2.4 Requerimientos

Según Sánchez *et al.* (1988), los requerimientos técnicos pueden sintetizarse en tres aspectos): características nutricionales, características físicas y circulación de la solución nutritiva.

2.4.1 Características nutricionales

Antes de iniciar un proyecto de hidroponía, es imprescindible realizar un análisis previo del agua, ya que los excesos de carbonatos, boro o zinc pueden presentarse y producir daños en los cultivos (Noguera, 1993). Los sistemas cerrados como el sistema NFT, requieren de una fuente de agua de buena calidad, principalmente no salina ya que todos los iones en el sistema son absorbidos por las raíces de las plantas, o permanecen en la solución y aumentan la salinidad; las impurezas se acumulan y no se eliminan. Agua con cloruro de sodio que contenga concentraciones mayores de 50 ppm no es adecuada para el óptimo crecimiento del cultivo. La dureza del agua es medida por el contenido de iones carbonato (HCO_3^-) y tiende a subir el pH. Además el agua dura contiene sales de calcio y magnesio en forma de carbonatos o sulfatos, mientras el ion sulfato es un nutriente esencial, el carbonato no lo es. El ion carbonato en bajas concentraciones no es perjudicial. Generalmente se utilizan aguas suaves para el crecimiento de las plantas (Resh, 1993).

La formulación de una solución nutritiva se refiere a la concentración de los elementos esenciales que la componen, expresados, generalmente en partes por millón (ppm), miligramos por litro (mg/l) o gramos por 1000 litros (g/1000). A lo largo del proceso de investigación y desarrollo del sistema NFT, se han descrito 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 la tabla no1.

Tabla no1. Rangos de concentración de elementos minerales esenciales según diversos autores (Carrasco, Izquierdo, 1996).

CONCENTRACIÓN (ppm)							
elemento	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 Arnon (1938)

(2) Hewitt (1966)

(3) FAO (1990)

(4) Jensen (s/fecha)

(5) Larsen (s/fecha)

(6) Cooper (1979)

(7) Steiner (1984)

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

La conductividad eléctrica (CE) es un parámetro que mide la concentración de iones; a mayor concentración de iones mayor CE y viceversa. Es importante emplear aguas de baja salinidad o baja CE con el propósito de obtener soluciones nutritivas no salinas, lo que podría perjudicar el crecimiento de las plantas en cultivos hidropónicos (Faquin *et al*, 1996). Para un adecuado crecimiento del cultivo la CE debe mantenerse en un rango de 1.8 y 2.2 dS/m. (Rodríguez *et al*, 2004).

En hidroponía los nutrientes se aplican a través de solución nutritiva, y el éxito del cultivo depende de la manutención de las concentraciones ideales en la solución (Urrestarazu, 2004). La solución nutritiva se regula o ajusta frecuentemente por la adición de soluciones concentradas, la que usualmente se automatiza. El pH de la solución nutritiva se mantiene entre 5.8 y 6.2, dependiendo del cultivo (Urrestarazu, 2004); otros autores recomiendan

trabajar dentro de un rango de 6.0-6.5 (Rodríguez *et al*, 2004). En este sistema hidropónico se toman muestras de solución nutritiva del tanque colector para el análisis individual de los principales nutrientes a intervalos regulares, usualmente semanalmente. Por otro lado, Rodríguez *et al*, (2004), recomiendan renovar la solución nutritiva cada 15 días para evitar la demora en la obtención de los resultados del análisis de la solución, que podrían perjudicar la toma de decisiones para los ajustes correspondientes de pH y CE de la solución; además permite bajar el costo de la producción del cultivo al no incluir el costo de un análisis de solución, que por lo general son bastante altos para productores de escala pequeña o mediana.

Existe la tendencia a la disminución de la CE, como consecuencia de la absorción de nutrientes (Cooper, 1979), sin embargo, si las plantas absorben agua a mayor velocidad que los elementos minerales (principalmente en verano), es más fácil que se produzca un incremento de la CE. Rodríguez *et al*, (2004) sintetiza la concentración en los siguientes rangos:

0.14 dS/m equivale a 100 ppm = 0.1 gramo por litro

1.4 dS/m equivale a 1,000 ppm = 1.0 gramo por litro

2.5 dS/m equivale a 1,780 ppm = 1.78 gramos por litro

3.0 dS/m equivale a 2, 143 ppm = 2.14 gramos por litro, tomando como factor de dS 1.4

En sistemas recirculantes es conveniente cambiar la solución nutritiva en 2 a 3 semanas, esto depende de la temporada del año y la etapa de desarrollo de la planta. Durante los meses de verano, con plantas maduras con densidad alta, la solución debe cambiarse cada semana. La única forma de salvaguardar la aparición de desordenes nutricionales es cambiando la solución de forma periódica (Resh, 1993).

Si se trabaja con sistema NFT, hay que mantener las relaciones adecuadas entre los distintos iones presentes en la solución para que no exista competencia entre ellos. El exceso de un elemento esencial puede inducir la deficiencia de otro elemento por antagonismo.

Relación potasio (K)/ nitrógeno (N): en sistemas NFT 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.

Se observa que las plantas cuentan con el aporte adecuado de potasio (K), aún trabajando con concentraciones bajas de este elemento. Se debe escoger una solución nutritiva que cuente con una relación K/N de 2:1. Otra alternativa recomendable es la aplicación foliar de soluciones de rápida absorción a nivel foliar ricas en K y Ca (Carrasco, *et al*, 1996).

Aunque en este sistema de cultivo se pueden usar con éxito un gran número de soluciones nutritivas, es un sistema que carece de capacidad de amortiguamiento (Buffer), y, por lo tanto, se requiere de un control muy exacto de la solución nutritiva, sobre todo en los niveles de pH, fosfatos, hierro y conductividad eléctrica (Sánchez *et al*, 1988).

La formulación de la solución nutritiva requiere cuidado. Para el cultivo de lechugas en sistema NFT, Varley y Burrage (1983) citados por Urrestarazu (2004), elaboraron una solución nutritiva para combinarla con la absorción de nutrientes de las plantas, encontrando una alta incidencia de quemadura de punta (tip-burn) debido a la acumulación de cantidades apreciables de sulfato desde los agroquímicos, y de fosfato desde el ácido fosfórico utilizado para ajustar el pH. El emplear nitrato de magnesio en vez de sulfato de magnesio, reemplazando los micronutrientes en la forma de sulfato por micronutrientes quelatados, y usando ácido nítrico en vez de ácido ortofosfórico, pudieron obtener lechugas de buena calidad para un amplio intervalo de salinidades (1.5 dS m^{-1}).

Los niveles de fosfatos en la solución nutritiva son importantes ya que si son elevados, ocurre la precipitación excesiva de elementos menores, principalmente hierro, esto es cierto con soluciones des-balanceadas, las cuales tienden hacia la alcalinidad rápidamente. Sin embargo, si hay un balance adecuado entre los iones ácidos y alcalinos en conjunción con un nivel de fosfatos lo suficientemente elevado para ejercer una acción amortiguadora a los cambios de pH, el problema no será tan serio.

Hierro (Fe): debido a que las sales férricas son inestables y son fácilmente transformadas en formas insolubles y por lo tanto de difícil absorción, se recurre a las formas

“quelatadas”, es decir aquellas sales en las cuales el ión hierro se encuentra unido a un compuesto orgánico, ejemplo quelato de hierro es la sal EDTA (Carrasco, *et al*, 1996).

Se recomienda evaluar el pH y CE de la solución nutritiva por lo menos cada dos días, para llevar un mejor control, ya que si el valor de la CE se encuentra por arriba del límite deseado, se deberá agregar solo agua y, si está por debajo del nivel optimo, se deberá agregar solución concentrada para obtener la CE deseada (Rodríguez, conversación personal).

El pH mide la actividad de los iones hidrógeno (H^+) de una solución. Los valores de pH bajo (ácido) tiene efectos sobre las células radiculares y ocurre la competencia entre el H^+ y los iones catiónicos (NH_4^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+}) y con un pH elevado (alcalino), se disminuye la absorción de los nutrientes aniónicos de la solución (NO_3^- , $H_2PO_4^-$, SO_4^{2-} , Cl^- , MoO_4^{2-}), y ocurre también la precipitación de Fe^{2+} , Mn^{2+} y Zn^{2+}) (Faquin et al, 1996).

El rango de pH debe mantenerse entre 6.0 a 6.5, y se puede ajustar si está fuera del rango óptimo; si indica menos de 5.5 se debe agregar una base para elevarlo, por ejemplo hidróxido de potasio (KOH 1N), no es recomendable el hidróxido de sodio porque elevaría la concentración de sodio en la solución, lo que puede aumentar su concentración en la solución nutritiva y afectar el crecimiento de las plantas.

Si el pH está por encima de 7.0, para ajustarlo al nivel adecuado se puede agregar un ácido como el ácido fosfórico ó sulfúrico (Rodríguez *et al*, 2004).

La lectura del pH se hace de forma directa y se realiza con un instrumento portátil llamado potenciómetro, debe estar previamente calibrado. También existen tiras indicadoras que se utilizan de la misma forma, se sumergen en una muestra de la solución y se comparan con el tutor

Tabla no. 2 Cantidades de ácidos o bases para ajustar el pH.

Compuesto	PM	Cantidad por litro	Concentración
Hidróxido de Potasio (KOH)	56.09	56.09 g	1N*
Ácido clorhídrico 37% (HCL)	36.47	82.83 ml	1N
Ácido Fosfórico 85% (H3PO4)	98.00	22.70 ml	1N
Acido Nítrico 65% (HNO3)	63.00	69.23 ml	1N
Ácido Sulfúrico 85% (H2SO4)	98.09	31.36 ml	1N

*N=normalidad=Número de equivalentes/Volumen (L)

Fuente: Rodríguez *et al*, 2004

La solución nutritiva y sus componentes también son importantes, en cuanto al costo, por tal motivo, debe tomarse en cuenta en la relación de costo-beneficio que se analiza.

2.4.2 Características físicas

2.4.2.1 Oscuridad.

La oscuridad es necesaria para evitar el crecimiento de algas verdes y otras plantas acuáticas diminutas, que compiten por el oxígeno y los nutrientes; cuando se descomponen pueden llegar a ser tóxicas para las raíces, interfiriendo con sus funciones y desarrollo (Sánchez *et al*, 1988). La oscuridad debe mantenerse tanto en los canales de recirculación y recolección, así como también en el tanque recolector.

2.4.2.2 Oxigenación

La oxigenación de la rizosfera es un factor clave en los cultivos hidropónicos $<3-4 \text{ mgL}^{-1}$ produce una disminución en el crecimiento radicular y aparición de microorganismos no deseados en el medio (Urrestarazu, 2004). Se recomienda un nivel de oxígeno disuelto de 4ppm, el oxígeno puede disminuir un 2% a lo largo del canal de 3m (Morgan, 1999). La absorción de nutrientes por las raíces de las plantas es un proceso que depende de la energía metabólica (ATP), que es originada por la respiración de las raíces. Cuando se presentan bajos niveles de oxígeno, ocurre la muerte de meristemos radiculares y baja la absorción de nutrientes, en consecuencia la planta crece lentamente (Faquin *et al*, 1996). Existe un descenso del oxígeno disponible en la solución nutritiva por la propia demanda del cultivo producido, las dimensiones del canal (volumen y largo), la velocidad de circulación, el flujo laminar en los canales de cultivo, la pendiente, la densidad de la trama de las raíces y la temperatura. En soluciones recirculantes, el oxígeno alrededor de la raíz declina al mínimo durante el tiempo más brillante del día, las deficiencias de oxígeno están altamente correlacionadas con la temperatura de la solución nutritiva y con la cantidad de ácido requerida para mantener el pH de la solución (Giserold y Adams, 1983 citados por FAO, 1990).

El diseño para implementar la técnica influye pues en la oxigenación, es común dejar un espacio de aire entre la superficie de la solución y la parte inferior del lecho que soporta las raíces (FAO 1990), (figura no.2) de tal manera que las raíces superiores estén rodeadas por aire húmedo mientras que las inferiores están sumergidas en la solución, espacio que deberá ser de máximo 5 cm (dependiendo del tamaño radicular), ya que un espacio mayor puede dañar por secamiento a las raíces superiores. Hay que resaltar que el movimiento de la solución no basta para proporcionar una aireación adecuada (Sánchez *et al*, 1988).

Algunos productores han atendido el problema de la oxigenación, con la simple circulación de la solución, o bien espreando la misma dentro de los canales (FAO, 1990), este sistema es utilizado principalmente en Canadá y Estados Unidos (Jensen *et al*, 1995).

La aireación referida se resuelve mediante varios métodos:

- a) Mediante el burbujeo de aire continuo con un compresor; Samperio (2004) sostiene que es posible instalar una turbina de aire a presión, que funciona con 1 HP y proporciona 20 m³ de aire por minuto, produciendo burbujas casi desde la superficie hasta 10 cm de profundidad.
- b) Provocando un salto (de al menos 50 cm de alto) en el drenaje en el tanque de recogida y en el agua de relleno para la solución, y complementando la caída en forma de gotas a través de un regador tipo ducha (foto no1)
- c) Favoreciendo la circulación por el canal con el diseño.
- d) Provocando un efecto venturi en la cabecera de los inyectores; e) la interrupción del paso de la solución nutritiva por el canal de cultivo.(Urrestarazu, 2004).

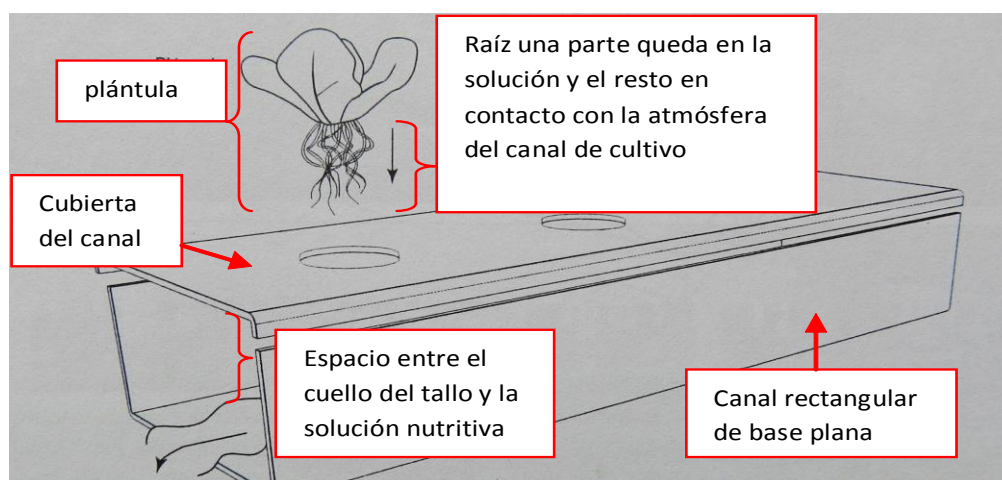


Figura no.2. Disposición radicular en el canal de cultivo

La más efectiva técnica para la positiva oxigenación es colocando un adecuado tipo de venturi en el by-pass del bombeo y regresando la solución al tanque con la velocidad de la corriente adecuada (FAO, 1990).



Foto no.1 Regador tipo ducha

Fuente: Boletín no.11 Red Hidropónica la Molina

2.4.2.3 Temperatura

La demanda respiratoria de las raíces por oxígeno aumenta con la temperatura de la solución, y aproximadamente se duplica por cada 10°C de aumento en la temperatura hasta cerca de 30°C, como se puede observar en el anexo no.1 (Urrestarazu, 2004).

La temperatura radicular alta es muy difícil de controlar. El enfriamiento no es económico, lo que mejor puede emplearse para minimizar una elevación de la temperatura a nivel radicular es maximizando la reflexión de luz sobre la superficie del sistema y emplear materiales aislantes (Urrestarazu, 2004).

En cuanto a la temperatura adecuada para las raíces que desarrollan en este sistema de cultivo, está entre 14 a 18°C por la noche y, de 23 a 25°C como máximo durante el día (Samperio 2004). Sánchez (1988) recomienda aumentar la temperatura diurna entre 5 y 10°C arriba de la temperatura nocturna, forzando la solución nutritiva a pasar a través de una fuente de calor, sin embargo, la temperatura debe ser muy similar a la que está en la solución ya que un cambio brusco de temperatura puede estresar a las plantas o dañar las raíces.

La temperatura de la solución nutritiva puede alcanzar cifras muy altas dañando irreversiblemente las raíces. Para el cultivo de lechuga la temperatura del agua nunca debe

pasar los 22°C (Faquin *et al*, 1996). Cuando la solución nutritiva está muy fría, puede contener aproximadamente 14 ppm de oxígeno disuelto en agua, pero cuando la temperatura se eleva, la cantidad de oxígeno disuelto se empobrece, de manera que a 17-20°C la solución puede contener alrededor de 8 ppm de oxígeno; y en el caso de que la temperatura sea de 30°C, el contenido de oxígeno será de apenas 5 ppm con lo que la planta tendrá mucha dificultad para desarrollarse. Lo aconsejable es que se mantenga en los canales y el depósito principal entre 12 a 25°C (Samperio, 2004). En la tabla no.3 se observa los requerimientos en la relación oxígeno- temperatura con respecto al desarrollo radicular.

2.4.3 Circulación de la solución nutritiva

La solución nutritiva circula en forma de lámina fina que permite la oxigenación y la nutrición de las plantas; la circulación de esta lámina, es recomendada para favorecer la distribución de los iones nutritivos y una mejor aireación.

2.4.3.1 Altura de la lámina de solución nutritiva

La profundidad está determinada fundamentalmente por el tipo y volumen de raíz que presenta la planta en crecimiento, las de porte pequeño no necesitan más de 5 cm y otras pueden requerir hasta de 10 cm de profundidad en el lecho (Sánchez *et al* 1988) Tabla no.3.

Temperatura				
10°	15°	20°	25°	30°
Volumen de la solución por planta -litro (l)				
2	2	2	2	2
Peso fresco de las raíces por planta (g)				
200	200	200	200	200
Consumo de oxígeno por las raíces				
46 mg planta-1 h-1	65	92	129	184
Consumo de oxígeno por los microorganismos en la solución				
0.4	0.6	0.8	1.1	1.6
Consumo total de oxígeno				
46.4 planta + mos	65.6microorganis mos	92.8 mg h-1	130.1	185.6
Contenido de oxígeno en una solución bien aireada				
22.8 mg planta- 1	20.4	18.6	17.0	15.6
Tasa de reemplazo de oxígeno requerido h-1				
2.0	3.2	5.0	7.7	12.0

Tabla no. 3 Relación temperatura-oxígeno en la masa radicular

Fuente: Boletín no. 11 Red Hidropónica la Molina

Se debe tomar en cuenta que la lámina de solución nutritiva es lo más pequeña posible (figura no.3), y tener cuidado con el crecimiento radicular para que el aporte de solución sea el adecuado y no se tenga ningún problema de estancamiento, o falta de suministro.

La lámina nutritiva no debería alcanzar una altura superior a los 4 a 5 mm, para favorecer así la aireación de la solución y las raíces (Urrestarazu, 2004).

En el sistema modificado en el Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral (CIHNM) de la Universidad Nacional Agraria la Molina, la solución re-circulada intermitentemente se mantiene a una profundidad constante de 2 cm (foto no.2), (Rodríguez

et al, 2004). La lámina de la solución de nutrientes no deberá nunca elevarse por encima de la masa radicular (Resh, 2006).

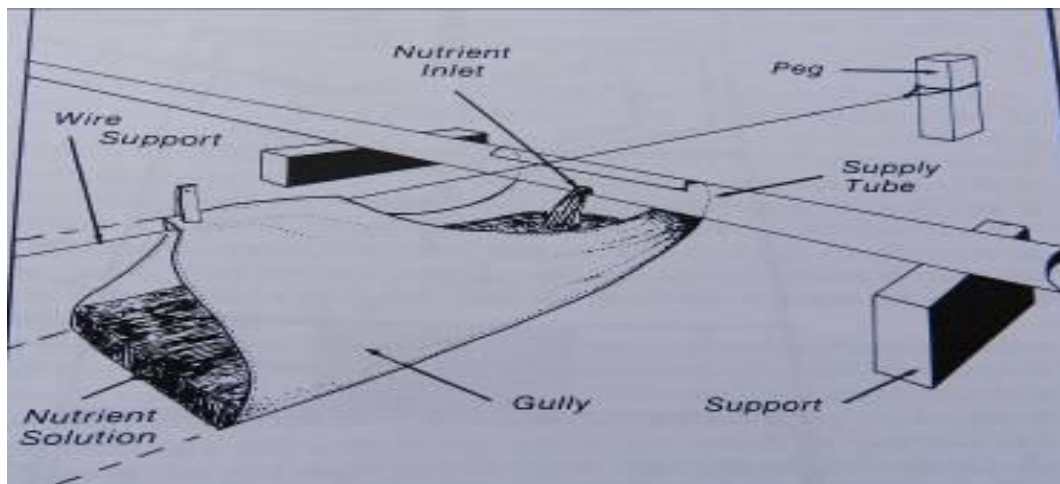


Figura no.3 Altura de la lámina de la solución
Fuente: Resh, 2006

Es recomendable que la velocidad de escurrimiento de la solución en el interior de la tubería, permanezca entre 1,0 a 2,5 m/s (Faquin *et al*, 1996).



Foto no.2. Circulación de la solución nutritiva en el CIHNM La Molina

2.4.3.2 Flujo de la lámina de solución nutritiva

Debe observarse que cuando se usan altas densidades de siembra y cuando hay una alta saturación radicular, a las plantas que ocupan el extremo final del tubo llega una lámina nutritiva inferior a lo deseable (Ríos, 1995), debido a un flujo disminuido. La cantidad de agua utilizada debe calcularse con base en el número de plantas (0.5 a 1 litro de solución por planta) dependiendo del cultivo, y siempre es mejor un porcentaje sobrante que recirculará al final del canal. El suministro a cada canal de cultivo deberá ser de aproximadamente 1.5 a 2 litros por minuto (Faquin *et al*, 1996 , Urrestarazu 2004). Furlani (1999), recomienda 0,5 a 1,0, 1,5 a 2,0, y 2,0 a 4,0 L/min por canal, respectivamente para plántula, plantas de ciclo corto y plantas de ciclo largo respectivamente. El flujo siempre depende de la anchura de los canales, un flujo mayor de 6 litros/minuto tiene efectos negativos, esto puede deberse a que las raíces sufren daños físicos (Morgan, 1999).

La práctica del flujo intermitente, es adecuada siempre y cuando el periodo en el que se corta el suministro sea corto, puede ser una buena práctica no sólo para el ahorro de energía, es la oportunidad de reducir el exceso de humedad alrededor de la base del tallo y de la raíz, esto disminuye la posibilidad de enfermedades. Adicionalmente la técnica es conocida para promover el crecimiento de la raíz y de su actividad. Es importante ajustar los periodos de corte dependiendo del ambiente (temperatura y humedad), principalmente si hay una demanda mayor de agua (Hamilton, 1988).

2.5 Ingeniería del sistema hidropónico

Resh (1995), comenta que para elegir el sistema hidropónico correcto se debe tomar en consideración: tamaño del lugar, el tipo de construcción, nivel de automatizado a

implementar y que presupuesto se tiene, si el sistema contempla utilizar sustrato o no y cuál es el método más adecuado para el cultivo específico que se desea cultivar.

Las instalaciones del sistema NFT varían de acuerdo al diseño, pues cada productor escoge una combinación de costo, comodidades y tipo de cultivo. La clave del sistema son los canales de cultivo (Ríos, 1995), ya que estos pueden ser de film plástico o PVC y la segunda consideración es la forma del riego que toma en consideración si se usa sustrato o no (Ellis, *et al*, 1974). Es imprescindible contar con un buen diseño del sistema, puesto que de él dependerá las actividades como el mantenimiento, la limpieza o el suministro de la solución de nutrientes se puedan llevar a cabo cómodamente (Morgan, 1999).

Existen diversas modalidades del sistema “NFT”, sin embargo, todas ellas se conforman de los siguientes elementos: tanque colector, canales de cultivo, bomba, red de distribución y tubería colectora o de drenaje y soportes o caballetes (Urrestarazu 2004, Samperio 2004, Rodríguez *et al*, 2004).

2.5.1 Características de los materiales.

Es necesario que los materiales sean resistentes, y sobre todo rígidos, para asegurar que tanto los canales como sus puntos de conexión mantengan la pendiente requerida (Morgan, 1999). Los materiales deben ser resistentes a la degradación por rayos solares (Samperio, 2004) y que no se ondulen cuando el sol incide en ellos (Cooper 1982).

En sistemas recirculantes de NFT, Cooper (1996) citado por Urrestarazu (2004), indica como el proceso de fabricación del PVC flexible utiliza sustancias que, tras la recirculación constante de la solución nutritiva, provocan la aparición o liberación de productos fitotóxicos que pueden producir importantes efectos negativos en el normal crecimiento de las plantas. El PVC rígido y el Polietileno (PE) presentan un comportamiento inocuo, no así el PVC flexible. Las fitotoxicidades pueden ser severas, con una mortalidad rápida,

pueden aparecer síntomas como amarillamiento de las hojas, o parte de ellas, deformación y mortandad de las hojas (Cooper 1982).

Se construyen normalmente con polietileno negro sobre blanco de 6 a 10 milésimas de pulgada (0,15-0,25 mm) de grosor, el polietileno más grueso proporciona una superficie más lisa e igualada para la difusión más uniforme de la solución; la lámina se coloca con la cara blanca hacia afuera para reflejar la luz y reducir la insolación, los bordes se levantan y se sujetan con grapas entre las plantas formando un canal (Resh, 2006). También los canales pueden ser tubos sanitarios de PVC rígidos de 3 pulgadas de diámetro (Resh 1995), a los cuales será conveniente pintar exteriormente con pintura blanca aluminizada, para evitar que se caliente la solución. En el centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral (CIHNM) de la Universidad Agraria La Molina (UNALM) se ha desarrollado una modificación del sistema NFT. En un área de 100 m² se pueden cultivar 2 300 lechugas (23 lechugas/m²) mensuales, desde la etapa de post-almácigo o primer trasplante. El sistema recirculante instalado e implementado permite mantener una capa de solución nutritiva en los canales de cultivo de una altura de 15 a 20 mm durante el tiempo que esta no circula, un buen porcentaje de las raíces están permanentemente sumergidas en la solución. La circulación de la solución no es constante sino intermitente, por periodos de 15 minutos cada media hora, lo cual permite reducir el consumo de electricidad de 24 a sólo 12 horas por día.

2.5.2 Tanque colector

Tiene la función de almacenar la solución nutritiva a través del periodo de cultivo. Su elección dependerá del tipo de material, tamaño y aislamiento. Idealmente los tanques colectores deberán ser de material de PVC. No es aconsejable localizarlos bajo el nivel del suelo donde exista una capa freática, por posibles levantamientos y ruptura de la instalación. El volumen del tanque está en función directa del número de plantas y de las

especies a cultivar (Tabla no.4) y modalidad de corrección química de la solución nutritiva (sistema de corrección manual o automático) y del volumen remanente en el tanque, que asegura que la bomba no deje de funcionar. Una planta de lechuga al momento de cosecha consume aproximadamente 0,3 litros de solución por día. Se deberá optar por volúmenes de solución al menos que dupliquen los requerimientos diarios del cultivo (Urrestarazu, 2004).

En muchas instalaciones la capacidad del tanque sólo representa entre el 10 y el 15 % del volumen total de solución que circula en el sistema, ya que el resto se encuentra contenido en las tuberías y canales. Sin embargo, cuando se realiza riego intermitente, el volumen disponible tiene que ser bastante mayor para acumular toda el agua en el momento de que la bomba está apagada (Magán, 2011). Algunas instalaciones operan con un volumen del tanque que representa sólo el 20-30% del volumen total de la solución, esto ahorra espacio en el invernadero y en el costo de construcción, y requiere seccionar el sistema y controlar el flujo de la solución con válvulas (FAO, 1990).

Tabla no 4. Cálculo de la capacidad del tanque según la especie cultivada

Especie	Volumen Solución consumida (*) (L planta ⁻¹ día ⁻¹)	Densidad plantación (planta m ⁻²)	Capacidad del tanque (**) (L m ⁻²)
Lechuga	0.3	24	9
Tomate	2.5	5	16
Pepino	3.0	5	19

* Para una planta en su máximo estado de desarrollo

***Este valor al multiplicarse por la superficie real del cultivo, estima el tamaño del tanque.

Se considera un 25% más del volumen consumido como volumen remanente.

Fuente: Urrestarazu (2004).

Según Morgan (1999) también se puede seleccionar un tanque que disponga de una capacidad de almacenamiento, como mínimo el 50% de su capacidad total, es decir que sea capaz de almacenar el doble de solución nutritiva en circulación (esta es la capacidad mínima). A mayor volumen de nutrientes menor número de veces se debe modificar o añadir solución para garantizar una CE óptima. Se puede calcular el volumen del tanque empleando la siguiente relación:

$$\begin{aligned} \text{Tamaño mínimo (l)} = & 2000 \times N \times L \times A \times P + L_1 \times (d_1 \times .5)^2 \times 3,1416 \\ & + L_2 \times (d_2 \times .5)^2 \times 3,1416 \\ & + L_3 \times (d_3 \times .5)^2 \times 3,1416 \dots \end{aligned}$$

Donde: N es el número de canales

L es la longitud de los canales (m)

A es la anchura de los canales (m)

P es la profundidad de la solución en los canales (m)

$L_{1,2,\dots}$ es la longitud del conducto de suministro

$d_{1,2,\dots}$ es el diámetro interno del conducto de suministro (m)

A ello debe añadirse el volumen de solución que regresa al tanque a través de los canales de drenaje.

La posición del tanque determina la dirección en que fluye la solución en los canales de cultivo, y es situado en el extremo central del área, con la finalidad de tener un buen acceso a él sin peligro y poder maniobrar y dar la misma distancia a los diferentes módulos de la zona de cultivo (foto no.3). La excepción a esta posición que la pendiente no sea la conveniente, o bien que sea difícil excavar para colocar el tanque en posición (Hamilton, 1988).



Foto no.3 Tanque colector

Es importante considerar el aislamiento del tanque colector, para evitar que la solución se caliente; mientras más grande es el tanque, la fluctuación de la temperatura será menor. También es importante que no se tenga incidencia de luz que provoque el crecimiento de

algas, las cuales consumen el oxígeno de la solución, aumentan la degradación de compuestos químicos de esta y favorecen la contaminación con restos orgánicos. El tanque debe tener tapa o cubierta (Morgan, 1999).

Según Mason (1994) hay dos modalidades para el tanque: se puede tener sólo un tanque desde donde se bombeará hacia los canales de cultivo y la solución nutritiva regresará a él por gravedad (circulación sencilla), o bien, tener dos tanques, uno que servirá de receptor de la solución de los canales y, desde él, se bombeará a un segundo tanque de donde se alimentarán los canales de cultivo por gravedad (doble circulación). La ventaja de tener dos tanques, es que se puede seguir operando por algún tiempo, si el bombeo cesa por alguna falla en la bomba, y en el caso de necesitar calentamiento, es más fácil su manejo.

Los cultivos comerciales de áreas grandes, por lo general utilizan el esquema de circulación sencilla, fraccionando la extensión aproximadamente en 0.25 ha, área conveniente de manejo. Los pequeños productores utilizan un esquema de circulación simple por espacio, forma y economía. Mientras más tanques se tengan implica más trabajo de mantenimiento, se debe equilibrar el área de bombeo, la distancia de los canales y la capacidad del tanque con los canales de cultivo (Hamilton, 1988).

2.5.3 Bomba

Este componente es clave en el sistema, tanto por sus características así como por su funcionamiento y operación. Deben considerarse dispositivos de alarma que indiquen una interrupción no deseada. Una detención prolongada puede traer serios inconvenientes que podrían causar la pérdida total de la producción (Rodríguez *et al*, 2004). La bomba normalmente se ubica junto al tanque colector, capaz de realizar la carga de bombeo. Generalmente se contemplan dos bombas juntas para suministrar automáticamente el bombeo si una de ellas falla (FAO, 1990). La mayoría de los sistemas hidropónicos utilizan

bombas centrífugas, todas ellas tienen una fuerza de succión máxima de poco más de 10 m. (Morgan, 1999). Existen dos tipos de bombas: sumergibles y no sumergibles; las primeras requieren menor cantidad de energía para el arranque y son más silenciosas, pero son más costosas. 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, gravitante 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 de la bomba, para que resista gran cantidad de horas en funcionamiento.
- b) Resistencia de la bomba a la acción corrosiva de la solución nutritiva a través del tiempo, ya que tiene una relación directa esta propiedad con la vida útil de la bomba.

La potencia de la bomba depende del tamaño de área de producción, adecuándose a las necesidades de caudal aproximadamente de 2 a 3 L/minuto por canal de cultivo para plantas de porte pequeño; para cultivos de mayor desarrollo radicular como (apio, tomate), este flujo debe ser superior (Rodríguez *et al*, 2004).

El caudal (Q) será igual a el volumen aplicado a cada canal (2 L/min) multiplicado por el número de canales a suministrar.

La potencia del motor se calcula con la fórmula siguiente:

$$N = \frac{Q \cdot H_m}{45 \cdot n}$$

Donde: N: potencia del motor (cv)

Q: caudal a ser bombeado (L/min)

Hm: altura manométrica (m) altura geométrica de los canales al reservorio más la altura de carga de los accesorios por donde la solución pasará.

n: rendimiento de la bomba (%)

2.5.4 Canales de cultivo

Los canales de cultivo son determinantes en el éxito del sistema NFT. Su conformación, su profundidad y longitud, influyen en la calidad del producto final (Furlani *et al*, 1999). Son tres importantes aspectos: material de elección (liso), que se coloquen con una cierta pendiente (1 a 2 %), y considerar la velocidad de flujo en el canal de entrada (Cooper 1982). Según Morgan (1995), se ha comprobado que los mejores resultados se obtenían en canales de 80 mm de anchura, 40 mm de profundidad y una pendiente de 1,5%. Asimismo, cuando dichos canales alcanzaban los 3,1 metros de longitud el caudal óptimo era de 0,2 litros por minuto.

Según Cooper (1982), solo puede lograrse que los canales cumplan con el requerimiento del sistema NFT (sin depresiones), de dos formas: 1) que los canales sean de concreto (aunque hoy en día ya no se usan) o, bien 2) utilizar un canal que tenga la base rígida con una cierta pendiente. El canal de cultivo, permite sostener a las plantas, y que la solución nutritiva circule a través de ellos.

Los canales deben estar cubiertos por tres razones: 1) previene pérdidas por evaporación; 2) restringen la entrada de luz previniendo el crecimiento de algas y 3) ayudan a controlar la temperatura radicular (Nelson, 1991).

Según Furlani (1999) varios tipos de canales pueden ser utilizados (Figura no 4). A continuación se describen en forma general:

a) Filme plástico (Figura no. 5): son baratos pero trabajosos, de difícil manipulación y necesitan una base baja y muy bien nivelada, generalmente se utiliza sustrato (cubos de lana de roca), lo que dificulta la aireación y el flujo de la solución (Resh, 1989). Lim (1986) citado en el manual de la FAO (1999), menciona que no se recomiendan en zonas tropicales, o donde están expuestos directamente a la luz del sol, por el calentamiento de los mismos.

El canal NFT con un falso fondo o con diferentes fondos puede ser la solución a la oxigenación (Resh, 1989), ya que el agua se mueve verticalmente pasando por la raíz de la

planta al mismo tiempo que lateralmente, este principio desarrollado en Dinamarca es usado por la marca “NGS” (Figura no.6).

NGS® (New Growing System, por sus siglas en inglés), representa una nueva forma de cultivo hidropónico recirculante, desarrollado completamente en Almería, España, La longitud de las líneas no debe exceder los 30 m y la estructura debe ser capaz de soportar el peso de un cultivo a la madurez.

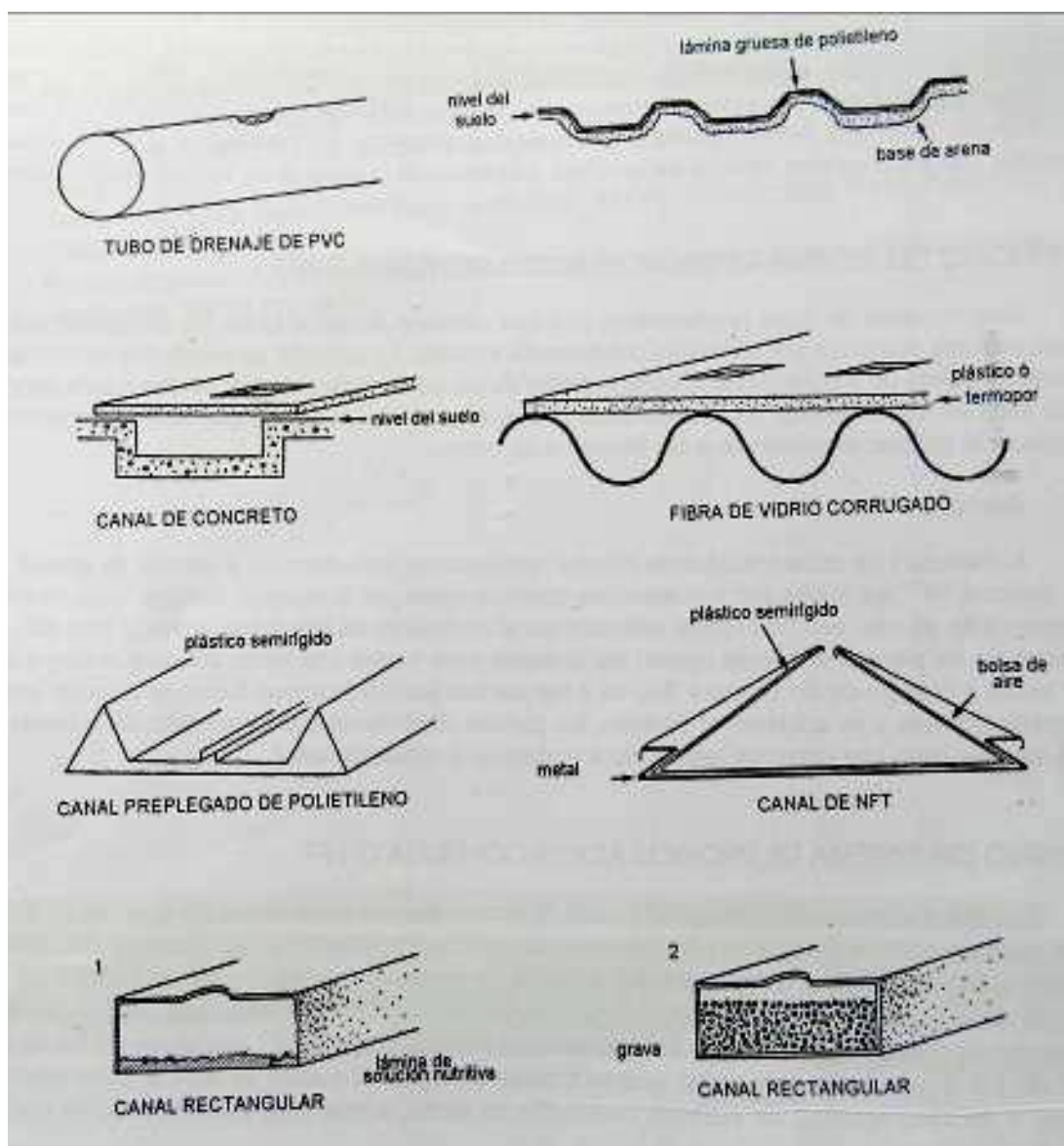


Figura no, 4 Tipos de tubos y canales de cultivo. (Ríos, 1995)

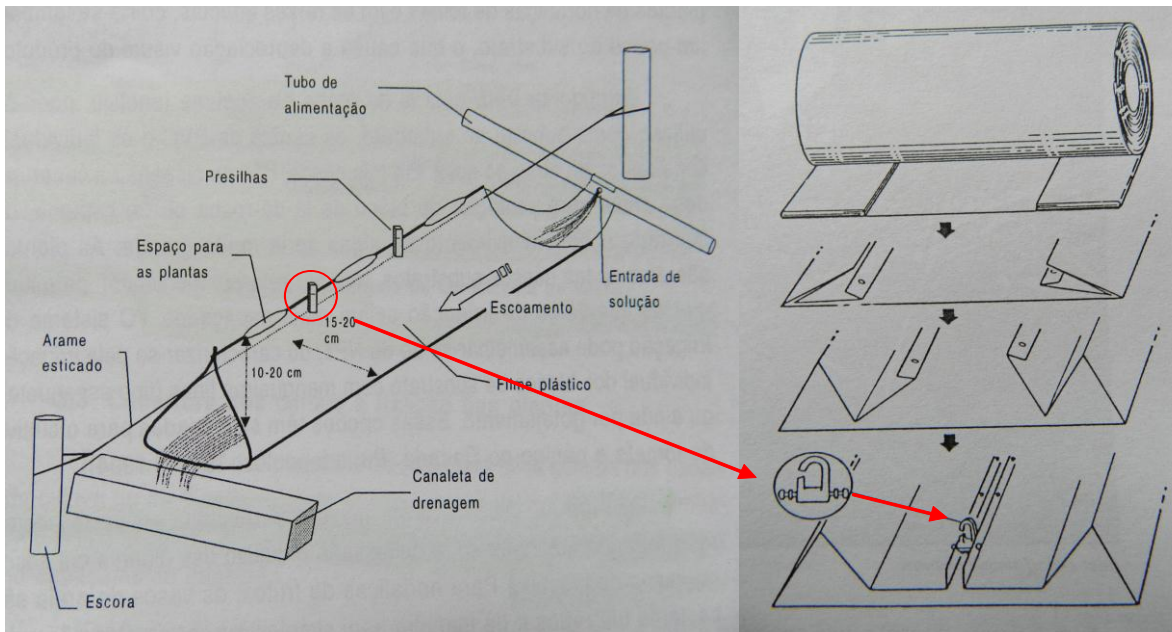


Figura no. 5 Canales de film plástico
Fuente: Furlani (1998), Cooper (1982).



Figura no.6 Sistema NGS

Fuente: www.infoagro.com/hortalizas/lechuga.htm

b) Tejas de asbesto (Figura no.7): tejas con ondas bajas (2,5 cm e altura y espaciadas 7,5 cm), son indicadas para la producción de plántulas, poseen con frecuencia 0,5 m de ancho por 2,44 de largo, son relativamente baratas, pero exigen atención en el montaje y se necesitan revestir con un filme plástico para evitar el contacto con la solución nutritiva. El

asbesto es cancerígeno. Otra desventaja, presenta limitaciones en espacio que siempre obedece a 7.5 cm

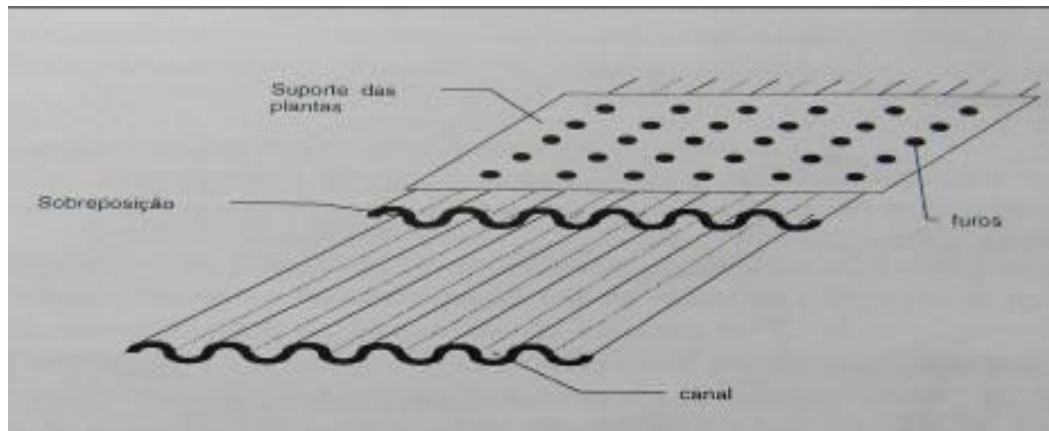


Figura no.7. Tejas de asbesto
Fuente: Furlani 1988

c) Tubos de PVC (Foto no 4): Tubos de PVC utilizados para el drenaje de agua, son los más encontrados en sistemas de NFT, cerrados o cortados por la mitad, pueden unirse fácilmente el número de tubos necesarios, aunque la longitud máxima recomendada es hasta 15 m, para evitar una falla en la oxigenación de la solución nutritiva: a mayor longitud, menor disponibilidad de oxígeno para las raíces. Los tubos de PVC sirven para todas las fases del cultivo en sus diferentes diámetros, 40-50 mm para plántula, 75-100 mm, para fase intermedia y 100-200 mm en fase definitiva. Estos tubos por lo general se utilizan en el sistema de 4 pulgadas (Ríos, 1995). Los tubos circulares dificultan tanto el logro de una lámina fina, como la obtención de un sistema radicular expandido. Si las plantas se encuentran en un canal de cultivo de sección cóncava o circular se recomienda disminuir este el flujo, el cual permite cumplir el principio del sistema “NFT”, es decir que las raíces se encuentren parcialmente sumergidas, y sólo una lámina delgada de solución circule a través de ellas. Se pueden utilizar tubos de 3” y se perforan en el lado superior, agujeros de 1,5” cada 20 cm para cultivo de lechuga. Para colocar las plantas en los canales se utilizan vasos plásticos de 1 onza que encajan perfectamente en los agujeros. Se utilizan tubos de PVC de 4” cuando se cortan por la mitad y sobre los canales se colocan planchas de poliestireno expandido o termopor de 1” con agujeros de 1.5 cada 20 cm. (Rodríguez et al,

2004). Es aconsejable pintar los tubos con pintura aluminizada para bloquear la entrada de luz y evitar calentamiento (Furlani et al, 1999).



Foto no.4 Canales de PVC en el CIHNM La Molina

Es preferible utilizar tubería con una sección rectangular (Figura no.8), aunque estos canales deben importarse desde países como EEUU, Australia, lo que elevaría el costo de producción. Los canales generalmente ya vienen perforados; éstos se acoplan a través de conectores. No siempre están disponibles y su costo es elevado.

En esta disposición rectangular se encuentra el sistema Agri-System, en California (Resh 1993), de un costo muy elevado, es para invernaderos muy tecnificados y automatizados.



Figura no.8. Canales rectangulares
Fuente: Catálogo de General Hidroponics

d) Tubos de polipropileno (Figura no.9): Presentan una forma semicircular, son comercializados en tamaños definidos, diámetro pequeño de (50 mm), medio de (100 mm) y grande de (150 mm), son utilizados preferentemente para la producción de plántulas. Su limpieza es más difícil, y por ser de polipropileno necesitan de revestimiento interno (Furlani et al, 1999).



Figura no.9. Canales de polipropileno

Existen canales Rehau, canales de 12 pies de largo, los canales están soportados por un banco tubular de hierro galvanizado, el canal tiene una pendiente de 2%, desde el terminal de entrada hasta el de salida. Un canal receptor en el terminal de salida devuelve la solución al tanque, en esta estructura la densidad de las plantas es de 27 plantas/m² de superficie de cultivo. Esta densidad es ligeramente inferior al sistema de balsas, pero algo superior al del sistema NFT de doble fila (Resh, 2004).

La **pendiente** longitudinal de los canales de cultivo es importante porque permite el retorno de la solución al tanque colector y, a su vez, no permite que la solución se estanque en las raíces ocasionando daños. La pendiente, generalmente, oscila aproximadamente en un 2%; pendientes superiores dificultan la absorción de agua y nutrientes. Una inclinación del tubo equivalente de 0.5 a 1.0 cm por cada metro lineal del mismo, será suficiente, (Samperio 2004). En relación a la longitud de los canales de cultivo, longitudes hasta 15 m favorece la oxigenación de la solución nutritiva en longitudes mayores, la concentración del oxígeno disuelto en la solución disminuye en el extremo terminal del canal (Urrestarazu, 2004). En el modulo modificado de La Molina no hay pendiente, en los canales de cultivo

la solución nutritiva siempre queda a una altura de 2 cm, principalmente durante los intervalos de tiempo que la bomba se apaga con un timer (Rodríguez *et al*, 2004).

Los principales requerimientos de un canal de cultivo para su elección en este sistema, debe cumplir lo siguiente (Ríos, 1995):

1. Tener suficiente espacio y tamaño para alojar las raíces de la planta.
2. Ser químicamente inerte frente a la solución nutritiva y a las plantas que se cultivan.
3. Ser rígidos para no formar depresiones entre los soportes y el terreno.
4. Estar lo más aislado posible de los factores ambientales externos como: temperatura, radiación solar, contaminación, plagas y enfermedades.
5. Ser lo más económico posible.

Un litro de solución nutritiva es suficiente para conseguir una capa de 2mm de profundidad, 100 mm de anchura y 5 m de longitud a una pendiente cero. Con este dato se puede calcular con facilidad el volumen de solución y el suministro requerido en un sistema hidropónico de lechugas estándar. La siguiente fórmula permite calcular un correcto funcionamiento del sistema (Morgan, 1999):

$$\text{Volumen de un canal con pendiente 0 (V) Litros} = 100 \times L \times A \times P \text{ (m)}$$

Donde: L es la longitud (m)

A es la anchura (m)

P es la profundidad (m) de la solución en el canal

Si el canal tiene una sección circular, A x P deben ser sustituidos por:

$$\{(A/2)^2 \times 3.1416\} \times P/A$$

La pendiente del canal determinará, dependiendo del flujo, la profundidad, debido a su influencia en la velocidad de la solución. Una pendiente más acusada permitirá mayor

volumen de agua y una menor profundidad, mientras que al reducir la pendiente se obtendrá mayor profundidad y un flujo proporcionalmente menor.

2.5.5 Redes de distribución y colectora.

Las redes de distribución (foto no.5) y de recolección (foto no.6) de la solución nutritiva son cerradas. Llevan la solución nutritiva hacia los canales de cultivo y sus diámetros y dimensiones dependen del volumen de solución nutritiva que se transporte a través del sistema; se prefieren de materiales de PVC (Rodríguez *et al* 2004).



Foto no.5. Red de distribución

Uno de los requerimientos a considerar es la distancia de la descarga de la solución nutritiva desde la tubería colectora hacia el tanque colector, ya que a mayor distancia (por lo menos 50cm), se origina mayor turbulencia y, por ende, mayor oxigenación.

El canal de drenaje puede considerarse un canal más y utilizar la fórmula anterior cuando se necesita calcular el tamaño, la pendiente y las secciones entre conductos de suministro



Foto no.6. Red de recolección

necesarias para transportar el volumen de la solución desde cada canal y hasta el tanque de nutrientes.

$$\text{Canal de drenaje en cada área (m}^2\text{)} = \frac{1,2 \cdot (v/1000 \times n)}{\ell}$$

Donde: V es el volumen de solución en cada canal (L)

n es el número de canales por canal de drenaje

ℓ es la longitud del canal de drenaje (m)

* El factor 1,2 permite una sobreestimación del 20% del tamaño del canal para prevenir acumulaciones.

La filtración comenta Cooper (1982), es necesaria sólo cuando se utilice sustrato que pueda desprender partículas a la solución nutritiva que está circulando, es conveniente un filtro que retenga las partículas que retornan al tanque para que estas no se sedimenten o floten en él y puedan causar un problema con la bomba. Un colador o malla de nylon es ideal para este propósito. Si es necesario un filtro mejor se colocará entre la bomba y la entrada de los canales de NFT dónde sea fácil de quitar para limpiar.

2.5.6 Bases o soportes

La base que soporta los canales de cultivo (foto no.7), debe ser rígida y no flexible, pues debe soportar tanto el peso de la instalación como la del cultivo, así como ser resistente al deterioro o degradación. Generalmente se construyen de madera o metal (Samperio 2004). No tienen contacto con la solución nutritiva, sólo sirven de soporte para una altura conveniente de manejo y facilita la nivelación requerida, por lo general se montan a una altura de 80 cm del suelo y presentan 1,5 a 2m de ancho (Faquin *et al*, 1996). Para plantas de porte pequeño (como es el caso de la lechuga), se recomienda 1 metro por cada sección multitubos, para que una persona pueda trabajar (Hamilton, 1988), en el caso práctico en el Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición en la Universidad Nacional Agraria La Molina, los módulos se conforman de 2 tubos ensamblados de 6 metros cada uno a lo largo y a lo ancho 8 tubos separados entre sí 12 cm conformando una sección de 12 m x 1,40 m (foto no 8), módulo que puede ser replicado cuantas veces sea necesario en el espacio disponible y que a su vez permite un buen trabajo y circulación de la solución con una buena oxigenación (Rodríguez, comunicación personal).

Estas estructuras proporcionan una altura adecuada de manejo en el caso de la lechuga, no necesaria en otros cultivos, y aunque agregan costo a la instalación (Cooper, 1982), también aíslan al cultivo del contacto con el suelo y de una mayor facilidad de contacto, confieren mayor utilidad al espacio, ya que es menor el pasillo de una persona que trabaja parada que sentada o en cuclillas y facilitan la supervisión del la tubería de drenaje y su pendiente.



Foto no.7 Soportes metálicos instalados en el CIHNM en Perú.



Foto no. 8. Módulos de 12m x 1.40m en el CIHNM La Molina

2.6. Etapas del cultivo

La producción hidropónica de lechuga demora aproximadamente 45-50 días en el verano, desde la siembra hasta la cosecha, en los canales permanecen 30 días. La producción en este sistema es intensiva es por eso que cada canal puede producir hasta once veces al año (el otro mes incluye los días empleados para el mantenimiento, desinfección, lavado de canales, etc.) (Rodríguez *et al*, 2004).

Según Furlani (1998), existen tres etapas de crecimiento en el cultivo de lechuga; maternidad o almacigo, intermedia; trasplante a un sistema conocido como “floating”, donde se trasplantan las plántulas a una plancha de termopor a una mesa estilo piscina donde tiene una lámina constante de 4 a 8 cm de solución nutritiva y, por último, definitiva, que es el trasplante a los canales de cultivo.

2.6.1 Almacigo o semillero

La elección del medio de cultivo depende de varios factores: la capacidad de retención de agua, la ventilación, la manipulación y el costo. Para el cultivo de lechuga no se necesitan grandes cantidades de medio, pero este debe proveer las condiciones físicas necesarias para un rápido crecimiento. Según Morgan (1999), las opciones de sustrato que se pueden encontrar son:

Bloques de oasis: Puede servir de soporte a la planta durante su crecimiento. Las planchas de oasis se separan formando celdas individuales en las cuales las plantas se desarrollan. Es totalmente higiénico, puede hacerse la siembra manual o mecánicamente. Antes de la siembra los cubos deben rellenarse de agua, no requieren que se recubra con sustrato.

Lana de roca: Tiene una capacidad de retención de agua de 80% y 17% de retención de aire, es estéril. Está disponible en planchas que puede separarse para que cada semilla tenga un contenedor individual. Debe tenerse cuidado de que no se sature de agua y puede causar irritación con alguna astilla que se clave en la piel (se recomienda trabajar con el material ya humedecido).

Perlita: Absorbe 3 o 4 veces su peso en agua, es esencialmente neutra pero sin capacidad reguladora, no tiene capacidad de intercambio catiónico y no contiene nutrientes minerales. Puede mezclarse con otros medios.

Vermiculita: Completamente esterilizada, es ligera, de reacción neutra y con una buena capacidad reguladora. Tiene capacidad para absorber gran cantidad de agua y una alta capacidad de intercambio catiónico.

Piedra pómez: Inerte, blanda y ligeramente coloreada, es rica en sílice, pero pobre en hierro y magnesio. Es muy porosa y permite que suficiente humedad quede retenida para las raíces y sus propiedades de drenaje le confieren la ventaja de tener buena capacidad de ventilación.

Arena: Su composición mineral varía, dependiendo del tipo de roca de la que procede y de su erosión. Debe adquirirse pre-lavada, para eliminar cualquier resto de sal y de limo que pudiera contener hongos o semillas de hierbas no deseadas.

De los sustratos arriba indicados, los más apropiados desde el punto de vista económico, son la piedra pómez, arena, perlita y vermiculita. Los bloques oasis son relativamente caros, y los de lana de roca, además de ser tener un costo significativo, no se descomponen, por lo que contaminan el ambiente.

Se utilizan charolas de almacigo, que consisten en cubos de poliuretano como medio de sostén de las plantas en alguna mezcla de sustrato para trasplantarlas a raíz desnuda. Debe tenerse especial cuidado en mantenerse constantemente húmedo, pero evitando el aposamiento de los contenedores, para que así dispongan de una adecuada aireación. Para regar el almacigo es recomendable utilizar una regadera para evitar el riego directo, se riega con agua solamente, hasta que aparezcan las hojas verdaderas cuando se proporciona solución nutritiva a la mitad de concentración (Carrasco *et al*, 1996). Deben colocarse en el invernadero a una temperatura de 15 a 18° C.

El sustrato puede ser perlita, vermiculita, arena o tezontle finamente cernido. Sea cual fuere debe nivelarse muy bien para que al trazar los surcos (si se usa caja de madera o plástico), y depositar las semillas no queden unas más profundas que otras; esto afectaría la uniformidad de germinación y del desarrollo inicial (García *et al*, 2005).

Las semillas deben plantarse en hileras a una distancia de 5 cm, a una profundidad de 0.5 cm, y luego de sembradas se cubren con una pequeña capa del mismo sustrato,

presionándose suavemente para eliminar el exceso de aire que pueda haber quedado alrededor de la semilla. Dos veces por semana se escarda (romper la capa superficial que se forma en el sustrato por efecto de los riegos continuos) y se aporca (acercar el sustrato a la base de las plántulas), para mejorar el anclaje y desarrollo de sus raíces (García *et al*, 2005).

Morgan (1999) también recomienda que las semillas se puedan dejar al descubierto, ya que requieren luz para germinar. La luz llega a la semilla cuando la capa protectora, tras absorber la humedad se abre. Cuando las dos primeras hojas estén plenamente expandidas, las plantas deben recibir una solución nutritiva diluida, a un nivel de conductividad de 0,5 a 0,6 mS/cm, se puede usar la misma fórmula para las plantas ya maduras, sólo que diluida. Un nivel de conductividad alto (2mS/cm), puede proporcionar plantas más pequeñas y resistentes, más adaptables a sistemas al aire libre una vez trasplantadas. A los 7 días antes de ser trasplantadas al sistema hidropónico, la conductividad puede aumentarse a 0,5-1 mS/cm, esto ayudará a la raíz a ajustarse a los niveles de conductividad más elevados en los que crecerá, y refuerza a la planta ante cualquier contratiempo que pueda sufrir durante su trasplante.

2.6.2 Trasplante intermedio o pos-almácigo

Se realiza cuando las plántulas tienen tres a cuatro hojas verdaderas o cuando lleguen a medir 5 a 8 cm de altura (aproximadamente 15 días después de la germinación). Unos 3-5 días antes del trasplante se disminuye la cantidad de agua aplicada y se le da mayor exposición a la luz (García *et al*, 2005).

El sistema de “floating”, o raíz flotante se llama así porque las plantas al ser trasplantadas del semillero a de este método, la raíz queda sumergida en el agua y, la parte aérea de la planta, sostenida por una plancha de termopor. Se deben tomar las plantas del semillero con cuidado para que la raíz no se lastime, se lava con agua limpia para que no quede sustrato, se le pone alrededor del cuello del tallo una esponja tratando de no tocar la raíz, y se coloca

cada plántula en el hoyo hecho en la plancha de termopor que flotará en un contenedor lleno con 8 a 10 litros de agua (Palomino, 2008). El contenedor puede ser de madera impermeabilizado con plástico negro grueso (6 micras), donde permanecerán las plántulas dos semanas aproximadamente hasta que sus raíces hayan alcanzado una longitud adecuada para finalmente ser trasplantadas a los canales de cultivo. Se proporciona solución nutritiva cuidando el pH y la CE para lograr un adecuado crecimiento de las plántulas, oxigenar la solución por lo menos dos veces al día. (Rodríguez *et al*, 2004).

Una vez trasplantadas las plántulas es conveniente verificar que las raíces se encuentren en contacto directo con la solución nutritiva, ya que cuando se colocan en el sistema, sus raíces pueden quedar atrapadas entre el contenedor y el borde interno del orificio de la lámina de poliestireno (Carrasco, *et al*, 1996).

2.6.3 Trasplante definitivo

En esta etapa las plantas estarán en los canales de cultivo hasta la cosecha, etapa que dura aproximadamente 4 semanas. Se eligen las mejores plantas, con las raíces bien desarrolladas, y extraerlas con cuidado de la plancha de termopor, y se colocan en vasos de plástico perforados de 1 onza, o bien en macetas plásticas de 3 onzas (foto no.9). En la base del vaso o maceta se hace un pequeño orificio para que pasen las raíces. No retirar la esponja y tener cuidado que las raíces atraviesen el orificio del vaso, de lo contrario podrían dañarse. Se colocan los vasos en los agujeros de los canales, se debe tener cuidado de que las raíces lleguen a la solución nutritiva (Rodríguez *et al*, 2004).



Foto no. 9 El Profesor Rodríguez coloca la plántula a etapa definitiva

2.6.4 Recolección

La lechuga como el resto de hortalizas de hoja, se marchitan y estropean con facilidad, es muy sensible a la pérdida de agua y si no se toman medidas para evitarlo. La lechuga debe recolectarse a primera hora de la mañana, cuando la temperatura es todavía baja. La lechuga hidropónica suele recolectarse con la raíz intacta para aumentar su vida durante el almacenamiento y para que no se marchite (Morgan, 1999).

Las siguientes técnicas propuestas por Morgan (1999) son muy importantes para un correcto mantenimiento y para evitar daños ocasionados por temperaturas excesivamente elevadas:

- Recolección durante las horas con temperaturas más bajas.
- Empaquetar en un recipiente fresco
- Almacenar la cosecha en un lugar sombreado justo después de su recolección
- Transportar la cosecha en vehículos cubiertos
- Evitar almacenar la cosecha a temperatura ambiente

De ser posible, emplear una infraestructura para mantener la cosecha a bajas temperaturas. Si no se dispone de esta infraestructura deben seguirse los consejos anteriores e introducir la cosecha en el mercado tan rápido como sea posible.

La lechuga debe almacenarse y transportarse separadamente de aquellos productos que producen etileno (como por ejemplo, la manzana, la pera, el tomate, el melón y el plátano). La utilización de bolsas para retener la humedad en los paquetes comerciales ayuda a que la pérdida de agua sea menor, se recomienda perforar dichas bolsas para facilitar la ventilación y el intercambio de gases.

Tras su recolección la lechuga sigue viva y continúa su respiración y pierde agua a través de la transpiración. Asimismo, sigue siendo susceptible a enfermedades, a los productos químicos y al deterioro fisiológico.

2.7 Elección de la variedad a cultivar

Existen un gran número de variedades cultivadas que se adaptan a una gama amplísima de climas, en términos generales puede decirse que las lechugas prefieren climas templados y húmedos. Las hojas se disponen primeramente en roseta y después se aprietan unas junto a otras formando un cogollo más o menos resistente y apretado en unas variedades más que en otras (García *et al*, 2005). Para el cultivo hidropónico de lechuga, se favorece el cultivo de las de tipo butterhead, también llamadas “mantecosas”, forman una cabeza central, sus hojas son de textura suave de alta palatabilidad, en la figura no.10 se muestra los tipos de variedades que existen Las variedades utilizadas en NFT son precoces en relación a otros tipos de lechuga existiendo variedades de primavera-verano Cuadro no.2 y otoño-invierno Cuadro no.3 , es de cuidado elegir la variedad de acuerdo a la estación, ya que a altas temperaturas se produce la inducción del tallo floral de la lechuga, y se pierde su calidad comercial (Carrasco, *et al*, 1996).

Grupos morfológicos:	Nombre	Forma	Primavea (enero - marzo)	Verano ½ Marzo – Agosto
- Lactuca sativa, variedad longuifolia Hojas oblongas (alargadas), bordes enteros, nervio central	 Romana = Oreja de mulo  Baby leaf 		Bionda (Golden Line (Seeds of Italy) Vulcan (Sakata)	Vulcan (Sakata)
Lactuca sativa, variedad capitata. Forman un cogollo de hojas apretadas.	Batavia (abierto) Grandes hojas Iceberg  Mantequilla Trocena  		Mariola (Seminis) Edurne (Syngenta) Arab (Zeta seeds) Venegia (Seminis) Maravilla de verano (Enza Zaden) Simpson (Seminis) Daguana (Syngenta) Pelikan (Syngenta) Cerveira (Syngenta) Duett (Enza Zaden) Matilda (Enza Zaden) Roxy (Enza Zaden) Justin (Harris Moran)	Arab (Zeta seeds) Venegia (Seminis) Masaida (Syngenta) Maravilla de verano (Enza Zaden) Duett (Enza Zaden) Matilda (Enza Zaden)
Lactuca sativa, variedad intybácea Hojas sueltas que se cortan, colores rojizos.	 Lollo Red Salad Bowl Cracarelle 		Armantes (Syngenta) Cantarix (Enza Zaden) Rojoble (Enza Zaden) Amorix (Enza Zaden) Hardy (Enza Zaden) Bohemia (Enza Zaden) Luana (Enza Zaden) Fresca (Enza Zaden) Tuska (Enza Zaden) Devila (Enza Zaden)	Armantes (Syngenta) Cantarix (Enza Zaden) Amorix (Enza Zaden) Bohemia (Enza Zaden) Tuska (Enza Zaden) Amorix (Enza Zaden)
Lactuca sativa, variedad angustana	Se aprovecha el tallo antes de que florezca porque es tierno y jugoso.			

Cuadro no.2. Variedades Primavera-Verano

Fuente: <http://fichas.infojardin.com/hortalizas-verduras/lechugas-lechuga-iceberg-lechuga-www.servilim.com.mx>
<http://www.infoagro.com/hortalizas/lechuga.htm>
<http://www.syngenta.com/country/es/sp/productos/semillas/hortícolas/ensaladas/>
<http://isarac.mforos.com/988672/8603830-parcela-demostrativa-de-variedades->
http://www.semillascr.com/catalogo_semillas_agricolas.pdf
<http://www.enzazaden.es/Products/leafvegets/endive/>
<http://www.perusoilless.com.pe/Lechuga-Crespa.html>

Grupos morfológicos:	Nombre	Forma	Otoño (Septiembre-1/2 Octubre)	Invierno ½ octubre - ½ enero
- Lactuca sativa, variedad longuifolia Hojas oblongas (alargadas), bordes enteros, nervio central	 Romana = Oreja de mulo  Baby lea 		Bionda (Golden Line (Seeds of Italy) Xanadu (Enza Zaden) Vulcan (Sakata) tipo Lollo Rosso para babylea (Syngenta)	Bionda (Golden Line (Seeds of Italy) Xanadu (Enza Zaden)
Lactuca sativa, variedad capitata. Forman un cogollo de hojas apretadas.	Batavia (abierto) Grandes  Iceberg  Mante  Trocadero 		Negev (Zeta seeds) Mariola (Seminis) Edurne (Syngenta) Funnice (Syngenta) Magenta (Gautier) Bertina (Enza Zaden) Daguan (Syngenta) Pelikan (Syngenta) Cerveira (Syngenta) Casanova (Enza Zaden) Pronto (Enza Zaden) Roxy (Enza Zaden)	Matinale BL 1-25 (Vilmorin) Bertina BL 1-24 (Enza Zaden) Pamina BL 1-24 (Clause) Nagore (Syngenta) Magenta (Gautier) Daguan (Syngenta) Pelikan (Syngenta) Cerveira (Syngenta) Casanova (Enza Zaden) Pronto (Enza Zaden) Justi
Lactuca sativa, variedad intybácea Hojas sueltas que se cortan, colores rojizos.	 Lollo  Red Salad Bowl Cracarelle		Foxie (Syngenta) Cantarix (Enza Zaden) Rojoble (Enza Zaden) Hardy (Enza Zaden) Fresca (Enza Zaden) Tuska (Enza Zaden)	Masaida (Syngenta) Cantarix (Enza Zaden) Amorix (Enza Zaden) Bohemia (Enza Zaden) Verpia (Harris Moran) Tuska (Enza Zaden) Devila (Enza Zaden) Sanguine (Harris Moran)
Lactuca sativa, variedad angustana	Se aprovecha el tallo antes de que florezca porque es tierno y jugoso.			

Cuadro no.3. Variedades Otoño-Invierno

Fuente: <http://fichas.infojardin.com/hortalizas-verduras/lechugas-lechuga-iceberg-lechuga-www.servilim.com.mx>
<http://www.infoagro.com/hortalizas/lechuga.htm>
<http://www.syngenta.com/country/es/sp/productos/semillas/hortícolas/ensaladas/>
<http://isarac.mforos.com/988672/8603830-parcela-demostrativa-de-variedades->
http://www.semillascr.com/catalogo_semillas_agricolas.pdf
<http://www.enzazaden.es/Products/leafvegets/endive/>
<http://www.perusoilless.com.pe/Lechuga-Crespa.html>

Cuando se elige la variedad, independientemente de tomar en cuenta las condiciones ambientales favorables para el buen desarrollo del cultivo, la forma de la roseta y de la hoja, también y en gran medida la elección depende del gusto que predomine en el mercado; la lechuga tipo Iceberg, pesada y crujiente es más popular en América, en Europa del Norte predomina la lechuga más ligera de hojas sueltas y en las regiones mediterráneas, la lechuga más común es la romana.

Además del tipo de cogollo, el mercado de la lechuga hidropónica, según Morgan (1999), también está dividido en tres grupos, según el segmento de consumo:

- Lechuga de cogollo entero envasada
- Lechugas troceadas listas para el consumo- ensaladas combinadas
- Lechugas de hojas tiernas troceadas listas para el consumo

Los factores de selección de las variedades para trocear incluyen las hojas que se desprenden fácilmente, la resistencia de la hoja al lavado y los cogollos con estructura abierta. El consumidor pide colores más acusados y prefiere los rojos o verdes intensos a los marrones intermedios.

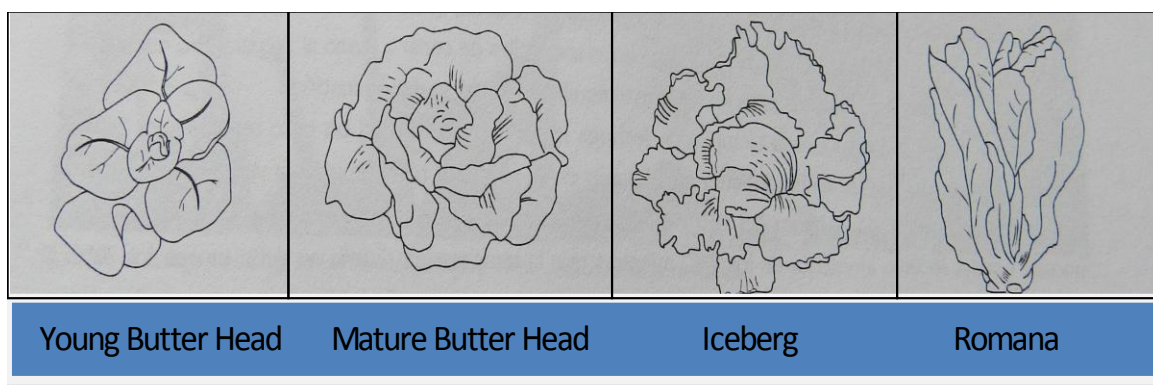


Figura no.10 Tipo de Variedades de lechuga
Fuente: Carrasco (1996)

2.8 Densidad de plantación

Por razones agronómicas, la lechuga debe plantarse a una distancia de 20 cm entre plantas, en disposición triangular, con una distancia entre tubos de cultivo de 25 cm de centro a centro del mismo (FAO, 1990).

Los cultivos en hileras o en pisos con las plantas una encima de otra, necesitan más espacio en las hileras inferiores, para que en los invernaderos la luz les llegue en buenas condiciones. En el exterior y en bancos en los que sólo hay una hilera de plantas se puede tener mayor densidad de plantas, se sugiere entre 8 y 24 plantas por m² en sistemas hidropónicos. Si no se tiene cuidado de dar el espacio necesario entre plantas se puede incrementar las probabilidades de infecciones fúngicas, un exceso de plantas también reduce la calidad de los cogollos, puesto que las hojas se “extienden” y quedan pálidas (Morgan, 1999).

Al incrementar el número de plantas por m², el costo por planta puede rebajarse. Se han efectuado un gran número de ensayos con cultivos de lechuga en tuberías verticales por las cuales goteaba la solución nutritiva, humedeciendo y nutriendo las plantas. Parece que comercialmente no es útil puesto que las diferencias de intensidad de luz causan grandes diferencias durante el cultivo entre los canales más altos y los inferiores (Resh, 2006). Schippers (1977) constituyó el sistema en “cascada”, en canales de 3 pulgadas (7.6 cm) de diámetro; éstos eran tuberías cortadas por la mitad y suspendidas unas sobre otras hasta llegar a ocho pisos, es utilizado con plantas muy pequeñas, las espinacas y algunas hierbas (Resh, 2006). Existe un sistema en cascada que ha probado el M.C. Juan P. Corona en Guadalajara Jalisco, México, con tubos de PVC (foto no.10), los cuales se distribuyen en forma vertical, con la finalidad de ahorro de espacio, pero con el inconveniente de la intensidad de luz, nutrición del cultivo y manejo sanitario.

Este sistema puede mejorar la utilización de espacio del invernadero si los canales se montan en forma de A (foto no.11). Las estructuras de A deben orientarse de norte a sur, para que la sombra de un lado no se proyecte sobre el otro. Sólo es adecuado para plantas de porte bajo, como la lechuga, las fresas. Este arreglo es ventajoso en invernaderos

pequeños cuando se simplifica en gran medida la oferta y retorno de la solución nutritiva y permite el uso de bombas mucho más pequeñas (Hamilton, 1988). La densidad que se puede alcanzar en este sistema en un espacio de 18 m x 1,10 m es de 900 lechugas (40 lechugas /m²).

La base de la estructura debe estar lo suficientemente abierta para que cada piso no dé sombra al piso inferior. La distancia entre las gradas tiene que ser la necesaria para permitir el crecimiento de las plantas. Hay que tener en cuenta todos los aspectos de oxigenación, nutrición y temperatura óptima de la solución. Cada subunidad, de aproximadamente 3 m de longitud, tendrá una conexión de entrada y una de salida al tanque de nutrientes. De forma similar, líneas de salida de cada subunidad se conectan a la tubería de retorno general al tanque de nutrientes. Los canales se apoyan en una estructura de hierro angular (Resh 2006). Los sistemas se han desarrollado para utilizar el doble de espacio y trabajar con una densidad de 40 plantas por m², son relativamente caros y su uso no es muy habitual en producciones comerciales (Morgan, 1999).



Foto no 10 Distribución Vertical

Fuente: Cortesía M.C. Juan P. Corona (Universidad Autónoma de Guadalajara)



Foto no.11. Distribución en “A”

Fuente: Cortesía M.C. Juan P. Corona (Universidad Autónoma de Guadalajara)

Resh (2006) menciona que, aunque la producción es mayor, el capital de cada sistema en cascada y el tiempo adicional requerido para limpiar cada canal entre cultivos no lo hacen económicamente factible, cuando se puede conseguir la misma producción con el sistema flotante, sin embargo, se tienen reportes del Arquitecto Federico Fuentes, productor en Cholula Puebla, México (comunicación personal) que el gasto de agua y el costo al final es menor en NFT que en raíz flotante. Sin embargo las estructuras en A se pueden aplicar a situaciones específicas en las que el espacio es muy limitado en escala muy pequeña.

También existe la distribución en estantería (figura no.11), donde pueden soportar hasta 8 pisos con los mismos inconvenientes ya mencionados, generalmente suelen emplearse de 2 a 3 pisos (Morgan, 1999).

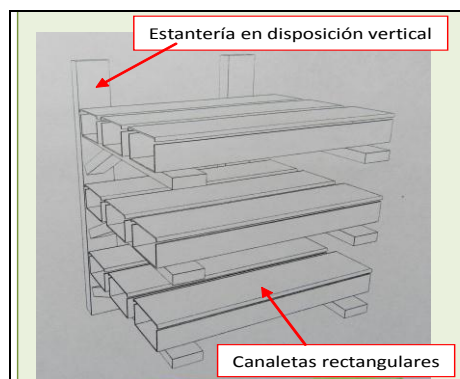


Figura no. 11. Sistema NFT en estantería.

Fuente: Morgan (1999)

2.9 Consideraciones de control sanitario.

Los ataques fúngicos en la raíz son relativamente frecuentes e incluso algunos hongos, como *Pythium spp*, pueden llegar a ser más peligrosos que en suelo, y causan importantes pérdidas por pudrición radicular. En ocasiones, las enfermedades radiculares pueden alcanzar un rápido desarrollo, al igual que ocurre con algunas enfermedades foliares, debido a que los agentes infecciosos, una vez introducidos en el sistema, son favorecidos como resultado de la abundancia de un huésped genéticamente uniforme, la existencia de un medio físico con un régimen de humedad y temperatura más constante, y la disponibilidad de un mecanismo para la dispersión rápida y uniforme del agente infeccioso radicular a través del sistema de cultivo (Magán, 2011).

En general, la combinación de higiene preventiva, la utilización de variedades resistentes y algunos tratamientos químicos debe ser suficiente para superar cualquier problema fitosanitario en cultivos a realizar por el sistema de NFT (Noguera, 1993).

Los sistemas de recirculación nutritiva utilizan algunos dispositivos que evitan la diseminación de patógenos, se emplean esterilizadores de la solución. Los esterilizadores ultravioleta eliminan bacterias y hongos, los de ozono, eliminan un gran número de esporas de hongos al igual que el esterilizador de agua caliente. Estos equipos deben localizarse al inicio de la red de distribución.

Los métodos más comunes para la esterilización del agua son el tratamiento con cloro y con rayos UV. El costo de esterilización depende del volumen que se requiera tratar y del grado de impurezas que contenga el agua en uso. Una planta de tratamiento de ozono con una cisterna de 5000 litros, una bomba y un inyector de ozono resultará costosa pero será capaz de esterilizar hasta 50.000 litros de agua al día. El tratamiento con ozono permite eliminar el hierro (Fe) y el manganeso (Mn) del agua tratada (Morgan, 1999).

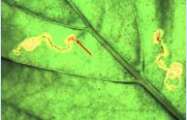
Los mismos tratamientos pueden ser utilizados para la esterilización de la solución nutritiva. La esterilización por UV, crea problemas si en la solución hay hierro, pues puede provocar que se precipite pocas horas después de la esterilización. El cloro es efectivo sólo

con los patógenos que están expuestos o bien si están suspendidos, en el agua o en la superficie de las raíces de las plantas.

Después de cada cosecha, se deben lavar y desinfectar los canales de cultivo y tuberías de distribución con una solución de hipoclorito de sodio comercial al 1%; manteniendo esta solución en los canales como mínimo 6 horas; luego se enjuagan los canales con agua. Si la cosecha es escalonada, se bloquea el ingreso de la solución nutritiva en los canales cosechados y luego éstos se desinfectan y se limpian (Rodríguez *et al*, 2004).

Solo la sanitización y la limpieza de los canales no son suficientes para mantener sanas las plantas, es necesario utilizar algún control químico, es muy difícil controlar la acumulación de residuos químicos en las plantas cuando sólo se cuenta con un reservorio de la solución nutritiva de donde se provee a plantas de diferentes edades. Cuando se aplica algún producto químico en las plantas de una zona lejana de las plantas listas para la cosecha, éstas se pueden contaminar debido a que las aspersiones pueden llegar a la solución de nutrientes que alimenta las plantas (Furlani, 1997). Hay que considerar que cualquier tipo de daño ocasionado a la planta puede convertirse en fuente de infecciones y dificultar su crecimiento (Morgan, 1999), por lo que se debe tener cuidado al manipular las plantas, principalmente en los trasplantes, las plantas siempre tienen que manipularse por las hojas y no por los tallos.

Para el manejo de plagas (Cuadro no.4) y enfermedades (Cuadro no.5), siempre es recomendado un manejo integral, reduciendo el uso de los pesticidas. Una alternativa es la utilización de trampas ecológicas (azules y amarillas) preparadas a base de adherentes entomológicos. Asimismo, se pueden realizar aplicaciones (García *et al*, 2005).

Nombre Común	Nombre Científico	Daño	Control
1) Orugas 	<i>Spodóptera exigua</i> (Hubner) <i>Spodóptera littoralis</i> , <i>Hliothis armigera</i>	Presencia principalmente en otoño, depende de las condiciones climáticas	Bacillus thurigiensis, deltametrina, cipermetrina, landa-cihalotrin
2) Trips 	<i>Frankiniella occidentalis</i> 	Directo:daños en la dermis: Indirecto: Vector del virus TSWV	Acrinatrín, deltametrin,
3) Minador 	<i>Liriomyza trifolii</i> <i>Liriomyza huidobrensis</i>	Muy dañino en primavera-verano	Abamectina, ciromazina, naled
4) Pulgones 	<i>Myzus persicae</i> <i>Narsonovia ribisnigri</i>	Dañino principalmente en primavera, evitar que se extiendan, una vez en el cogollo es imposible eliminarlo	Pirimicarb, deltametrin, taufluvalinato, imidacloprid, metomilo

Cuadro no.4 Plagas más frecuentes en el cultivo de lechuga.

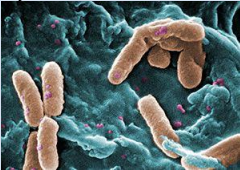
Fuente: Camacho (2003) Imágenes: 1) jumillanatural.blogspot.com 2) infojardin.com

3) Boletín informativo no.49 La Molina, 4) Alberto Fereres, seea.es

Nombre Común	Nombre Científico	Daño	Control
1) Criptogámicas			
a) Mildiu 	<i>Bremia lactucae</i>	Manchas amarillas pálido en el haz de necrosis, en el envés aparece el micelio blanquecino	Tratamientos preventivos: fungicidas de contacto como mancozeb y folpet sistémicos: benelaxil, metalaxil, fosetil-Al
b) Botrytis 	<i>Botrytis cinerea</i>	Podredumbre gris en los tejidos, se inicia en tejido muerto, desarrollo con HR altas y temp 5-18 °C	Procimidona, iprodiona, folpet, diclofluanida
c) Oidio 	<i>Erysiphe cichoracearum</i>	Aparece en años secos, micelio blanquecino pulverulento, cubriendo todo el limbo foliar	Myclobutanil, triadimefón, benomilo
d) Esclerotinia 	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Ataca el cuello destruyéndolo totalmente, formación de esclerocios, temp fresca	Solarización, metan-sodio
e) Rhizocnionia 	<i>Rhizotonia solani</i>	En semillero o en campo, produce podredumbres rojizas en las hojas a nivel del cuello	Iprodiona, pencycuron

Cuadro no.5 Enfermedades más frecuentes

Fuente: Camacho (2003), a) blogs.diariovasco.com b) ivia.es c) -- d) elhogarnatural.com, e) Boletín informativo no.23 La Molina.

Nombre Común	Nombre Científico	Daño	Control
2) Bacteriosis 	Pseudomonas y Xantomonas	Años con mucha pluviometría y temp. Suaves, necrosis generalizadas en el limbo de las hojas y los nervios	Productos cúpricos
3) Virosis 	TSWV (bronceado del tomate)	Manchas necróticas en las hojas, en primavera y verano	Eliminando el vector: <i>Frankliniella occidentalis</i>

Cuadro no.5 Continuación.....

Fuente: Camacho (2003), 2) es.wikipedia.org

Aunque no existe una definición o técnica para el manejo integrado de plagas (Integrated Pest Management IPM), en general consiste en el estructurado cuidado y monitoreo de la combinación de control biológico, la genética de la planta, las prácticas culturales y el uso de químicos como último recurso (Jensen *et al*, 1995).

Condiciones asociadas al desarrollo de infecciones incluyen el riego excesivo, drenaje pobre, falta de ventilación, alta densidad de plantas o raíces y tallos dañados (Morgan, 1999).

El efecto de la micro flora, (algas, plantas de color verde oscuro y aspecto baboso) en la zona radicular sobre la disponibilidad de oxígeno varía con el cultivo, y con la temperatura, a mayor temperatura la demanda aumenta en forma similar y existe una competencia entre la micro flora y las raíces por el oxígeno disponible en la solución, parece ser que la micro flora es más competitiva. La micro flora se alimenta de los exudados de las raíces (Urrestarazu, 2004). La forma principal de controlarla es impidiendo el paso de la luz a la solución nutritiva, su desarrollo puede suponer un problema de entrada de luz al sistema de forma que se deben pintan externamente los canales con pintura aluminizada que refleje la luz, obteniendo así oscuridad y control de temperatura.

Puede bloquear los conductos y emisores del sistema, compite por los nutrientes y evita el contacto de la raíz con la atmósfera (Hamilton, 1988). Existen varios productos para evitar

el desarrollo de algas y la mayoría de ellos contiene un 10 a un 11% de cobre (Morgan, 1999).

Los desórdenes nutricionales pueden ocasionar un mal funcionamiento de la fisiología de la planta, que resulta en un crecimiento anormal causado por deficiencia o exceso de los elementos minerales. El desorden es expresado por la planta externa y/o internamente en forma de síntomas o fisiopatías (Cuadro no.6). El diagnóstico de desórdenes nutricionales involucra una precisa descripción e identificación del desorden. Es importante detectar desórdenes nutricionales de una forma temprana, ya que pueden aparecer severos síntomas y diseminarse a toda la planta (Resh, 1993).

Nombre	Irregularidad	Causal	Control
1) Subida a flor prematura 	Se presenta la elongación del tallo floral	Exceso de temperatura y longitud del día no apropiado a la variedad, excesos de nitrógeno	Selección de variedades, no nitrogenar en exceso
2) Mal acogollado 	Cogollos acostillados y alargados en lugar de esféricos	Temperaturas altas	Elección de variedades, evitar excesos de fertilización
3) Tipburn	Necrosis marginal de las hojas jóvenes del cogollo, origina podredumbres	Estrés hídrico, salinidad, niveles carencia de calcio en las zonas periféricas del limbo	Manejo de la solución nutritiva, elección de variedades.

Cuadro no.6 Fisiopatías

Fuente: Camacho (2003), Fotos:1) Cortesía de Cultivalar A.C., 2) propia 3)

III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La recopilación de datos se realizó mediante una investigación exploratoria, descriptiva en un diseño transversal simple, es decir realizada en un sólo momento y aplicada una sola vez (Hair 2009).

La investigación exploratoria se realizó mediante tres entrevistas a profundidad con expertos en hidroponía, y con 6 encuestas a productores de lechuga hidropónica en sistema NFT, cinco peruanos y uno mexicano.

investigación exploratoria: descriptiva, diseño transversal simple	método	unidad de muestra	muestreo	Tamaño de la muestra	análisis	instrumento	preguntas
	entrevista a profundidad con expertos en hidroponía	M.C. Alfredo Rodríguez Dr. Howard Resh M.C. J. Reynaldo Vázquez		3	informe	guía de preguntas	abiertas, no estructuradas
objetivo: conocimiento técnico y económico del sistema NFT en el cultivo de lechuga							
	encuesta	productores de lechuga en sistema hidropónico NFT	no probabilístico por conveniencia	6	medidas de tendencia central	cuestionario	semi-estandarizadas personales asistidas

Cuadro no.7 Investigación exploratoria

El trabajo se realizó en tres etapas:

Primera etapa: Investigación secundaria

Esta primera etapa se realizó en el mes de Junio del 2011, en Puebla, México y consistió en lo siguiente:

- Revisión bibliográfica de los temas concernientes al trabajo.
- Con base en los datos obtenidos en el marco teórico, se presentó un esquema de aspectos estructurales necesarios para la investigación en campo de la técnica hidropónica de NFT, para el cultivo de lechuga.
- Se diseñó la encuesta que se aplicó en la segunda etapa de esta investigación a productores Peruanos, y al productor Mexicano.

Segunda Etapa: Investigación primaria

Esta etapa tuvo dos momentos:

- 1) Se realizó una primera entrevista con productor Mexicano de lechuga en sistema NFT, Arq. Federico Fuentes, y con el M.C. Reynaldo Vázquez Ortiz, con la finalidad de ajustar los datos y corroborar lo encontrado en la revisión bibliográfica.
- 2) El segundo momento se realizó en Julio y Agosto de 2011 en la estadía de investigación en Lima, Perú, de la forma siguiente:
 - Se realizó la investigación bibliográfica en la biblioteca del CIHNM en la Universidad Nacional Agraria La Molina, en el mes de Julio, se identificaron y ampliaron los datos bibliográficos previos recabados en México, con la supervisión del Profesor Rodríguez.

-Se participó en el 12º Curso Práctico Internacional de Hidroponía organizado por el M.C. Rodríguez y que tuvo lugar en la Universidad Nacional Agraria La Molina en el mes de agosto, con la participación de expertos internacionales en temas hidropónicos, como el Dr. Resh y el Dr. Chiquillanqui, donde se amplió el conocimiento de la técnica, de una forma vivencial en el manejo de diferentes sistemas.

-Se realizaron entrevistas a profundidad con expertos en el tema, M.C. Alfredo Rodríguez Delfín, Dr. Howard Resh y M.C. José Reynaldo Vázquez Ortiz

- Se definió la ficha técnica de los productores y el cuestionario a aplicar en las encuestas.

- Se aplicaron las encuestas a los productores peruanos. El grupo de productores se seleccionó de una lista proporcionada por el M.C. Alfredo Rodríguez Delfín, de productores que ha asesorado o han asistido a los cursos sabatinos que imparte el Profesor en la Universidad Nacional Agraria La Molina.

-Se codificaron, editaron y tabularon los datos de las encuestas realizadas a los productores.

-En la última semana de Agosto, se presentaron los datos y resultados de la investigación primaria y secundaria al M.C. Alfredo Rodríguez Delfín, realizada en Perú, quien verificó y validó los resultados obtenidos hasta ese momento de la investigación.

-Con los datos obtenidos, se realizó el análisis cruzado de los datos en las entrevistas a profundidad, de las encuestas a productores, y de la investigación bibliográfica.

Tercera Etapa:

Esta última etapa se realizó en México, en el mes de septiembre y octubre.

-Se evaluaron las diferentes opciones de los materiales disponibles en México, según los resultados obtenidos en la investigación primaria y secundaria.

-En México, en el mes de Septiembre se evaluaron los materiales convenientes para determinar las características más apropiadas del Módulo Hidropónico, y se realizó la propuesta más conveniente para el Municipio de Amozoc de Mota en el Estado de Puebla.

Establecidas las características del modulo de producción se realizó el estudio de factibilidad económica.

Se realizaron las correcciones requeridas y el formato del trabajo para la versión final del artículo que en coautoría se presentará en la revista mutuamente acordada entre el M.C. Rodríguez y el Comité revisor de proyecto en México, para su publicación, cuando sea la fecha pertinente según la revista o el medio de publicación elegido.

IV. INVESTIGACIÓN PRIMARIA.

4.1 Región de estudio

Las observaciones de la investigación, principalmente la investigación primaria y recopilación de experiencias prácticas en la implementación del sistema NFT, en gran porcentaje se realizó en el Perú.

Perú es un país situado en la parte occidental e intertropical de América del Sur. Limita al norte con Ecuador y Colombia, al este con Brasil, al sureste con Bolivia, al sur con Chile y al oeste con el Océano Pacífico. Su territorio se compone de paisajes diversos; los valles, altiplanos y altas cumbres de la cordillera de los Andes se despliegan hacia la costa desértica al oeste y la Amazonia, al este. El Perú es uno de los países de mayor diversidad biológica en el mundo y de mayores recursos minerales (Figura no.12).

La población urbana equivale al 76% y la población rural al 24% del total. Las mayores ciudades se encuentran en la costa, como Piura, Chiclayo, Trujillo, Chimbote, Lima e Ica. En la sierra destacan las ciudades de Arequipa, Cajamarca, Ayacucho, Huancayo y Cuzco. Finalmente, en la selva Iquitos es la más importante, seguida de Pucallpa, Tarapoto y Moyobamba.

Por la escasez de agua que hay en la costa se obtiene, en la mayoría de los valles, sólo una cosecha al año; pero, en aquellos en los cuales se han realizado importantes obras de irrigación, se obtienen hasta dos cosechas, aumentando al mismo tiempo la producción agrícola. Las tierras de los valles costeros son, asimismo, las mejores explotadas de Perú.

En efecto, la agricultura costera es intensiva, con las siguientes características:

- Tiene altos rendimientos en la producción
- Tiene adecuada dirección técnica, suministrada por personal especializado
- Es mecanizada

- Dispone de recursos financieros o adecuada asistencia crediticia

La agricultura de productos alimenticios está conformada por el cultivo de papa, arroz, maíz, trigo, cebada, hortalizas y frutales. Por lo general las áreas destinadas a la horticultura se localizan en las proximidades de las grandes ciudades costeñas y andinas.

Predominan los cultivos industriales, como la caña de azúcar, el algodón o los frutales. La agricultura peruana constituye una economía de parceleros en la cual el 85% de los agricultores tiene parcelas con menos de 10 hectáreas predominando las unidades productivas con un área entre 3 y 10 hectáreas (33%). Existen 5.7 millones de predios rurales de los cuales figuran inscritos en registro públicos solamente un tercio (1.9 millones). El fraccionamiento de las parcelas en pequeños minifundios y su gran dispersión representan un límite a la eficiencia productiva al tiempo que eleva los costos del transporte, pero esta condición ha sido un punto para la implementación de técnicas agrícolas como la hidroponía.

Las tareas en el campo de la asistencia técnica son múltiples, consolidar el crecimiento agrario exigirá el desarrollo de factores productivos y el impulso de la innovación tecnológica, es por ello que una de las tareas es atender las necesidades urgentes de los productores en materias de Innovación tecnológica y gestión empresarial. Un importante centro de apoyo a la agricultura y a la innovación es el Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral, de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

La hidroponía fue introducida en la Universidad Nacional Agraria La Molina en 1975 por el Dr. Ulises Moreno, quien la empleó como herramienta de enseñanza e investigación en el curso de Fisiología Vegetal. Desde 1989, A. Rodríguez-Delfín y E. Fernández ingresaron a la docencia dentro del Departamento de Biología e incentivaron la aplicación práctica de la hidroponía entre sus alumnos y orientaron sus investigaciones hacia el desarrollo y adaptación de diversos sistemas hidropónicos, utilización de sustratos, formulación y uso de soluciones nutritivas.

En 1994 se obtuvo la primera fórmula de la solución hidropónica La Molina. En Agosto se organizó y desarrolló el Primer Curso-Taller de Hidroponía y en Noviembre se creó el Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral (CIHNM) con la finalidad de promover y difundir esta técnica en el Perú. El CIHNM es un Centro de Investigación de la Fundación para el Desarrollo Agrario (FDA).



Figura no. 12 Mapa geográfico de Perú.

Fuente: www.bing.com/images

4.2. Entrevistas a Profundidad

Se realizaron entrevistas a profundidad a 3 expertos del tema. Las entrevistas a profundidad fueron informales, y semi-estandarizadas, se realizaron diferentes preguntas con base en la información recabada en la investigación secundaria (Anexo.2)

La entrevista se planeó con base en los criterios citados por García (2008): a) objetivo claro, b) guía previa para la aplicación de la entrevista, c) cita previa y d) clasificación de la información obtenida.

4.2.1. Ficha técnica del entrevistado

La entrevista fue aplicada a 3 expertos en el tema: M.C. Alfredo Rodríguez Delfín, Director del Centro de Investigación en Hidroponía y Nutrición Mineral en la Universidad Nacional Agraria La Molina; Dr. Howard M. Resh, autor de varios libros de hidroponía y actualmente Consultor Internacional; y a el M.C. José Reynaldo Vázquez Ortiz, consultor en México de diferentes técnicas hidropónicas, actualmente Gerente del Comité de Sanidad Vegetal en el Estado de Puebla con 29 años de experiencia en horticultura protegida. Las fichas técnicas se pueden consultarse en el Anexo no. 3.



M.C. A. Rodríguez Delfín.



Dr. Howard M Resh.



M.C. J.R. Vázquez Ortiz.

4.2.2 Informe de las entrevistas a profundidad

Los expertos coinciden y comentan en la entrevista los siguientes puntos:

- El sistema NFT, es el más conveniente para producir lechuga, debido principalmente a las características del cultivo y las ventajas de la técnica, se obtiene mayor rapidez de crecimiento del mismo.
- El sistema de Raíz flotante, tiene un costo de producción más elevado ya que requiere mayor cantidad de agua, nutrientes, y mantenimiento. En climas cálidos el sistema de raíz flotante tiene como inconveniente el calentamiento de la solución nutritiva.
- En la elección de variedades debe tomarse en cuenta el clima y el mercado.
- El sistema modificado en el que la solución nutritiva tiene 2 cm de profundidad y pendiente “cero” es conveniente en los casos en los que los productores no son muy tecnificados, aunque, el Dr. Resh hace hincapié en que la técnica NFT debe tener una lámina solamente de 5mm pero la modificación de la técnica con una lámina de solución mayor es adecuada para ciertos casos como los presentados con los productores. Comenta Rodríguez (2011) que, la profundidad de la solución permite eliminar problemas que pueden presentarse con un paro del sistema por electricidad o por falla de la bomba, y elimina dificultades para el productor; además, permite usar las tuberías de PVC que se emplean en las instalaciones sanitarias en los diferentes países latinoamericanos, y se evita la importación de los canales de NFT, que elevarían los costos de producción. Vázquez (2011), coincide con los comentarios anteriores aunque especifica que en los casos en los que se utilice tubería de PVC, esta tiene que ser rígida y debe evitar el paso de luz para no tener problemas de algas.
- La disposición horizontal de los canales de cultivo es mejor comparada con diseños verticales (en estantería o en “A”), elimina los problemas de incidencia de luz, y no es muy considerable el porcentaje menor de producción. Una disposición en “A” o en estanterías podría representar mayor costo de instalación, mantenimiento y, dificultad en el manejo del cultivo.

Vázquez (2011) comenta que no son necesarios los pasillos, en la disposición horizontal, ya que reducen la superficie instalada. Se diseñan pasillos solamente para facilitar la cosecha y separar las áreas cuando se programa en etapas.

- El tipo de canal que se usa convencionalmente, en el sistema NFT, es el rectangular, ya que tiene un beneficio en la forma en la que se distribuyen las raíces, sin embargo por costo se utilizan tubos de PVC, con buen resultado. Rodríguez (2011), comenta que en Perú se tienen que importar los canales rectangulares o de alguna otra disposición, y se eleva considerablemente el costo de instalación, por esa razón el 100% de los productores peruanos utilizan tubos de PVC, que se encuentran en el mercado nacional.

Resh (2011) comenta que los canales de cultivo “Rehau” son los más adecuados y que permiten cultivar más cercanamente a las características de un sistema NFT, Vázquez (2011) comenta la misma situación, y además agrega que los canales “Rehau”, son muy convenientes para instalaciones comerciales, en México en el Estado de San Luís Potosí han dado excelentes resultados y justifican la inversión inicial.

- Los puntos a considerar para implementar un sistema NFT para el cultivo de lechuga son:

1) Clima: la lechuga es una hortaliza que crece en condiciones de otoño-invierno, pero puede cultivarse todo el año cuando se eligen variedades tolerantes a temperaturas mayores a 20 °C. La lechuga es ideal para cultivar en temperaturas que oscilen de 6 a 30°C, en México Vázquez (2011) comenta que la temperatura óptima oscila en un rango de 11 a 28°C. Si se requieren instalaciones especiales para el control climático, no se debe perder de vista que pueden ser definitivas en el costo y la velocidad de retorno de la inversión.

2) Agua: es un factor crítico, debe tener una concentración de baja de sales.

3) Sustrato: Para la siembra debe utilizarse un sustrato inerte, Rodríguez (2011), recomienda arena, por el fácil acceso y costo en Perú, agrega que la arena funciona muy bien a un costo bajísimo, en el manejo de almácigo y pos-almácigo, se realiza un trasplante

a raíz flotante, se reutiliza con un buen manejo sanitario y es muy accesible, y la diferencia en productividad no es considerable. En México debe considerarse que los bancos de arena pueden tener orígenes muy distintos, y el material de origen puede afectar principalmente el pH de la solución nutritiva. Un buen sustituto de la arena es el tezontle.

Resh (2011) y Vázquez (2011), se inclinan por utilizar el peat moss, porque protege las raíces, evita que se dañen en el trasplante y tiene efecto buffer para que las raíces se adapten mejor al sistema. Resh (2011), agrega que cuando se utiliza algún agregado como sustrato, en el trasplante debe tenerse cuidado para no dañar a las raíces por su desprendimiento cuando es colocada en el canal de cultivo. También comenta, que el peat moss es el más adecuado, sin embargo es un elemento considerable en el costo de producción. Al respecto Vázquez (2011) añade que para instalaciones pequeñas podrían evaluarse los cubos de lana de roca o fibra de coco, que en las instalaciones comerciales han dado un excelente resultado como sustrato y sostén en los canales.

4) Trasplante: El manejo idóneo del cultivo es en dos etapas, pos-almácigo y trasplante definitivo, y se puede realizar de dos formas:

a) En sistema de “raíz flotante” se logra un rápido crecimiento de las plántulas y se obtienen raíces de mayor longitud, por el mayor contacto con la solución nutritiva. Puede realizarse este trasplante con o sin sustrato. Rodríguez (2011) comenta que este sistema es más adecuado para pequeños productores, por el espacio disponible dentro del invernadero, aunque requiere más mano de obra.

b) Resh (2011) manifiesta que es preferible realizar el primer trasplante a un sistema NFT, con los orificios de los canales más juntos, pero se tiene el inconveniente del espacio.

5) Germinación: El sistema de germinar en papel servilleta no es conveniente por varias razones; es laborioso, puede dañar el sistema radicular con el resultado de una planta débil y de más lento crecimiento y siempre debe tenerse cuidado en el manipuleo de la planta a

raíz desnuda porque puede existir contaminación. La germinación debe hacerse en charola almaciguera, y sólo en los casos con superficies pequeñas en cajas con sustrato como arena o tezontle.

6) **Oxigenación:** El Dr. H. Resh comenta que para evitar problemas de oxigenación, principalmente con temperaturas elevadas, es recomendable utilizar canales de cultivo más cortos, para garantizar un flujo más rápido de la solución nutritiva. Además es conveniente utilizar una piedra de acuario en el tanque receptor. En México, el M.C. Vázquez comenta que puede ser necesario algún tipo de enfriamiento de la solución, ya sea manual (hielo), o mecánico, éste último principalmente en aquellos casos donde se debe garantizar el abasto de producto por tener contrato establecido de venta, como sucede en instalaciones comerciales.

7) **Sostén de la planta en los canales de cultivo:** Rodríguez (2011), hace énfasis en que es preferible trabajar con canastillas que con vasos plásticos, esto permite una mejor aireación alrededor del área frontera entre la raíz y el tallo de las plantas, y evita problemas sanitarios.

8) **Solución nutritiva:** El punto crítico en la producción de lechuga en NFT, es la formulación y manejo de la solución nutritiva, Vázquez (2011) agrega en sus comentarios, que es muy fácil que se presente “Tip burn” (desorden fisiológico) por una formulación inconveniente. La formulación puede ser un limitante en el costo y en el tiempo de producción.

9) Rodríguez (2011) comenta que la superficie rentable más pequeña es de 100 m² en Perú, además económicamente es la unidad básica que necesita un solo tanque de 1000 lt, y es el que determina el número de canales de cultivo.

Resh (2011) hace resaltar la importancia de diferenciar en el mercado los productos hidropónicos con una etiqueta que contenga diferentes datos como: producto hidropónico, libre de *Salmonella*, libre de contaminantes, y cultivadas con agua de pozo.

4.3 Encuesta a productores

La encuesta consiste en recopilar información sobre una parte de la población, se emplea para realizar un análisis cualitativo. La aplicación de la encuesta puede realizarse de dos formas, un cuestionario o una cédula de entrevista.

Se aplicaron encuestas personales, a cinco productores peruanos y al Arq. Fuentes, productor mexicano. Se recabaron los datos de los productores en una cédula de investigación previamente diseñada (Anexo 4), con un esquema de selección de respuesta, la guía de las preguntas se obtuvo y adaptó de Caiche (2005). Se concertaron las citas previas por Profesor Alfredo Rodríguez. La encuesta se realizó cara a cara y se tuvo la posibilidad de obtener mayor información sobre preguntas abiertas, se aclararon las dudas que hubiese tenido el encuestado en el momento de la aplicación de las preguntas formuladas (Rojas, sin fecha).

4.3.1. Delimitación de la encuesta

Tamaño del Universo: El Universo se conformó, por todos aquellos productores que han sido asesorados por la Universidad Nacional Agraria La Molina, en el CIHNM y que después de esta asesoría han decidido poner en práctica sus conocimientos y emprender una empresa hidropónica. La Universidad ha dictado alrededor de 60 cursos desde su creación.

Marco muestral: Directorio proporcionado por el Centro de Investigación en Hidroponía y Nutrición Mineral.

Unidad de análisis o Elemento: La unidad de análisis corresponde a invernaderos o instalaciones localizadas dentro de la región de estudio que tienen implementada una técnica hidropónica.

Sujetos de estudio: Productores de lechuga que utilicen la técnica hidropónica de NFT y en el caso de los productores peruanos, que se encuentren ubicados en la zona cercana a la ciudad de Lima, Perú.

Tiempo o momento: La encuesta se realizó en un solo momento, en la visita a las instalaciones.

Técnica de muestreo: muestreo **no probabilístico**, se eligieron a los productores cercanos a la ciudad de Lima, y en México a un productor cercano a la ciudad de Puebla, por lo tanto, resulta un **muestreo por conveniencia** al elegir el lugar donde se encontró a los sujetos de estudio.

Tamaño de la muestra: 6 productores: 5 Peruanos y 1 Mexicano.

4.3.2. Recopilación y procesamiento de datos

La recopilación de datos de productores se realizó mediante preguntas asistidas, durante las visitas a las diferentes instalaciones. Dada la naturaleza de las respuestas (abiertas), se enfatizó en los puntos técnicos más importantes, que ayudaron en la construcción del modelo a proponer. En el diseño de la cédula de cada productor, se colocó un esquema de selección de respuesta, la selección la asentó el encuestador con los datos otorgados por la persona y se observó que las respuestas coincidieran con lo observado físicamente el diseño instalado.

Las encuestas se aplicaron por conveniencia a un 33% a los dueños de las empresas y, 67% a los encargados de la producción en cada instalación, siempre con la posibilidad de aclarar y especificar los datos requeridos para que las encuestas fueran completas, claras y veraces.

Los expertos recorrieron las instalaciones de cada productor, incluso en México el M.C. Rodríguez visitó las instalaciones en Cholula, Puebla de la familia Fuentes, en el II International Symposium on Soilless Culture and Hydroponics en Mayo de 2011.

4.3.3. Edición de datos

La edición es el proceso de revisar y ajustar los datos para detectar omisiones, verificar que sean consistentes, legibles y prepararlos para su codificación y almacenamiento. (Malhotra, 2008). El análisis de los datos requiere de decisiones cuidadosas sobre la determinación de la codificación después de realizar el proceso de edición por ser las respuestas de carácter abierto. No se descartó ninguna encuesta realizada a los productores ya que al ser la entrevista asistida se tuvo oportunidad de recabar los datos completos y sin omisión.

4.3.4. Codificación de datos

La forma de tabular es unidireccional, la cual indica la cantidad de entrevistados que dieron cada posible respuesta a cada pregunta en una serie de preguntas (Malhotra 2009). Se asigna un número a cada respuesta, del 1 al 3, sin que esto signifique un orden de importancia, para poder procesar cada respuesta y tener un criterio de decisión, de tal forma que en el Anexo no.5 se observa la puntuación asignada.

4.3.5. Análisis de datos

Para el análisis de los datos se utilizó un conjunto de datos simples: se graficaron los porcentajes de cada respuesta, con la finalidad de conocer el mayor porcentaje de coincidencias en la aplicación de la técnica hidropónica y se realizó un análisis de medidas de tendencia central: media, mediana y moda. La matriz de datos se obtuvo de transcribir los datos a las hojas de codificación (Anexo no.6).

4.3.6. Resultados Obtenidos en las encuestas a productores

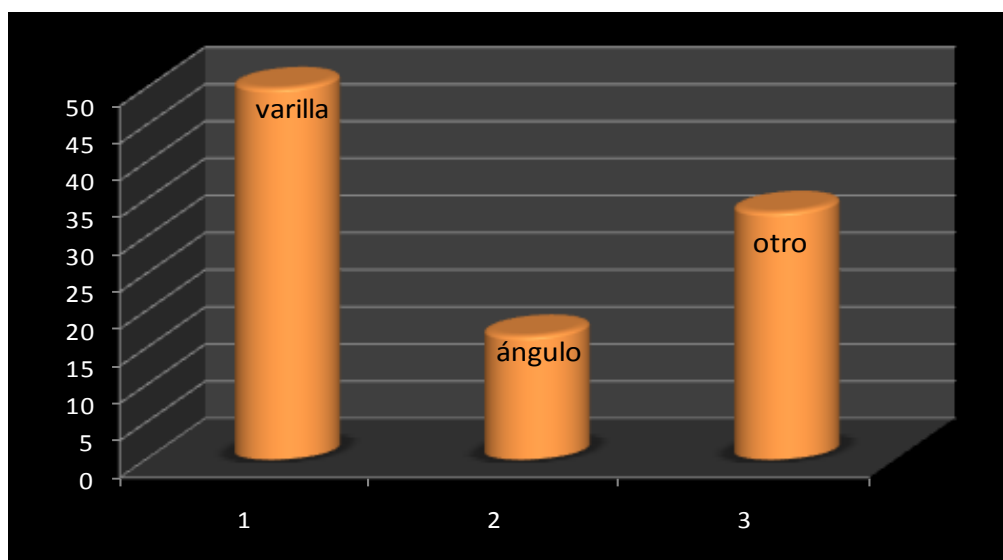
En los datos obtenidos se observa en el diseño del sistema el 100% de coincidencia en la producción de lechuga hidropónica en los siguientes puntos:

- a) El mejor sistema para producir lechuga es NFT. Aquellos productores que tienen ambos sistemas (Raíz flotante y NFT) están cambiando a NFT.
- b) La mejor disposición de los canales es de forma horizontal, con el sistema NFT modificado, es decir con 2 cm de profundidad en la lámina de la solución.
- c) El material más aceptado para los canales de cultivo son los tubos de PVC rígido.
- d) Se Utiliza un solo tanque colector del cual, se re-circula de forma intermitente la solución nutritiva con una bomba centrífuga de la capacidad adecuada según el tamaño de la instalación.
- e) No se utiliza ningún sistema de sanitización a la solución nutritiva, debido al cuidado en la higiene que se tiene en cada uno de los puntos de producción, desde el almácigo hasta el trasplante definitivo.
- f) La oxigenación en la solución nutritiva está dada por el diseño. El tanque está colocado a nivel del piso, con diferencia de distancia en la caída de la solución para provocar la oxigenación.
- g) Se utiliza cloro para desinfectar los canales de cultivo al final de la cosecha.
- h) Los productores cambian el 100% de la solución cada 15 días, y en el intervalo monitorea el pH y la conductividad eléctrica, manteniendo en rango óptimo con la adición de solución nutritiva o agua, según sea el caso.
- i) El total de los productores cuando implementaron el sistema en NFT, iniciaron utilizando la formulación de “La Molina”, sin embargo en la actualidad el 67% se ve en la necesidad de ajustar la formula de la solución nutritiva por problemas de salinidad elevada

del agua con la cual se elabora la solución nutritiva, presencia de “Tip burn”, precocidad de cosecha, etc.

Las variantes registradas entre los productores son:

a) Varía en el diseño el tipo de material que se utiliza en los soportes de los canales de cultivo (gráfica no.1), el 50% utiliza varilla de ½”, garantizando un mayor tiempo de vida del soporte, el 17% utiliza ángulo de ½”, es más caro pero igual de duradero, y el 33% utiliza otro material, que es madera y tabiques.



Gráfica no.1 Material utilizado en los soportes de los canales de cultivo

Mientras más grande es la superficie de cultivo, se utilizan materiales como varilla y se elimina la madera, en los soportes, se da una disposición geométrica a las baterías de cultivo, y el tamaño de los pasillos por lo general es de 80 cm a 1 m de ancho.

b) Con excepción de dos productores peruanos, el resto no utiliza canastillas en los canales de cultivo, y ha ideado diferentes formas de sostener la planta en el canal de cultivo, la principal razón es costo y la segunda el difícil acceso para comprar las canastillas.

Opinan los productores que los vasos de 1 onza dan buenos resultados, sin embargo en comunicación personal con el Profesor Rodríguez, comenta que la sanidad de la planta se ve afectada por falta de oxígeno, y los beneficios de utilizar las canastillas son considerables a pesar de su costo.

c) El 66% de los productores coinciden en que la mejor disposición de los canales es 12 a 15 metros de largo con 8 tubos de PVC, mientras que el resto en un porcentaje igual (17%), no tiene instalada esa distribución, principalmente porque adecuan la longitud del tubo al espacio y distribución de la superficie del terreno. Un solo productor excede los 15 metros de longitud recomendados por los expertos, se notan problemas de oxigenación (foto no.12), aunque el productor especificó que la razón de la apariencia de las plantas (un poco cloróticas, raíces oscurecidas) es que se presentó un desperfecto con la bomba, no tanto por la longitud de las canales.



Foto no.12 Apariencia de las raíces en tubos de 18 m de longitud

d) El 67% de los productores cuenta con estructura de protección y el 33% no. El 50% de los que cuentan con estructura protectora, el material de cubierta es malla antiáfidos, el 17% de plástico y el 33% no cuenta con invernadero pero utiliza malla sombra principalmente en verano (Figura no.13)

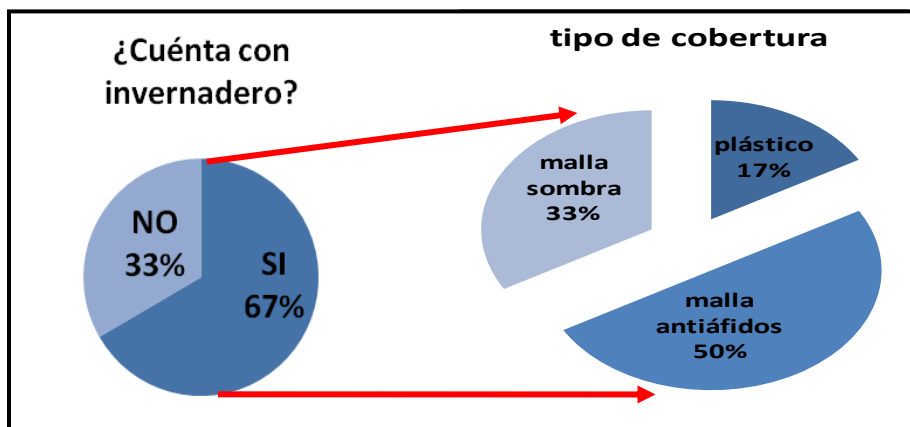


Figura no.13 Estructura de protección

e) La germinación se realiza básicamente de dos formas; a) directamente en la charola donde se siembra la semilla en arena y peat moss b) en papel servilleta que después de la germinación se coloca en esponja (figura no.14)

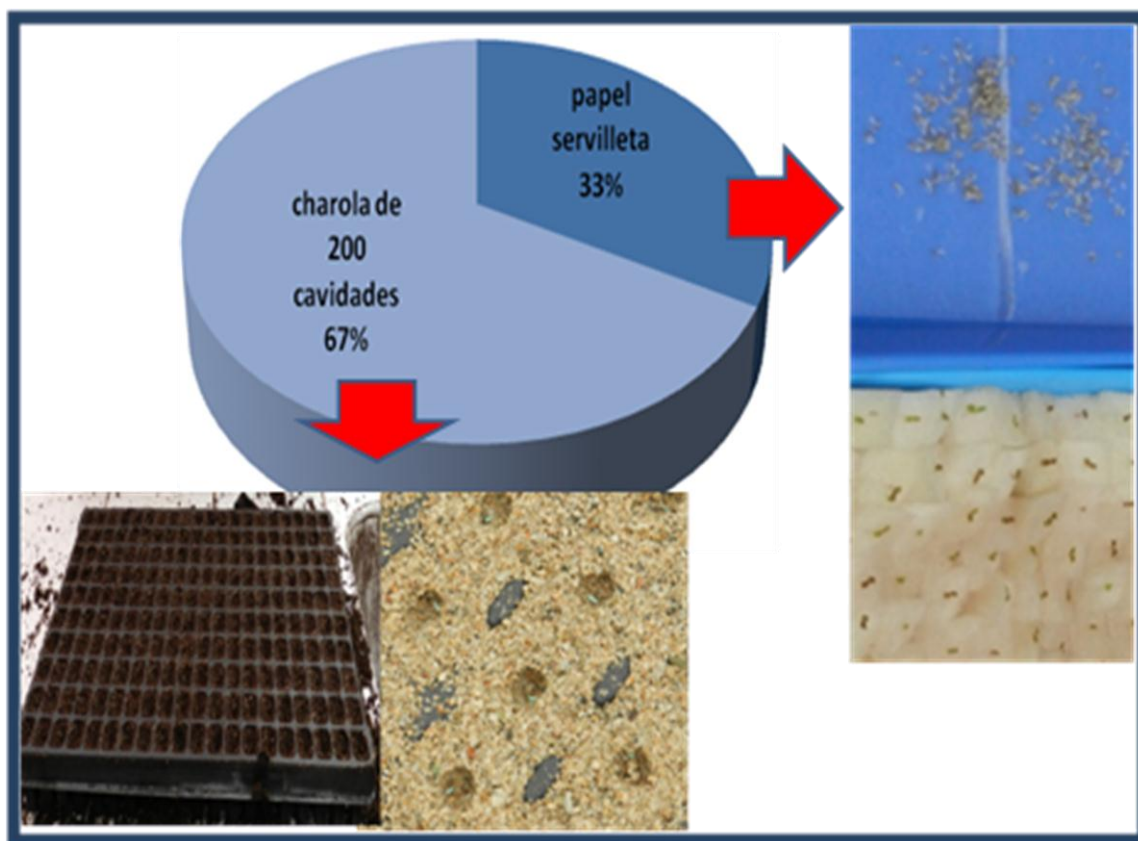
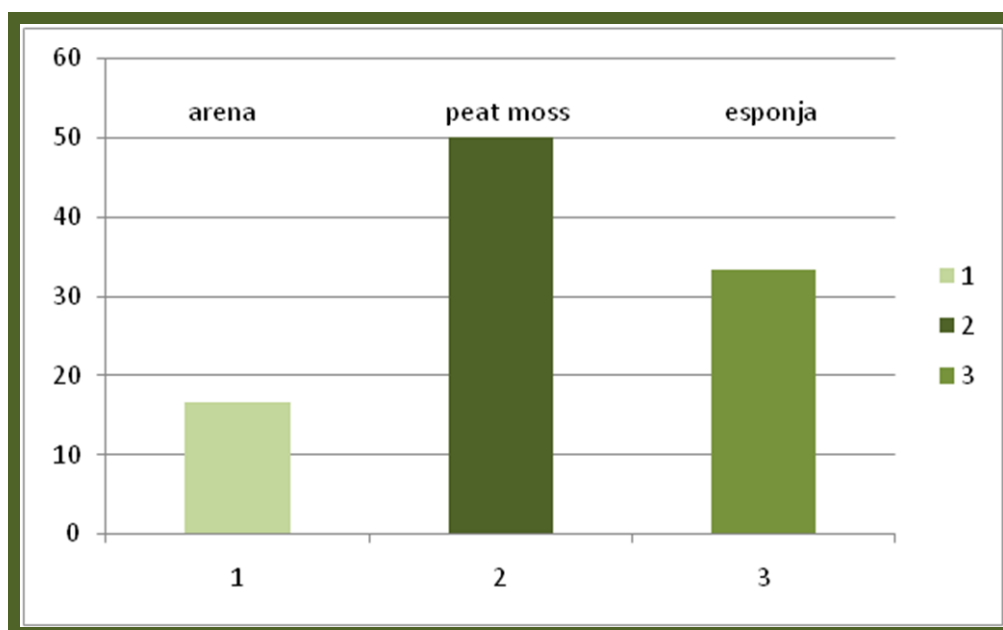


Figura no. 14 Siembra

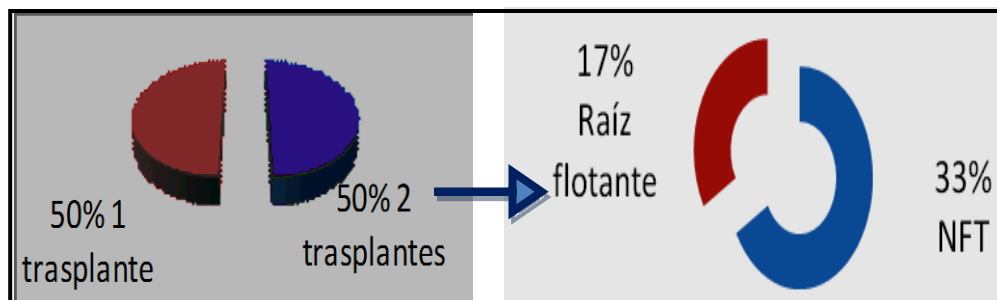
f) Los sustratos son utilizados en el siguiente porcentaje (Gráfica no.2):



Gráfica no.2 Sustrato utilizado en almacigo.

g) El 50% de los productores hace un trasplante a los 25-30 días de la germinación, colocando la semilla en charola y esponja y el otro 50% realiza 2 trasplantes (Gráfica no.3), realizando un pos-almacigo, con la finalidad de obtener plántulas de mayor vigor y con mayor longitud de las raíces, y dividen los 30 días en 15 días en almacigo, 15 días en pos-almácigo y realizan un segundo trasplante definitivo a los canales de cultivo.

h) El pos-almacigo lo realizan un 33% de los productores en canastilla a un sistema NFT con los orificios más juntos (a 5cm de distancia) para ahorro de espacio y el segundo trasplante (definitivo) se realiza a los canales de cultivo (figura no. 15). El otro 17% de los productores el primer trasplante lo realiza a un sistema de Raíz flotante (figura no.16), que es más laborioso sin embargo en comunicación personal con el M.C. Rodríguez D. es el sistema más apropiado, en cuanto a sanidad, y desarrollo radicular.



Gráfica no.3 Número de trasplantes

i) En cuanto a la altura de la solución en los canales de cultivo el 83% de los productores mantiene un promedio de 2 cm de altura, es decir implementaron un sistema DFT modificado, utilizado en el Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral. El 17% mantiene una lámina más pequeña (aproximadamente 1 cm), con una recirculación más continua.

j) El 50% de los productores vende su producto en supermercados, el 33% en restaurantes y el 17% en ambos. Este último porcentaje no es mayor debido que aquellos que venden a supermercados no satisfacen la demanda.

k) La presentación al consumidor en los supermercados se divide en bolsa con un 66%, 17 % en burbuja plástica y un 17% en un carro mostrador (figura no.17). En esta última presentación mantiene la lechuga viva, colocada en un sistema flotante que permite que la lechuga se conserve más tiempo, sin embargo es una presentación novedosa pero al productor le exige una mayor calidad de producto.

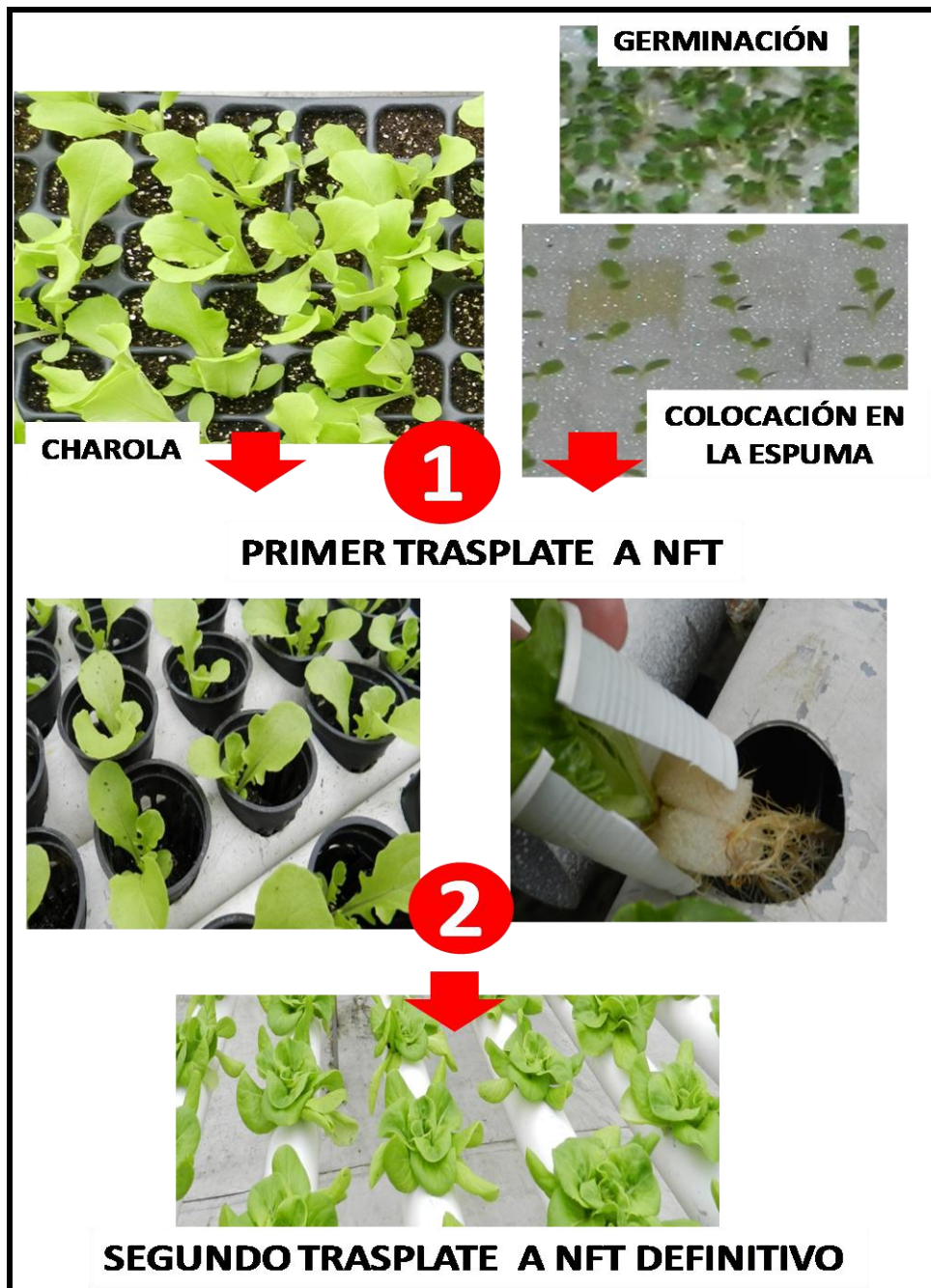


Figura no. 15 Pasos en el trasplante con pos-almacigo en NFT

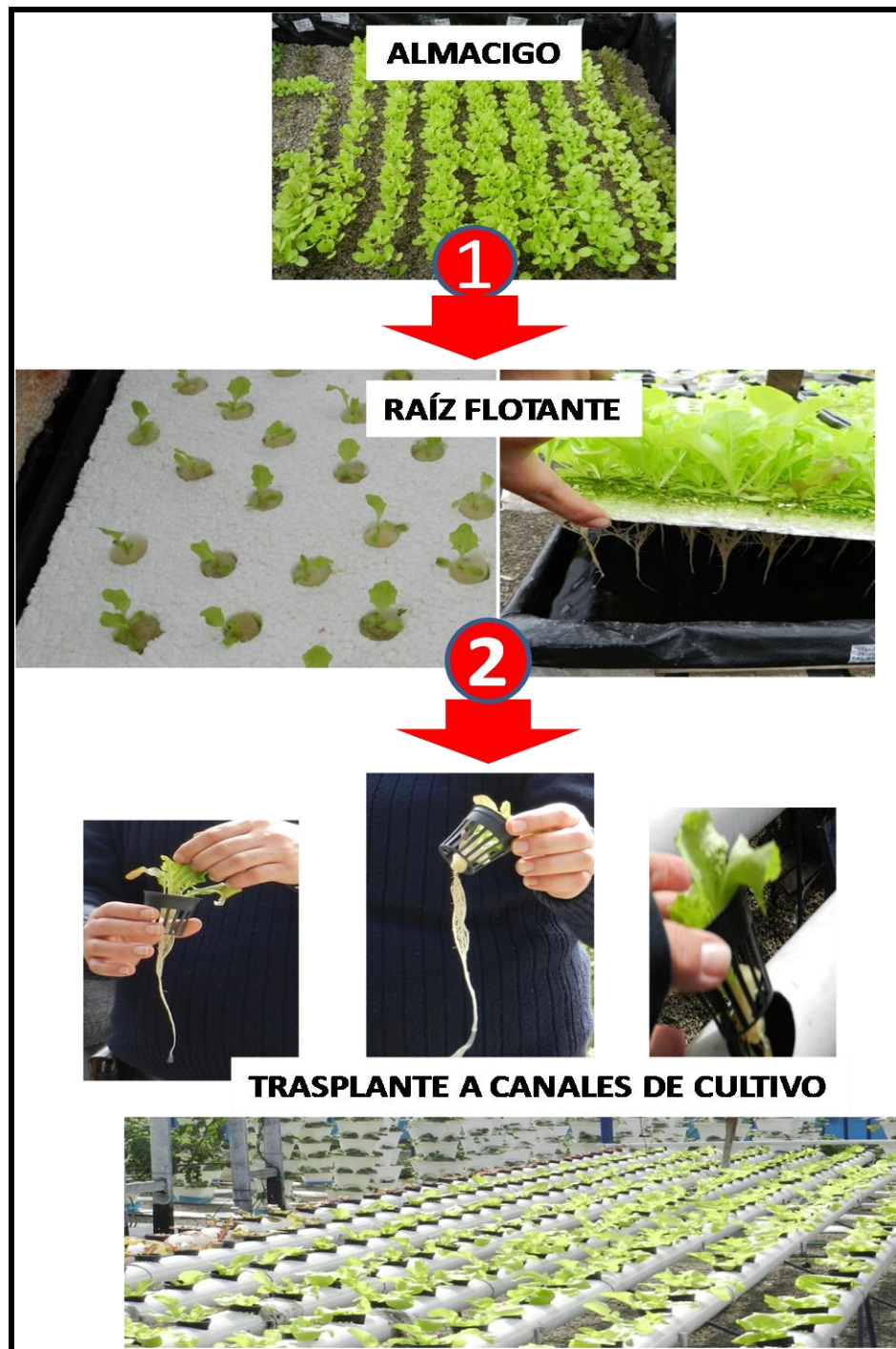


Figura no. 16 Pasos en el trasplante con pos-almacigo en Raíz Flotante



Figura no.17 Presentación al consumidor (cortesía de M.C. A.Rodríguez Delfín)

4.4. Resultados obtenidos en la investigación primaria

El mercado ha sido de vital importancia para los productores, y define su crecimiento. La demanda de lechuga hidropónica no está satisfecha. Los productores no han realizado ningún estudio de mercado, pero la demanda que tienen se incrementa constantemente.

La lechuga es la cuarta hortaliza más importante de cultivos en invernadero después de tomate, pimiento y pepino. En Perú la lechuga goza de una ganancia bruta considerable (50-100%) Rodríguez (2011, inédito).

Es recomendable realizar un estudio de mercado específicamente para la lechuga hidropónica, para identificar la posición en el gusto de los mexicanos. En la experiencia de El Arquitecto Fuentes en México la venta a restaurantes es un mercado interesante, y después de un arduo trabajo la demanda en supermercados también ha ido en aumento.

En muchos países latinoamericanos como Perú, Brasil, Argentina, por mencionar algunos, ha existido dificultad al inicio para posicionar el producto en el mercado, pero con la perseverancia y constancia de los productores que han apostado por la hidroponía, se han introducido productos con bastante éxito, como por ejemplo el caso de la empresa Peruana Neservi S.A., que desarrollo un carro muestra donde oferta lechuga hidropónica. En México no se ha realizado algún estudio de mercado para identificar las características, que impulsen la venta de la lechuga hidropónica.

En cuanto se refiere a la implementación de la técnica hidropónica en NFT, las instalaciones no tienen variantes en cuanto al diseño y colocación de canales de cultivo y sistema en general como son: la instalación del tanque, disposición de las tuberías de recolección, suministro de la solución y los soportes.

La variación en el manejo del cultivo radica en que los productores realizan uno o dos trasplantes. En el caso de dos trasplantes, utilizan un pos-almacigo en tubos de PVC en sistema NFT o un sistema de raíz flotante. Se debe considerar el espacio que ocupan y el costo de cada uno. El 50% de los productores realiza 1 trasplante y el 50% realiza 2. A pesar de que los expertos recomiendan 2 trasplantes, los productores no reportan ningún beneficio específico por utilizar dos etapas.

El manejo de siembra, almacigo, pos-almacigo tiene gran variante entre los productores y sin embargo aparentemente no hay diferencia en el tiempo de cosecha; tendría que evaluarse la calidad del producto final y evaluar experimentalmente el proceso planteando con un experimento de dos variables a) número de pasos y b) sustrato utilizado.

En México ya existen canales rectangulares, que son los que recomiendan los expertos, por tener un beneficio en la distribución radicular, sin embargo los productores en su totalidad utilizan tubos de PVC por el costo.

En cuanto a los soportes de los canales de cultivo, no hay variante en su uso, ni colocación, pero el material con los que se manufacturan es la diferencia. Debe evaluarse el costo más conveniente de acuerdo a los materiales disponibles de la zona.

Por las recomendaciones de los expertos y por el gran porcentaje de los productores que así lo realiza, es recomendable el sistema NFT modificado que utilizan en el CIHNM, es decir con una profundidad de 2 cm de la solución nutritiva en el canal de cultivo.

La sanitización de la solución nutritiva no se proporcionan por ningún dispositivo, sin embargo los expertos recomiendan utilizar un equipo UV.

La limpieza del sistema se realiza mensualmente con cloro al terminar la campaña de cultivo en los canales. También es importante tener mucho cuidado en la higiene en cada uno de los puntos de producción, desde la etapa de almácigo hasta la cosecha.

La oxigenación se realiza con el diseño del sistema, en cuanto al largo del canal de cultivo, menor de 15m y con la colocación de una regadera (ducha) en el tubo de recolección que descarga en la cisterna de recolección.

En Perú, los productores que se visitaron no cuentan con una estructura de protección plástica en el techo a diferencia de México. En Perú, el 100% de los productores que instalan alguna estructura de protección la forra en techo y laterales de malla antiáfidos. La razón principal es la baja insolación y la poca incidencia de lluvias en Lima, y en verano las temperaturas elevadas. Aquellos productores que no cuentan con estructura, sólo utilizan malla sombra en verano.

En México se recomienda desarrollar un modelo de invernadero adecuado para el cultivo de lechuga según las condiciones climáticas. En el caso de los productores que ya tienen la estructura de un invernadero instalada para otro cultivo, se deberán realizar las recomendaciones pertinentes para el cultivo de lechuga.

Las variedades a elegir dependen del mercado y del clima. Al considerar la diferencia climatológica entre México y Perú, es recomendable, se realice una investigación preliminar antes de recomendar alguna variedad en específico. El estudio deberá enfocarse a las variedades que cumplan con dos requerimientos: el clima de la zona donde se implementará el sistema, y la preferencia en el mercado.

Las variedades que mejor se adaptan temperaturas altas son Rex, Lollo rosa, Navarra. En Cholula, Puebla dónde el clima es cálido, las variedades utilizadas por el Arq. Fuentes son las variedades Sangría, Escarola, Orejona y Bol.

V. EVALUACIÓN DE MATERIALES Y PROPUESTA DEL MODULO

Con los datos obtenidos en la investigación primaria y la revisión bibliográfica, se evalúan los materiales disponibles en la zona. Éstos deben seleccionarse con la consigna de obtener un producto de calidad, y un sistema rentable y eficiente. A continuación se presentan las evaluaciones que se realizaron para elegir el mejor diseño técnico sustentable, y se evalúan sólo aquellos materiales que presentan alguna variación en los resultados de la investigación primaria.

Según Carrasco *et al*, (1996), el éxito en condiciones locales, además de un conocimiento previo de la técnica, se basa en utilizar y adecuar materiales existentes en la cercanía y contar con personal idóneo en las técnicas de preparación y manejo de soluciones nutritivas del cultivo de la especie elegida. A medida que se utilicen materiales de fácil acceso, el costo de implementación disminuirá, siendo una técnica competitiva con otras en sistemas de cultivo forzado.

El método de evaluación que se utilizó para seleccionar los diferentes materiales, que se presentan en los cuadros siguientes, consiste en elegir una calificación de las tres que a continuación se presentan. El material que tuvo el número mayor, dado por la suma de las puntuaciones en el cuadro fue el que se eligió.

Mayor: 3

Intermedio: 2

Menor: 1

Se evaluaron los sistemas que mejor opción presentaran entre aquellas **formas de recircular la película nutritiva**, que son; el Sistema Modificado NFT que utiliza el CIHNM de la Molina, y el Sistema NFT convencional.

Los principales retos de los productores en cuanto a la película nutritiva y que fueron los parámetros de evaluación son:

- 1) Prevenir la falta de agua en los canales de cultivo por un fallo eléctrico o bien de la bomba
- 2) Ahorro de energía eléctrica
- 3) Instalar un volumen mayor de contención de la solución para tener una superficie de cultivo más grande en relación a la capacidad del tanque de almacenamiento
- 4) Mantener uniforme la temperatura en los canales de cultivo.
- 5) Oxigenación de la solución
- 6) Manejo de la solución nutritiva

Según lo observado en la investigación los puntos 1 al 4 son cubiertos con la modificación al sistema NFT, manteniendo una película nutritiva más profunda (aproximadamente de 2 cm), y a pesar de que la oxigenación es menor que con un sistema NFT convencional, no existe problema alguno siempre y cuando el largo de los canales de cultivo no sea mayor a 15 m.

La evaluación de la **solución nutritiva** se realizó mediante la selección de la combinación de sales, que aportara un buen balance para evitar problemas fisiológicos como “Tip burn” y además se optó por la formulación más económica y de fácil corrección (Carrasco, et al, 1996). Se presentan diferentes soluciones nutritivas en el cuadro no. 8

Las soluciones nutritivas evaluadas son las de John Mason (Australia, 1990), Cesar Murulanda y Juan Izquierdo (Santiago de Chile, 1998), Alfredo Rodríguez (La Molina, Perú, 1998), Ric Donan (Australia, 2000), Antonio González (UNAM, México), Steiner.

Las líneas amarillas, que se observan en el cuadro no. 8 indican aquellas sales que son de difícil acceso, y por ello es necesario visitar varios lugares para obtener todas las sales para la formulación. Las primeras dos soluciones, no presentan ninguna complicación.

	PRECIO POR KILO	JONH MASON AUSTRALI A 1990	calculo	CESAR MARULAND A Y JUAN IZQUIERDO SANTIAGO DE CHILE 1998	calculo	SOLUCIÓN GENERAL "LA MOLINA" ALFREDO RODRÍGUEZ PERU	calculo	RIC DONAN AUSTRALIA 2000	calculo	ANTONIO GONZÁLEZ G. UNAM MÉXICO	calculo	STEINER	calculo
NUTRIENTES		CANTIDAD EN GRAMOS											
SOLUCIÓN A													
Nitrato de calcio	35	7.500	262,50	2.080	72,80		0	579	20,265	900	31,5	1063	37,21
Fosfato monoamónico	29		-	340	9,86		0		0	170	4,93		0,00
Nitrato de potasio	45		-	1.100	49,50	550	24,75		0	550	24,75	303	13,64
Nitrato de amonio			-		-	350	0		0	100	0		0,00
Superfosfato triple de calcio			-		-	175	0		0		0		0,00
Quelato de hierro	60		-		-		0	15,4	0,924		0		0,00
			-		-				0		0		0,00
litros de agua		200		10		5		10	0		0		0,00
Total solución A			0,04		13,22		4,95		2,12		0		0,00
SOLUCIÓN B									0		0		0,00
Nitrato de potasio	45	9.000	405,00		-		0	413	18,585		0		0,00
Fosfato monopotásico	45	1.000	45,00		-		0	170	7,65		0		0,00
Sulfato de magnesio	25	6.000	150,00	492	12,30		0		0	500	12,5	492	12,30
quelato de hierro (EDTA)	60	300	18,00	50	3,00	8	0,48		0	10	0,6		0,00
Sulfato de manganeso	48	40	1,92	2,48	0,12	220	10,56	276	13,248		0	220	10,56
Ácido bórico	0,14	24	3,36	6,29	0,88	1,2	0,168	2	0,28		0	280	39,20
Ácido fosfórico ml			-		-		0		0		0	22,56	0,00
Sulfato de cobre	65	8	0,52	0,48	0,03		0	0,2	0,013		0	8	0,52
Sulfato de potasio			-		-		0		0		0	270	0,00
Molibdato de amonio	60	1	0,06	0,02	0,00		0	0,1	0,006		0		0,00
Molibdato de sodio	60	4	0,24	1,20	0,07		0	0,4	0,024		0	10	0,60
Sulfato de Zinc	55		-		-	12	0,66		0		0	40	2,20
"Fertilom Combi" *			-		-		0		0	40	0		0,00
STEM (Peters) *	75		-	4	0,30	2	0,15	10	0,75		0		0,00
Fe-quelato (7% Fe) Fe-EDTA			-		-		0		0		0	4,29	0,00
litros de agua				5		2		1	0		0		0,00
TOTAL		#####	624,10		3,34		6,01		40,56		0		0,00
Costo en pesos para 1000 lt de agua			73,11		72,76		36,77		85,35		74,28		116,22
		se adicionan en cantidades iguales hasta lograr la conductividad deseada	Por cada 100 litros de agua agregar 0.5 litros de sol"A" y 0.2 litros de solución "B"	Para preparar 100 litros de agua agregar 500 ml de solución "A" y 200 ml de solución "B"	Se adicionan formulas concentradas A y B en cantidades iguales, hasta lograr la conductividad deseada.	Se agregan a 1000 litros de agua	Se agregan a 1000 litros de agua						
notas													
* Fertilizante foliar soluble que contiene 9% magnesio;3%Azufre;4%hierro;4 de manganeso;1,5%cobre;1,5 de zinc;5% de boro y 1%de molibdeno.													
Nota: La conductiudad requerida para lechuga será de 1 a 1,5 en el transplante y de 2 a 2,5 en fase de crecimiento hasta cosecha.													

Cuadro no.8. Soluciones nutritivas

La solución de Mason y de Muralanda e Izquierdo, son las que se proponen porque son las de menor costo además de que no existe en general ningún problema para obtener las sales de la formulación. En el caso de la solución de la Molina, a pesar de ser la más económica, el Superfosfato triple de calcio, no es soluble, es granulado, y es un inconveniente en la preparación para los productores.

Para la elección **del tanque colector** se consideraron dos aspectos 1) diseño de uno o dos tanques y 2) en cuanto a capacidad.

El diseño es el modelo propuesto por Faquin (1996) con las siguientes consideraciones:

El tanque colector, determina una unidad de producción, es decir es el que suministra a una determinada cantidad de canales de cultivo, y limita el sistema a la capacidad del mismo.

Por lo tanto se considera una unidad de producción aquella que puede ser instalada con un tanque de solución, y posteriormente se evalúa cuantas unidades son necesarias para que el sistema sea rentable, sin perder de vista que en comunicación personal el M.C. Rodríguez, comentó en diferentes ocasiones que el tamaño mínimo del modulo para que sea rentable en Perú es de 100 m².

El diseño que se elige es de un solo tanque, por dos razones:

1) La técnica de producción NFT modificado con una disposición como la que propone Faquin (1966), es la más conveniente según las razones expuestas en el punto anterior, porque garantiza solucionar gran parte ellas y además se tiene un reservorio de agua en los canales de cultivo.

2) por costo.

Por lo tanto se comprobó que el tanque fuera suficiente en la capacidad recomendada:

- 0.3 litros de consumo de solución por planta al día (Carrasco, et al, 1996),
- volumen necesario para duplicar los requerimientos diarios del cultivo (Urrestarazu, 2004)
- volumen de reserva para el funcionamiento de la bomba (20%)

Por consiguiente un módulo se considera:

$$\text{No. de lechugas} = (CT - (0.20\% * 1100)) / 0.3$$

Donde:

Capacidad del tanque (CT): 1100 lt

Después de aplicar la formula tenemos= 2933 lechugas,

Al resultado obtenido descontamos un 5% de merma considerando este porcentaje como aceptado por los productores, y tenemos un total de 2,787 lechugas (Aproximado a la recomendación de Rodríguez (2011)).

La **bomba** debe dar un caudal de operación en relación a la altura manométrica requerida y eficiencia. Dado que en general existe escasa diferencia de altura entre el nivel mínimo de solución nutritiva dentro del estanque y el punto más alto de los canales de cultivo (aproximadamente 80-90 cm) la bomba deberá ser capaz de impulsar eficientemente un caudal máximo equivalente al producto del caudal que se maneja para cada canal de cultivo (2 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.

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 (válvula check) para mantener el sistema de succión “cebado” frente a detenciones voluntarias o involuntarias como podía ser una caída de energía en el sector (Carrasco et al, 1996).

$$Q = \text{volumen requerido} * \text{no de canales de cultivo}$$

Se toma en consideración que tenemos un tanque con capacidad para 2700 lechugas, las cuales se distribuyen en 25 lechugas por metro cuadrado, tenemos una superficie de:

$$2700 \text{ lechugas} / (25 \text{ lechugas/m}^2) = 108\text{m}^2$$

Superficie que podemos distribuir en 12 x 9 metros, en los cuales tenemos 4 módulos de 8 tubos por 12 metros, un total de 32 tubos

$$Q = (2 \text{ l/min}) * 32 = 64 \text{ litros por minuto}$$

Podemos calcular la potencia de bomba entonces:

$$N = \frac{Q \cdot H_m}{45 \cdot n}$$

Donde:

N: potencia del motor (cv)

Q: caudal a ser bombeado (L/min)

Hm: altura manométrica (m) altura geométrica de los canales al reservorio más la altura de carga de los accesorios por donde la solución pasará.

n: rendimiento de la bomba (%)

$$N = \frac{(64 \text{ l/min}) * (0.90)}{45 (80\%)} = 102 \text{ cv}$$

$$1 \text{ CV} = 0,986 \text{ 320 070 619 67 HP}$$

Por lo tanto es 1.57 HP

Con los datos anteriores se propone un bomba de 2 hp, centrífuga, que se instalará en un costado superior del tanque colector (foto no.13)

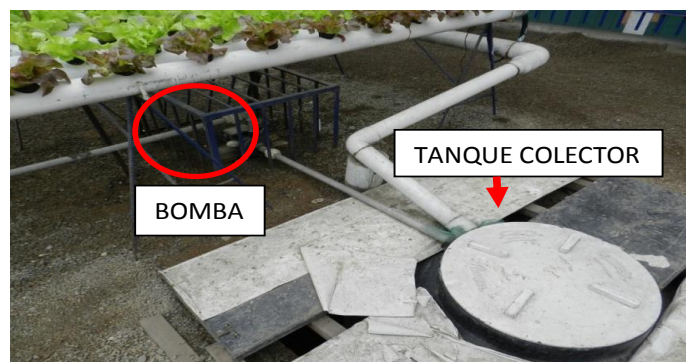


Foto no. 13 Colocación de la bomba

Es importante considerar que aunque el costo es aproximadamente el doble que una bomba centrífuga, una bomba solar pudiera considerarse viable para el ahorro de energía.

En la selección de **canales de cultivo**, se evaluaron 3 modelos Cuadro no.9:

- 1) Tubos de PVC
- 2) Sistema NGS
- 3) Canales rectangulares (Amar a.c.)

CANALES DE CULTIVO		TUBO DE PVC	NGS	RECTANGULARES
MODULO DE X 12 MTS	1.40	6m largo, más 3 tapas conectorases necesario pintar	precio por metro contemplados 8 canales de 12 m cada uno	2 m de largo 12 cm alto x 13 cm de ancho
	PRECIO POR UNIDAD	195	93	329
	NO. PIEZAS	16	96	48
	TOTAL POR PRODUCTO (MILES DE PESOS)	3.394	8.909	15.787
VENTAJAS	ECONOMICAS	3	2	1
	DE MANEJO	3	1	2
	DURABILIDAD	2	1	3
	FACIL ACCESO	3	1	1
	INOCUAS	3	3	3
	NO REACTIVAS	3	3	3
PUNTUACIÓN		17	11	13
DESVENTAJAS		FORMA CIRCULAR	NO SE PUEDE REUTILIZAR VARIAS VECES	ALTO COSTO

Cuadro no. 9. Evaluación de canales de cultivo

Se observa en el cuadro no.9 que la mejor opción por precio, disponibilidad y manejo son los canales de cultivo de PVC. Para un sistema comercial sería interesante evaluar el costo de la mano de obra contra el costo de los canales, y realizar una razón de costo-beneficio.

La evaluación de la **tubería colectora** se realizó a dos materiales, 1) con manguera (foto no.14) y 2) con tubos de PVC (foto no.15), que aunque es sabido que es más económico el material de manguera, es importante evaluar el aumento en el costo, para sopesarlo con la ventaja de la durabilidad y manejo (cuadro no.10).



Foto no.14 Manguera plástica



Foto no.15 Material PVC

TUBERÍA RECOLECTORA		MANGUERA	TUBO DE PVC
	CARACTERÍSTICAS	se necesita un solo tipo de material tramos de 40 cm	ensamble de 3 piezas del canal de cultivo al recolector
	PRECIO POR UNIDAD	8	74,32
	NO. PIEZAS	8	8
	TOTAL POR PRODUCTO	25,6	594,52
VENTAJAS	ECONOMICAS	3	1
	DE MANEJO	3	1
	DURABILIDAD	2	3
	FACIL ACCESO	3	3
	INOCUAS	3	3
	NO REACTIVAS	3	3
PUNTUACIÓN		17	14
DESVENTAJAS		PUEDEN EXISTIR ESCURRIMIENTOS	230 VECES MÁS CARO Y NO GARANTIZA INOCUIDAD EN EL MISMO NIVEL QUE LA MANGUERA

Cuadro no.10 Evaluación del sistema colector

El porcentaje que se eleva el costo con la tubería rígida no compensa las pocas desventajas que pudiera tener la manguera, por lo tanto se elige esta para el módulo que se propone. Los **soportes** que se evaluaron se presentan en el cuadro no.11 y son tres materiales: varilla ½”, ángulo de 1/8 x 3/4” y perfil cuadrado zintro de 1½ x 1” (figura no.18).

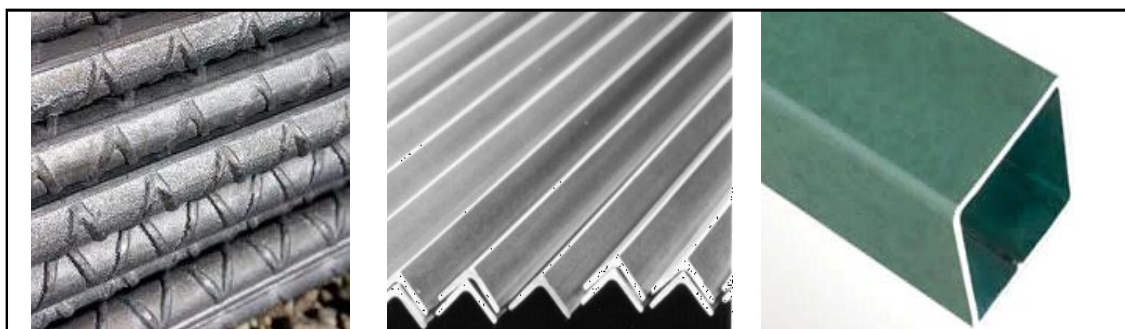


Figura no.18 Diferentes materiales de los soportes

SOPORTES		VARILLA	ANGULO	PERFIL CUADRADO ZINTRO
1 SOPORTE	CARACTERÍSTICAS	medida 1/2 " 5 m por pieza de 12 m	medida 1/8 X 3/4 " 5 m por pieza de 12 m	medida 1/2 " m por pieza de 6m
	PRECIO POR UNIDAD	16,3	8,1	8,8
	NO. PIEZAS	1	1	1
	TOTAL POR CABALLETE	153,56	76,39	51,68
VENTAJAS	ECONOMICAS	1	2	3
	DE MANEJO	2	2	3
	DURABILIDAD	1	2	3
	FACIL ACCESO	3	3	3
PUNTUACIÓN		7	9	12
DESVENTAJAS		MENOR ESPACIO APROVECHABLE DEBAJO DE LOS CANALES, MUY ELEVADO EL COSTO	MENOR ESPACIO APROVECHABLE DEBAJO DE LOS CANALES,	SE REQUIERE FIJACIÓN O CIMENTACIÓN

Cuadro no.11 Evaluación de materiales de los soportes

El mejor material es el perfil cuadrado zintro por costo, manejo y espacio debajo de los canales de cultivo

La siembra es la primera etapa de cultivo, requiere de la elección del sustrato y del recipiente donde se sembrará la semilla. El **sustrato** puede ser un costo considerable en el proceso según la elección que se realice, esto quiere decir que es candidato de análisis. En Perú un sustrato común y económico es la arena (en México también pudiera considerarse como tal), en segundo lugar el tezontle (piedra volcánica porosa, muy ligera, de color rojo oscuro o negro, usada en construcción), en tercer lugar el peat moss, utilizado en gran medida por los agricultores como sustrato de propagación y por último fibra de coco lavada (figura no.19). Se evaluaron estas cuatro posibilidades en el cuadro no.12.



Figura no.19 Sustratos

SUSTRATO PARA LA SIEMBRA		ARENA	TEZONTLE	PEAT MOSS	FIBRA DE COCO
	CARACTERÍSTICAS	de construcción , sus características dependen de la cantera de extracción	piedra volcánica inerte granulo fino metro cúbico (m3)	50KG (para 40 charolas)	Debe considerarse que sea lavada y de granulometría fina (mezcla de polvo y greña)
	PRECIO POR UNIDAD	300	413	445	280
	NO. PIEZAS	1	1	1	1
	TOTAL POR PRODUCTO	0,015477	0,015477	445	280
	PRECIO POR CHAROLA	4,64	6,40	11,13	9,33
VENTAJAS	ECONOMICAS	3	3	1	2
	DE MANEJO	1	2	3	2
	DURABILIDAD	3	3	1	2
	FACIL ACCESO	3	3	2	2
	INOCUAS	1	2	3	3
	NO REACTIVAS	1	3	3	3
PUNTUACIÓN		12	16	13	14
DESVENTAJAS		PUEDO INTERFERIR CON EL pH Y CE DE LA SOLUCIÓN	PUEDO ADHERIRSE A LAS RAICES, Y EN EL TRANSPLANTE PROVOCAR DESPRENDIMIENTO DE LAS MISMAS, SI NO SE TIENE CUIDADO	CARO	SI NO ESTA BIEN LAVADO, PUEDE TENER UNA ELEVADA SALINIDAD

Cuadro no.12 Evaluación de sustratos

Aparentemente el mejor sustrato podría ser el tezontle y el menos indicado la arena. El peat moss tiene un elevado precio, debe comprarse en cada siembra y no es tan accesible como los demás, sin embargo, sería recomendable evaluarlos experimentalmente en rendimiento.

El segundo aspecto que se evaluó en la siembra fue el **recipiente del almacigo**, donde se coloca la semilla, que pueden ser cajas de madera (foto no.16) o bien charola de propagación (foto no.17), se evaluaron ambos en costo y funcionalidad (cuadro no.13).



Foto no.16 Caja de madera forrada de Plástico

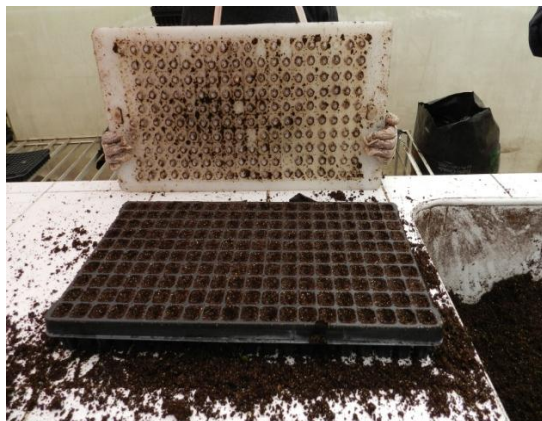


Foto no.17 Charola de propagación 200 cavidades.

RECIPIENTE DE ALMACIGO		CAJAS DE MADERA	CHAROLA DE PROPAGACIÓN
	CARACTERÍSTICAS	hechas de madera reciclada y forradas de plastico negro 700 galgas	200 cavidades
	PRECIO POR UNIDAD	31,12	35
	NO. PIEZAS	1	1
	TOTAL POR PRODUCTO	31,12	35
VENTAJAS	ECONOMICAS	3	2
	DE MANEJO	3	3
	DURABILIDAD	2	3
	FACIL ACCESO	1	3
	INOCUAS	1	3
	NO REACTIVAS	3	3
PUNTUACIÓN		13	17
DESVENTAJAS		DEBE TENERSE ACCESO A MADERA DE RECICLAJE	

Cuadro no. 13 Evaluación de recipientes de almácigo

Por varias razones se elige la charola de propagación, aunque aparentemente el costo es más elevado, las ventajas son varias:

En la caja debe cambiarse o lavarse perfectamente el plástico y puede ser reutilizado 3 o cuatro veces, mientras que la durabilidad de la charola puede ser varias veces más, aunque depende del manejo.

La cavidad de la charola alberga una semilla, lo que evita que se maltraten las raíces en el trasplante por encontrarse enredadas con las raíces de otras plantas, como sucede en la caja con sustrato.

El costo de la charola no es significativo, comparado con la caja.

En la charola de plástico puede utilizarse cualquier sustrato, porque se forma un cepellón que puede trasplantarse completo, lo que no sucede en la caja. Esto es de consideración, principalmente por el sustrato que se adhiere a la raíz y que puede ocasionar algún problema en los canales de cultivo.

Por último el tiempo que se utiliza para realizar el trasplante es mayor si se utiliza la caja, ya que se emplea mucho tiempo en separar las plántulas y retirar el sustrato. La charola tiene mayor durabilidad, inocuidad y facilidad de manejo.

En el **pos-almácigo** se elige el sistema de raíz flotante (foto no.18) por las siguientes razones:

1) Más económico.

2) Como son superficies pequeñas (menos de 500 m²), el espacio y la inversión son menores.

3) El tamaño necesario de pos-almacigo es adecuado para que lo maneje una sola persona junto con el manejo de toda la instalación.



Foto no. 18 Sistemas pos-almácigo

4) El desarrollo radicular es mejor en tamaño y características (color, longitud) (foto no. 19).



Foto no. 19 Desarrollo radicular en pos-almacigo de raíz flotante

5) Se evita el requerimiento de mayor oxigenación, por el contacto directo entre la solución y la raíz, a diferencia de otro sistema hidropónico que emplee sustrato, el sustrato que queda en la zona radicular se encuentra saturado y no hay poros con aire.

6) En un sistema flotante hay menor problema en la disposición de nutrientes, recomendable en esta etapa, y el sistema es más estable para la raíz.

7) Por el tamaño de la plántula el cajón del sistema flotante no es muy grande y no existe gran desperdicio de la solución.

Se recomienda en un trabajo posterior, analizar cuál es la superficie en el que puede ser recomendable utilizar NFT en pos-almácigo por las ventajas que existen en el manejo, y costo de mano de obra. Las razones por las que se juzga conveniente una investigación más amplia son:

- 1) El cultivo no se encuentra cercano al piso.
- 2) No se manipula tanto la raíz, principalmente si se utiliza un sustrato como peat moss, evitando el contacto de las manos con las raíces, ya que la sanidad pudiera ser un factor considerable.
- 3) El tiempo de realizar el trasplante es menor, así como el daño radicular.
- 4) La inversión inicial sería otorgada por los programas gubernamentales, por lo tanto, el peso económico de la inversión se minimiza.

5.1. Resultados de la evaluación de materiales (Propuesta).

Se propone un módulo para la producción de lechuga en sistema NFT, con las siguientes consideraciones:

1) Solución nutritiva

Sistema **NFT modificado**, con pendiente cero, en una disposición según Faquin (1996) y canales de cultivo no mayores a 15 metros de largo.

Profundidad de la película nutritiva de 2cm. La oxigenación se propone mediante el diseño, con la caída al tanque de almacenamiento en forma de ducha, además de la adición de la piedra de acuario en el tanque, ya que las temperaturas en México son más elevadas.

La **oscuridad** debe garantizarse, mediante la pintura de los tubos y mantener cerrados los canales de cultivo con las tapaderas de PVC, así como cubierto el tanque de la solución.

El **bombeo de la solución nutritiva**, deberá ajustarse a las condiciones climáticas de la región, ya que el flujo deberá ser más rápido en climas con temperaturas altas y el bombeo más continuo. Se deberán realizar pruebas preliminares, iniciado con 15 min de bombeo y 1 hora de paro, acortándose el tiempo de paro hasta que la temperatura en la solución no exceda los 22 °C y sea adecuada para el cultivo.

Las **soluciones nutritivas** recomendadas son la de John Mason, Murulanda y Juan Izquierdo y la de Antonio González de la UNAM, la elección es por costo y accesibilidad, sin embargo cabe mencionar que es necesario realizar investigación según la zona en donde se utilice la formula.

Manejo de **CE**: Se aplican los nutrientes en la concentración deseada, se sugieren niveles bajos de conductividad entre 1,5 y 1,8 para evitar estrés del cultivo. A la semana de establecidas se sugiere alcanzar el rango de conductividad preestablecido, nunca excediendo 2.5 dS/m.

Control diario de la solución nutritiva: Se propone un **sistema manual de control de solución**. La solución requiere ser corregida diariamente, como se explicó en el Capítulo II.

2) Componentes estructurales

El diseño será con un solo tanque colector para producir 2,500 lechugas en un módulo de 100 m²

El sistema debe ponerse en marcha sin plantas, para revisar las conexiones que no existan fugas, y que todos los aditamentos funcionen correctamente, evitando goteras o fugas.

En relación a su dimensión depende del volumen de solución a transportar a través del sistema, sin embargo como el **flujo** requerido no supera los 2 litros por minuto, normalmente el diámetro de las tuberías es de 1 pulgada (Carrasco, et al, 1996).

La **tubería colectora** se localiza frente a los canales de cultivo, en una altura inferior de estos, de forma que la solución desciende por gravedad de preferencia en tubos de manguera no transparente. Esta tubería se encuentra en pendiente descendiente hacia el estanque colector. Al final de esta, se requiere colocar un codo de PVC recubierto con material aislante (polietileno), para facilitar su caída. El diámetro de esta tubería debe ser igual o mayor al ancho del canal de cultivo.

La **bomba** debe dar un caudal de operación en relación a la altura manométrica requerida y eficiencia. Debe existir 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 (aproximadamente 80-90 cm) la bomba deberá ser capaz de impulsar eficientemente un caudal máximo equivalente al producto del caudal que se maneja para cada canal de cultivo (2 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. Se propone una bomba de 2 hp, centrífuga, que se instalará en un costado superior del tanque colector, de preferencia una bomba solar.

Los **canales** se sugieren de PVC reforzado, con separación de 12 cm de canal a canal, en una disposición de 8 tubos, con una longitud de 12 m, máximo 15 m, con una densidad de siembra de 25 lechugas /m².

Los **soportes** mejor calificados son los hechos con material de perfil cuadrado “zintro” por costo, manejo y espacio debajo de los canales de cultivo. Estos se deben anclar.

3) Manejo del cultivo

Se recomienda hacer la **siembra** en charolas con 200 cavidades, con **sustrato** de tezontle, pero se sugiere evaluar experimentalmente el tezontle y el peat moss, principalmente si se

hace un **pos-almacigo** en raíz flotante. Por las observaciones hechas en campo, el manejo de pos-almacigo brinda un mejor desarrollo radicular, especialmente el que se realiza a raíz desnuda eliminando el sustrato, con un enjuague de la raíz para eliminar el exceso de gránulos. Esta opción es la que se recomienda, porque si bien tiene un costo adicional, el manejo evita problemas fitosanitarios, y se utiliza tezontle que es un sustrato accesible para los productores. Sin embargo como también se comentó en este capítulo correspondiente, es recomendable evaluar estos procedimientos experimentalmente.

Se elige el sistema de raíz flotante en el pos-almácigo, con 15 días en almácigo, 15 días en raíz flotante y 30 días en canales de cultivo.

La elección de la **variedad** de lechuga, también es un aspecto que necesitará investigación, para poder recomendar al productor la más adecuada. Se deberán adquirir semillas sin pelletizar.

4) Manejo fitosanitario

En el análisis económico se recomienda solamente considerar el costo de:

- 1) Trampas amarillas y azules
- 2) Cloro necesario para la labor de limpieza y sanitización
- 3) 2 aplicaciones de Ca y Micronutrientes semanales.
- 4) En cuanto a la aplicación de fungicidas y pesticidas, se recomienda un manejo integral.

En México es necesario considerar un invernadero con techo de plástico y laterales con malla antiáfidos, en algunas zonas deberá considerarse necesaria la instalación de mecanismos para evitar las temperaturas mayores a 28°C, como un sistema de aspersión con aspersores tipo “foggers”, o en donde no se presente una humedad relativa alta, una pared húmeda. En zonas frías debe garantizarse la continuidad en el crecimiento del cultivo, manteniendo la temperatura por arriba de los 11 °C, para lo cual será necesario contemplar un calentador de gas.

VI. EVALUACIÓN ECONÓMICA

El conocimiento de los requerimientos económicos y tecnológicos, no será de utilidad si no se propone con ello un sistema productivo, un sistema rentable y sustentable, que solucione la necesidad no sólo de alimento, si no que a su vez, brinde una ganancia decorosa para quien lo produce.

Cualquier agente económico desarrolla un proceso de inversión cuando destina recursos con el fin de obtener, mediante su utilización, una corriente de utilidades en periodos posteriores. La evaluación de la inversión consiste en la cuantificación de dichas utilidades previstas en comparación con los desembolsos realizados. La inversión se dice es viable cuando las utilidades futuras superan las cantidades desembolsadas (Urrestarazu, 2004).

Factores que contribuyen a la rentabilidad de la hidroponía, sobre el cultivo del suelo son: mayor densidad de población, riego automático, no deshierbes, mayor rendimiento y calidad, varias cosechas al año, más precocidad, ahorro de agua y fertilizantes (Sánchez *et al*, 1988).

En términos generales, señala Douglas (1976) citado por Sánchez (1988), que el capital invertido en instalar una unidad hidropónica se amortiza en uno y medio o dos años.

Un proceso *técnicamente eficiente* es aquel que hace el mínimo uso de recursos para obtener una determinada cantidad de producto, mientras que una alternativa *económicamente eficiente* será aquella, que minimice el costo de producción de una cantidad determinada de producto. Dicho de otra forma, la eficiencia económica radica en elegir aquel proceso productivo que, para un nivel determinado de costos, eleva al máximo el nivel de producción (Martínez y Lira, citados por Cabrera, 2005).

La evaluación económica de proyectos tiene por objetivo identificar las ventajas asociadas a la inversión en un proyecto antes de la implementación del mismo. Mientras que la evaluación económica integra en su análisis tanto los costos monetarios como los beneficios expresados en otras unidades relacionadas con las mejoras en las condiciones de vida de un grupo, que en este trabajo se refiere a una familia de la zona rural, la evaluación

financiera se considera únicamente la vertiente monetaria de un proyecto con el objetivo de considerar su rentabilidad en términos de flujos de dinero. Se distinguen tres tipos de análisis económico según las características de los beneficios:

-Análisis de Costo-Utilidad (ACU): los beneficios identificados se expresan en una escala de utilidad. Ayuda a establecer un orden según la bondad de actuaciones alternativas

-Análisis de Costo-Efectividad (ACE): Compara costos en unidades monetarias con beneficios expresados en otro tipo de unidades. Permite elegir entre alternativas que podrían cumplir los mismos objetivos con diferentes costos.

- Análisis de Costo- Beneficio (ACB): Expresa costos y beneficios en unidades monetarias. Permite evaluar la rentabilidad de la acción según criterios objetivos. Este es el tipo de análisis más extendido en los estudios de viabilidad de inversiones productivas. También es el primer paso en la evaluación financiera. En este trabajo sólo se calculó este análisis.

6.1 Premisas de evaluación

Para el cálculo de la evaluación se especifica:

Indicador de evaluación: Ingreso mensual de un trabajador promedio de la zona de Amozoc de Mota, Puebla

Periodo de realización del indicador: 4 años

Unidad de medida: Pesos mexicanos

Grupo destinatario: Hombre o mujer responsable de una familia rural en el Municipio de Amozoc de Mota Puebla, con una superficie disponible por lo menos de 100 m² para cultivo

Se consideró como primer aspecto un ingreso mínimo conveniente para el productor. En la zona se encuentran varias fábricas en las cuales un obrero percibe entre \$750.00 y \$1,500.00 pesos semanarios más prestaciones de ley como vacaciones y aguinaldo.

El periodo se consideró de 4 años, dado que la depreciación fiscal del invernadero que es el rubro más importante se aplica en dicho lapso, se necesitará mantenimiento de cambio de plásticos y el proyecto debe considerar esta nueva inversión para garantizar su continuidad.

En cuanto al destinatario el proyecto se canalizó a personas que tengan o deseen un invernadero dotado por la Secretaria de Desarrollo Rural o alguna instancia de gobierno. Amas de casa, campesinos o personas en zonas rurales, responsables de la familia.

Existen varios tipos de costos; Son el conjunto de pagos, obligaciones contraídas, consumos, depreciaciones, amortizaciones y aplicaciones atribuibles a un periodo determinado, relacionadas con las funciones de producción, distribución, administración y financiamiento (Ortega Pérez de León, citado por Cabrera, 2005). Estas definiciones se presentan para un mejor entendimiento en los puntos siguientes.

Costos de Inversión: Se consideran los costos de los elementos que la componen y la puesta en marcha de la misma. En otros costos de inversión que deben ser tomados en cuenta son capacitación del personal, visita del especialista en el tema y la adquisición de publicaciones (Carrasco et al, 1996).

Costos fijos (CF): Son aquellos que no varían al hacerlo la producción. Los costos de cualquier factor fijo constituyen un costo fijo, pues al no variar la cantidad empleada de un factor, tampoco lo hará su costo. Los costos fijos son costos inevitables para una empresa. Pueden ser los costos de mantención de la empresa, impuestos por el uso del suelo, derechos de agua, etc. (Martínez y Lira, 1988 citados por Cabrera 2005).

Costos variables (CV): Son aquellos que varían directamente con el nivel de producción de un bien. Crecen si se produce más y disminuyen si se produce menos. Si la empresa no produce, los costos variables serán igual a cero (Martínez,1988).

La medida de los costos fijos se hace refiriéndose a la unidad de tiempo, por ejemplo, \$100/año, mientras que los variables se refieren a la unidad de producto, por ejemplo, \$15/kg. Los costos variables pueden estar constituidos por el capital de trabajo y los costos de operación.

Capital de trabajo: Corresponde a los costos de ventas, remuneraciones y pagos de comercialización de los primeros cuatro meses de iniciada la empresa, se considera este periodo porque durante el primer mes se trabajará en la instalación del sistema “NFT”, después de 60 días, aproximadamente se obtendrá la primera cosecha para la venta y un periodo de venta y recuperación de un mes.

Costos de operación: Los costos de operación comprenden los insumos directos de producción, la mano de obra y la depreciación del equipo para una cosecha de lechugas.

Costo total (CT) es la cantidad total que la firma debe pagar por el uso de todos los insumos especificados en la función de producción, y es igual a la suma del costo fijo y el costo variable (Martínez y Lira, 1988 citados por Cabrera 2005).

$$CT = CV + CF$$

Costo medio (CMe) se define como el costo total de producir un bien, dividido por el nivel de producción o el número de unidades producidas. En otras palabras, el costo medio es igual al costo unitario. Existen entonces los costos medios fijos (CMeF) y los costos medios variables (CMeV).

Cabe mencionar que los costos que se presentan a continuación de los materiales necesarios para la implementación de la técnica han sido elegidos previa evaluación en el capítulo anterior, y se presentan en este estudio económico los materiales más adecuados.

6.2. Presupuesto de Egresos

6.2.1. Inversión

El presupuesto de inversiones se presenta en el cuadro no.14, en el cual se muestra la inversión necesaria para ejecutar el proyecto, la cual asciende a ciento cuarenta y dos mil trescientos ochenta y nueve pesos, distribuidos de la siguiente manera:

INVERSIÓN FIJA	105,548.00
INVERSIÓN DIFERIDA	15,700.00
CAPITAL DE TRABAJO	21,141.50
TOTAL	142,389.57

Cuadro no. 14. Presupuesto de inversiones

6.2.1.1. Inversión fija

La inversión fija se refiere a la inversión inicial referida principalmente a la estructura de protección o invernadero de 100m² y al sistema hidropónico NFT que consta de una batería de trabajo especificada en el capítulo anterior, dicha batería está limitada por la capacidad del tanque, pudiese repetir la batería o módulo de trabajo cuantas veces sea necesario en una superficie mayor, hasta el volumen de tanque siguiente.

El rubro mayor de la inversión es el invernadero, que como base será de 100 metros cuadrados, ya que comenta en comunicación personal el Profesor Rodríguez, es rentable desde dicho tamaño en Perú. Se incluye también el sistema de producción NFT, herramientas y equipo de trabajo, con un costo de cincuenta mil cuatrocientos diecinueve pesos. En total la inversión fija es de ciento cinco mil quinientos cuarenta y ocho pesos para el año cero del proyecto (Anexo no. 7). La inversión se calcula sobre los materiales propuestos en el cuadro no.15.

Costos de inversión	Inversión fija	Material de protección	Invernadero
		Sistema Hidropónico NFT	Tanque colector
			Bomba centrífuga bronce
			Timer digital por minuto
			Tubería de distribución de PVC de 1"
			Tubería de drenaje de PVC de 4"
			Llaves y conectores
			Manguera de ½" negra para gas
			Canales de cultivo
			Canastillas
			Soportes de canales de cultivo
			Filtro de malla
			Oxigenador de tanque
		Equipo y herramientas	pHmetro
			Conductímetro
			Termo higrómetro
			Calefactor
			Plancha de termopor de 1mx1m de 2cm espesor
			Charola almaciguera de 200 cavidades
			Mochila 4 lt
			Camioneta de reparto

Cuadro no. 15 Materiales de Inversión Fija

6.2.1.2. Inversión Diferida

El proyecto requiere una inversión de quince mil setecientos pesos (Anexo no.7), inversión requerida principalmente para los gastos de instalación, permisos, licencias, contratos y capacitación necesarios para la producción (cuadro no.16).

Inversión Diferida	Servicios	Línea telefónica
		Contrato de luz monofásica
	Permiso	Uso de suelo
	Instalación	Instalación de Sistema Hidropónico
	Capacitación	Capacitación del personal encargado

Cuadro no.16 Inversión diferida

6.2.1.3. Capital de trabajo

El Capital de Trabajo considera aquellos recursos que requiere el Proyecto para atender las operaciones de producción y comercialización de bienes, esto es financiar la producción antes de percibir ingresos. En efecto, desde el momento que se compran insumos o se pagan sueldos, se incurren en gastos a ser cubiertos por el Capital de Trabajo en tanto no se obtenga ingresos por la venta del producto final. Entre estos requerimientos se tiene: Materia Prima, Materiales directos e indirectos, Mano de Obra directa e indirecta, Gastos de Administración y comercialización que requieran salidas de dinero en efectivo.

La Inversión en Capital de Trabajo se diferencia de la Inversión fija y diferida, porque estas últimas pueden recuperarse a través de la depreciación y amortización diferida; por el

contrario, el Capital de Trabajo no puede recuperarse por estos medios dada su naturaleza circulante; pero puede resarcirse en su totalidad a la finalización del Proyecto.

El primer mes se contempla para la instalación y puesta en marcha del invernadero y sistema hidropónico. Los dos siguientes la producción de lechuga, y al tercer mes se contempla un gasto de venta y comercialización, el cual se extiende a dos meses por el plazo de pago.

La superficie a cultivar determina las necesidades de los gastos de venta y comercialización, estos rubros, para superficies pequeñas, no es conveniente la comercialización en burbuja plástica ni contar con un transporte y lo que de ello derive.

Para superficies más grandes la comercialización será diferente con una inversión más grande en cuanto a comercialización, manejo del producto y entrega del mismo, esto se contempla en los costos dependiendo de la capacidad productiva (Anexo 8).

El capital de trabajo mensual asciende a veintiún mil ciento cuarenta y un pesos (Anexo no.7). En el análisis del mismo, podemos observar que en el módulo de 100 m^2 no se toma en cuenta el rubro de mano de obra (Cuadro no.17), ya que el productor va a hacer la labor, sin embargo si se tuviera que considerar, el capital de trabajo sería aproximadamente el doble y se comprueba que la mano de obra es el rubro más significativo.

La mano de obra se calcula con base en lo recabado en las entrevistas con los productores de quienes se analizó el común entre ellos de eficiencia y se encontró un patrón que nos permite calcular la carga de trabajo para una persona (3,500 lechugas /trabajador) la eficiencia es un promedio ya que los productores entrevistados varían su proceso de comercialización, y como ya se mencionó además de ser un gasto variable considerable aquellos que comercializan el producto en restaurantes, necesita menos trabajadores (hasta 4 trabajadores) , y aquellos que comercializan las lechugas en supermercado deben tener un sistema de distribución.

CAPITAL DE TRABAJO	Costos Fijos	Gastos Administrativos	Electricidad pago bimestral se calcula mensualmente
			Teléfono
			Permiso de funcionamiento (anual) se calcula mensualmente
			Pago SOAPAP (Agua) se calcula mensualmente
		Costo de Mano de obra	Personal administrativo
			Personal de producción
	Costos Variables	Gastos de venta	Técnico encargado
			Bolsa
			Cinta de sello
			Burbuja plástica o bolsa
			Etiqueta
			Mantenimiento de transporte
		costos de producción	Gasolina
			Chofer
			Semilla
			Fertilizantes
			Espuma
			Sustrato
			Cloro (litros)
			Control sanitario

Cuadro no.17 Rubros de capital de trabajo.

Se sostiene la misma proporción entre productores. Sólo en el caso de un productor (Neservi S.A.) la mano de obra se sale de este rango, y es más eficiente porque según observaciones del Dr. Resh (en comunicación personal) además de tener y manejar la técnica de la mejor forma, práctica trasplante a NFT con peat moss, lo que le permite

ahorrar mano de obra; Sin embargo el productor que comercializa más producto a tiendas de supermercado, utiliza más mano de obra en total por la presentación del producto (en burbuja), lo cual requiere de un cuarto de procesamiento, lavado y empackado del producto, un área administrativa y de reparto. A medida que el espacio de producción crece, la eficiencia del personal es menor, principalmente por la especialización de las actividades y el manejo del producto por el tipo de canal de comercialización.

6.3. Presupuesto de Ingresos (Precios constantes)

6.3.1. Precio de venta

Para estimar los ingresos anuales por la venta de la producción, se debe conocer previamente los precios de competencia y los posibles clientes, además estimar el costo del producto anual durante los años de vida del proyecto. Es decir se obtiene el flujo de caja que es el inicio de la evaluación.

Como se mencionó anteriormente la lechuga puede comercializarse según Morgan (1999), en tres formas, según el segmento de consumo:

- Lechuga de cogollo entero envasada
- Lechugas troceadas listas para el consumo- ensaladas combinadas
- Lechugas de hojas tiernas troceadas listas para el consumo

En este caso se considera la venta de lechuga de cogollo entero, en bolsa, cuya venta se realiza a un acopiador para venta a restaurantes y tiendas de comida rápida. Se elige este medio de comercialización, ya que el productor no necesita infraestructura para poder comercializar la lechuga como por ejemplo cuarto frío o transporte especializado, y por el volumen y condiciones de venta, sería imposible ingresar directamente. El precio es unitario (por cogollo de lechuga). Se propone una infraestructura más grande si se

comercializa en supermercados, como Walmart o SAM'S donde el precio lo permite (entre 12 y 15 pesos) o en presentación lista para consumirse en ensalada donde el precio al público llega hasta 49.00 pesos por charola, pero sólo dos empresas controlan el mercado de lechugas pre-cortadas y empacadas — Pro-Agro y Mr. Lucky — dejando el mercado de especialidades a pequeñas empresas como Las Obsidianas, Agros Lechuga y Next Vegetales. El precio puede ser considerablemente mejor, dado el valor agregado del producto, sin embargo en estas plazas debe contemplarse el volumen requerido, las condiciones de venta, las condiciones de pago, y que existen competidores muy grandes como los mencionados.

El precio de venta varía mucho en el mercado, dependiendo de la plaza en la que se coloque el producto, en este caso se inicia con un segmento muy poco benéfico para el productor, y se irá incrementando el precio, junto con la capacidad de proceso del producto.

El precio oscila entre 7 y 10 pesos por unidad, se tomará el precio base para proteger el análisis, 7 pesos por cogollo.

6.3.2 Capacidad productiva

Se considera como punto de partida para iniciar el análisis económico, una unidad mínima (100 m²), y saber cuántas unidades son adecuadas para que sea rentable, según los mercados a atender y además cubra los indicadores de evaluación. En este módulo como se mencionó en el capítulo anterior se pueden cultivar 2,500 lechugas mensuales.

Por lo tanto el ingreso mensual está dado por:

Ingreso mensual = Producción x precio de venta

IM = 2500 lechugas x \$7 = \$17,500.00

Los costos de operación se calculan con base a los insumos y materia prima que se necesita mensualmente para producir lechugas. La producción se planea de una forma escalonada para tener una oferta constante en el mercado, por consiguiente el primer mes de cultivo se divide en 4 semanas, por lo tanto se tiene un ingreso semanal igual a:

Ingreso semanal = $((2500 \text{ lechugas mensuales} * 12 \text{ meses}) / 52 \text{ semanas}) * 7 \text{ pesos}$

Ingreso semanal = \$4,038.00 pesos

Si se considera un ingreso semanal de \$4,038.00 pesos y un egreso de costos de fijos y variables de \$1,219.71, existe una diferencia positiva de \$2,819.71 pesos semanales, podría presumirse que se cumple la primera premisa que el ingreso debe estar en un rango de \$700 a \$1,500.00 pesos semanales, el productor tiene un margen de fluctuación en el precio de 2 pesos para que se cumpla la premisa del rango especificado, sin olvidar que es el precio mínimo del mercado.

6.4. Cálculo de las depreciaciones

Las depreciaciones se calculan a la inversión fija del proyecto, la inversión diferida no se toma en cuenta para las amortizaciones, ya que en el proyecto no se contemplan intangibles (marcas, patentes), si no sólo permisos como Licencia de Funcionamiento, uso de suelo, permisos y trámites municipales como agua, luz, etc.

Las depreciaciones aplicadas se basan en la Ley del Impuesto sobre la Renta, con el método de línea recta, que consiste en recuperar una cantidad igual cada año por determinado número de años, los cuales están dados por el propio porcentaje aplicado (Baca 1993), como se observa en el cuadro no.18.

CONCEPTO	MONTO	PORCENTAJE DEPRECIACIÓN ANUAL	TOTAL DEPRECIACIÓN	1	2	3	4
Invernadero	55.129,37	25%	13.782,34	41.347,03	27.564,69	13.782,34	-
Tanque colector	881,00	7%	61,67	819,33	757,66	695,99	634,32
Timer digital	3.500,00	25%	875,00	2.625,00	1.750,00	875,00	-
Sistema NFT	40.575,70	13%	5.071,96	35.503,74	30.431,78	25.359,81	20.287,85
pHmetro	1.484,87	10%	148,49	1.336,38	1.187,90	1.039,41	890,92
Conductímetro	1.646,00	10%	164,60	1.481,40	1.316,80	1.152,20	987,60
Termo higrómetro	499,55	10%	49,96	449,60	399,64	349,69	299,73
Calefactor	7.306,84	7%	511,48	6.795,36	6.283,88	5.772,40	5.260,92
			20.665,50			valor de salvamento	28.361,35

Cuadro no.18 Depreciaciones

6.5. Calculo del Flujo de Efectivo, Estado de Resultados Proforma

La información acerca de los flujos de efectivo es útil porque suministra a los usuarios de los estados financieros las bases para evaluar la capacidad que tiene la empresa para generar efectivo, así como sus necesidades de liquidez. Permite evaluar la capacidad que la empresa tiene para generar efectivo y equivalentes al efectivo, así como las fechas en que se producen y el grado de certidumbre relativa de su aparición. El resultado total es la variación del efectivo en la empresa, que será positiva si aumenta y negativa si disminuye.

La finalidad del análisis del Estado de Resultados o de pérdidas y ganancias es calcular la utilidad neta y los flujos netos de efectivo del proyecto, que son en forma general el

beneficio real de la operación, y se obtienen restando de los ingresos los costos en los que se incurra y los impuestos y gastos que deba pagar.

Punto de Equilibrio, se agregará al Análisis de Estado de Resultados; es el punto en donde los ingresos totales recibidos se igualan a los costos asociados de un producto (IT = CT). Un punto de equilibrio es usado comúnmente para determinar la posible rentabilidad de vender determinado producto.

Si el producto puede ser vendido en mayores cantidades de las que arroja el punto de equilibrio tendremos entonces que la empresa percibirá beneficios. Si por el contrario, se encuentra por debajo del punto de equilibrio, tendrá pérdidas.

$$\text{Punto de Equilibrio (piezas)} = \frac{\text{Costos Fijos}}{\text{Precio} - \text{Costos Variables por unidad producida}}$$

$$\text{PE piezas} = \frac{3,778}{7 - (1507.43/2500)} = 591 \text{ lechugas}$$

El punto de equilibrio resulta favorable ya que representa el 24% de la producción que se puede obtener en una superficie de 100 m².

Como se observa en el Cuadro no.19 del Estado de Resultados, el primer año no se cumple la premisa de cubrir el salario de un trabajador, la razón principal, es por el número de cosechas al año, ya que se contemplan 7 meses de cultivo, por la instalación y el tiempo antes de percibir algún ingreso. Por lo tanto debe considerarse cultivar todo el año, para que la superficie tan reducida (100 m²) sea rentable.

ESTADO DE RESULTADOS PROFORMA

(Valores en Pesos Mexicanos)

Concepto	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Ingresos	122,500.00	192,500.00	210,000.00	210,000.00
Costos	14,695.00	16,163.72	17,633.15	17,633.15
Utilidad Bruta	107,805.71	176,336.28	192,366.85	192,366.85
Gastos Directos	45,335.56	73,135.56	73,135.56	73,135.56
Gastos de Venta	304.00	418.00	456.00	456.00
Utilidad de la Operación	62,166.15	102,782.72	118,775.29	118,775.29
Depreciación	20,665.50	20,665.50	20,665.50	20,665.50
Gastos Financieros	0.00	0.00	0.00	0.00
Utilidad antes de Impuesto	41,500.65	82,117.22	98,109.79	98,109.79
Impuesto (10%)	2,079.60	2,079.60	2,079.60	2,079.60
UTILIDAD NETA	39,421.05	80,037.62	96,030.19	96,030.19
FLUJO DE EFECTIVO	60,086.55	100,703.12	116,695.69	96,030.19
PREMISA DE INGRESOS (41,250.00 a 82,500.00)	NO SE CUMPLE	SE CUMPLE EN EL LÍMITE INFERIOR MÁS NO ASÍ PARA EL LÍMITE SUPERIOR	SE CUMPLE	SE CUMPLE

Cuadro no. 19 Estado de Resultados Pro-forma

6.6. Cálculo de VAN, TREMA, TIR

Para evaluar la viabilidad de un proyecto de inversión los indicadores más utilizados por los expertos son: Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno (TIR), TREMA y periodo de recuperación.

Estos indicadores de evaluación permiten dar una medida, más o menos ajustada, de la rentabilidad que se puede obtener del proyecto de inversión, antes de ponerlo en marcha. Las tasas de interés consideradas para los cálculos se presentan en el cuadro no.20

Estos valores también permiten compararlo con otros proyectos similares, y, en su caso, realizar los cambios en el proyecto que se consideren oportunos para hacerlo más rentable, en el cuadro 21 se presentan estos valores.

TASA	%	FUENTE
Prima inflación	3.90000	CONDUCEF
Prima de riesgo (promedio)	7.49500	FIRA
Costo de financiamiento	15.00000	BANCARIO-HIPOTECARIO FIRA
TIIE	4.80000	BANXICO
Tasa de descuento (sumatoria)	31.19500	
TIR	50.03000	
TMAR= inflación (i)+ premio al riesgo(pr) + (i*pr)	40.62550	

Cuadro no. 20 Tasas de interés.

VPN		años	factor de valor presente	flujos efectivo	valor presente
		0	- 142.389,52		- 142.389,52
I/1+tasa	0,7622	1	0,762224	60.086,55	45.799,42
Tasa= TIE + inflación	8,5	2	0,580986	100.703,12	58.507,07
TIE tasa de interés interbancaria 2011	4,5	3	0,442841	116.695,69	51.677,67
TIE tasa de interés interbancaria 2020	4,8	4	0,337544	116.695,69	39.389,97
Tasa de inflación Dic 2011	3,82				52.984,62

Cuadro no.21 VPN

Los criterios de evaluación son los siguientes:

VPN mayor a 0 acéptese la inversión

TIR mayor a TMAR acéptese la inversión

Si la TIR es mayor que la tasa de descuento, el proyecto se debe aceptar, siempre y cuando se reinviertan los flujos netos de efectivo. Por el contrario, si la Tasa Interna de Retorno es menor que la tasa de descuento, el proyecto se debe rechazar pues estima un rendimiento menor al mínimo requerido.

Con base a los criterios de evaluación **SE ACEPTA** la inversión

6.7. Coeficiente de Beneficio-Costo

El Coeficiente o razón Beneficio/Costo, es el cociente que resulta de dividir las sumatorias de los beneficios esperados, entre la sumatoria de los costos a una tasa de interés fija predeterminada, es decir:

$$B/N = \frac{\text{Ingresos Esperados (actualizados)}}{\text{Inversión Total + Costos esperados actualizados}}$$

Inversión Total + Costos esperados actualizados

$$\text{Razón Beneficio / Costo} = \frac{735,000.00}{142,389.52 + 332,500.55}$$

$$B/C = 1.55$$

Criterios de evaluación:

B/C = >1: Los Beneficios son mayores al Costo por lo tanto se **ACEPTA** el proyecto

B/C = 1: Los Beneficios son iguales al Costo se recomienda **REVISAR** el proyecto

B/C = <1: Los Beneficios son inferiores a los Costos, se **RECHAZA** el proyecto

En este caso el B/C es mayor a 1 por lo tanto **SE ACEPTA EL PROYECTO**

6.8. Determinación de la superficie comercial

En el punto anterior se ha determinado que a partir de 100 m² de superficie, el cultivo de lechuga en sistema hidropónico NFT, es rentable, y es una superficie recomendable para un mínimo de ingresos que permite cumplir el objetivo del proyecto, sin embargo en este apartado se anexan algunos rubros como comercialización y trabajadores de planta que incrementan el capital de trabajo y modifican los ingresos, por lo tanto es necesaria una producción mayor y unos ajustes a los cálculos anteriores que se presentan en el anexo.8, por lo tanto debe calcularse un nuevo punto de equilibrio (cuadro no.22).

Se aplican los mismos criterios de evaluación y cálculos que en el apartado anterior y se presenta en el cuadro siguiente los resultados obtenidos. Se presentan dos puntos de equilibrio ya que se calcula con dos precios de venta (\$7.00 y \$10.00 pesos mexicanos) respectivamente.

Superficie	1000m ²	2000 m ²	3000 m ²	4000m ²
Producción mensual (no.lechugas)	25.000	50.000	75.000	100.000
Costos fijos	42.932,60	42.932,60	42.932,60	42.932,60
Precio	7,00	7,00	7,00	7,00
Precio	10,00	10,00	10,00	10,00
Costos variables /producción	14,74	7,37	4,91	3,69
Punto de equilibrio \$7.00 pesos	- 5.544	- 115.474	20.587	12.955
Punto de equilibrio \$10.00 pesos	- 9.051	16.335	8.442	6.799

Cuadro no. 22. Punto de equilibrio para una superficie comercial

Se observa que la superficie rentable con un precio menor (\$7.00 pesos), es de 3,000 metros cuadrados, y con un precio mayor, que contempla otra presentación y empaque (burbuja plástica), se reduce a 2,000 metros cuadrados. Si se cotejan los resultados obtenidos con lo observado en campo (investigación primaria), se confirma que en Perú la superficie económicamente rentable para pequeños productores es de 2,000 m², y en México, comenta el Arq. Federico Fuentes que el área rentable comercialmente es de 3,000 m².

Si se presta atención a la diferencia entre precio de venta y costo, para obtener los beneficios económicos que obtienen los productores Peruanos (50% al 100% del costo), (comunicación personal con el Profesor Rodríguez), se confirma el comentario del Arq. Fuentes, la superficie comercialmente rentable es de 3,000 metros cuadrados.

6.9. Beneficios del Proyecto

6.9.1. Beneficios Económicos

Como se puede observar en los cálculos, el proyecto es rentable desde una superficie de 100 metros cuadrados, con un cociente costo/beneficio de 1.55, con las premisas de:

-La mano de obra utilizada, es la del mismo propietario del invernadero, una mano de obra familiar.

-El empaque del producto es en bolsa plástica, sin ningún valor agregado.

-Es necesario que se comercialice el producto a un intermediario o bien a restaurantes de la zona donde no se genere un gasto de comercialización.

-No se contempla ninguna infraestructura que garantice la cadena de frío, y debe considerarse que la lechuga, principalmente la que se cultiva en sistemas hidropónicos (de roseta), es muy sensible a la deshidratación y pierde rápidamente su aspecto de frescura y presentación.

-Cabe destacar que a pesar de los inconvenientes mencionados, el productor garantiza un ingreso económico igual o superior al del trabajo realizado en una empresa, con 8 horas diarias de trabajo.

-El sistema hidropónico permite hacer un uso racional del agua al absorber sólo 2 por ciento del líquido y reutilizar el 98 por ciento restante, el cual se recicla para mantener una nutrición continua, y puede utilizarse cuando se termina el ciclo para riego.

-Menor costo de fertilizantes, y pesticidas

6.9.2. Beneficios Sociales

Los beneficios sociales, se centran en el bienestar de el productor al poder tener un ingreso, utilizando un área en su parcela o bien un invernadero que por superficie no sea rentable con un cultivo de jitomate.

Si se suma que el productor sea de género femenino, los beneficios se multiplican, porque puede tener un ingreso sin descuidar las necesidades del hogar, al poder disponer del tiempo y espacio a su libre albedrío.

En las zonas rurales la mano de obra, principalmente aquella de sexo masculino, escasea ya que emigran, dejando a la familia desprotegida en muchos casos y sin una fuente de ingreso, por ello, el beneficio más importante, se presentaría a familias donde la mujer ha quedado al frente de ella. Los programas de gobierno en los últimos años otorgan un peso muy importante a la equidad de género, y el apoyo a grupos de mujeres que se organicen y presenten un proyecto productivo, por lo tanto este trabajo representa una alternativa para ellas, viable y rentable.

-Se evita la contaminación del cultivo por bacterias y agentes patógenos como el cisticerco, e-coli y salmonella.

-No se contamina, ni el suelo con un mal manejo de fertilizantes, ni el ambiente con el uso de pesticidas y herbicidas.

CONCLUSIONES

El sistema de cultivo hidropónico NFT, representa una gran ventaja para el productor por sus beneficios económicos, de inocuidad y de manejo. Es una técnica relativamente fácil de instalar comparada con otras técnicas hidropónicas y principalmente, el cultivo de lechuga no requiere de un experto en nutrición por el manejo simplificado de la solución nutritiva, expuesto en este trabajo. Lo anterior no significa que no se requiera de capacitación, sin embargo esta es más asimilable, y se adquiere en menor tiempo, ya que se puede tener un número de cosechas mucho mayor que con otros cultivos (11 ciclos de lechuga comparado con una o dos cosechas de jitomate), generándose una experiencia mayor en un menor tiempo.

Los resultados de este trabajo, cumplen con el objetivo de conocer los requerimientos económicos y tecnológicos de la técnica hidropónica de producción NFT. Los resultados de la investigación, determinan que la superficie económicamente rentable es de 100 m² con una razón beneficio costo de 1.55. La superficie comercial de 3,000 m².

La comercialización es el punto más crítico, según los productores en Perú y en México, desde aquellos que comercializan en mercados aledaños hasta aquellos que han podido introducir un producto de calidad a los supermercados o en restaurantes. Por ello también se sugiere realizar un estudio de mercado.

La lechuga es un alimento sumamente perecedero, principalmente aquella que se cultiva en sistema hidropónico, por las características de las variedades utilizadas (de roseta), por ello es importante destacar el papel de la elección de la variedad, y tomar en cuenta no sólo las características de cultivo, y la resistencia a bolting o tip-burn, si no, también el mercado y la vida de anaquel.

Es necesaria la capacitación de los productores principalmente en los aspectos agronómicos que pueden comprometer la producción, es un sistema que requiere constancia y dedicación en las labores culturales.

Los problemas más importantes identificados en esta investigación se enumeran a continuación. Si se presentan uno o varios de ellos, se afecta directamente la producción en cantidad y calidad.

1. Aparición de fisiopatías como Tip-burn, subida de la flor (bolting), mala formación de la cabeza (acogollado), que pueden deberse a aspectos climáticos o de nutrición.
2. Desordenes nutricionales, lento crecimiento del cultivo por elegir una solución nutritiva no adecuada o por el calentamiento de la solución nutritiva, deficiencia de Calcio o de Fierro, conservar una relación K/N 2:1., o calidad de agua ($CE > 2$).
3. Problemas de oscurecimiento y/o muerte de las raíces por problemas de oxigenación debidas a la falla del bombeo de la solución, ya sea por falta de circulación de la solución, o por inundación de los canales.
4. Elevadas temperaturas en la solución que disminuyen la concentración de oxígeno en la solución nutritiva.
5. Plagas como pulgones (*Myzuz persicae*), orugas (*Spodóptera exigua*, *Spodóptera littoralis*, *Hliothis armígera*), trips (*Frankiniella occidentalis*), y, enfermedades como mildiú (*Bremia lactucae*), botrytis (*Botrytis cinérea*), y virosis como el bronceado del tomate (TSWV), que son rápidamente diseminadas por las características de recirculación de la solución nutritiva.
6. Falta de sanitización cuando se termina una campaña de cultivo.

Se han adecuado los materiales a aquellos más fáciles de adquirir e implementar en México, principalmente en el área de Amozoc, Puebla (centro de la República Mexicana),

sin embargo se debe puntualizar que es necesaria más investigación para la mejor implementación de la técnica, en los temas de variedades a cultivar, control fito-sanitario, estudio de mercado, y proceso de producción, en este último específicamente en el manejo de las etapas de cultivo (1 o 2 trasplantes) y sustratos a manejar para minimizar el daño radicular en el trasplante, y mano de obra requerida.

En los resultados de la evaluación de materiales se especifican las características necesarias para garantizar el sistema. La tecnología es básica mientras más pequeña es la superficie de cultivo, sin embargo es necesaria la automatización del riego, y es preferible un sistema para asegurar la sanidad con sistema de rayos UV.

Cuando esta superficie de cultivo es mayor la tecnología necesita adecuar un manejo más rápido y automatizado de los procesos, sufre poca variación, en cuanto a procedimientos, sin embargo los costos de mano de obra se incrementan, principalmente cuando se requiere de un área de empaque, y un equipo de comercialización.

La elección de los materiales en la ingeniería del sistema, afecta directamente en la rentabilidad del mismo, y el nivel tecnológico seleccionado depende directamente del tamaño de la superficie a cultivar y del volumen de producción requerido.

La diferencia importante al elegir el proceso de cultivo, radica en el número de trasplantes (1 ò 2) y en la forma de realizar el pos-almácigo (Raíz flotante ò NFT). Cuando se tiene una superficie comercial, es necesario por costo y mano de obra elegir el sistema NFT en pos-almácigo, con orificios en los canales de cultivo más juntos.

En cuanto a los requerimientos económicos, se puede decir que dependen mucho de la selección que realice el productor de los insumos y de las opciones para implementar la técnica, lo mejor es adaptar los materiales disponibles en la zona. Los materiales y la tecnología elegida en este trabajo se seleccionaron según los resultados de la evaluación de materiales realizada en el Capítulo 5.

La evaluación económica arroja como resultado una inversión en una superficie de 100 m² un total de: \$142,389.57 pesos, con una inversión fija de \$105,548.00 pesos, una inversión diferida de \$15,700.00 pesos y capital de trabajo por \$21,141.57 pesos.

Con esta inversión, se tiene una razón costo/beneficio de 1.55, garantizando el ingreso de un salario promedio de un trabajador en la zona de Amozoc de Mota, Puebla, este salario es equivalente a 8.3 dólares semanarios con una paridad de cambio en Junio de 2012 de 13.5 pesos mexicanos / dólar).

La inversión también variará dependiendo del lugar de instalación, ya que será necesario garantizar un rango de temperatura (11°C a 22°C). Este rango es el adecuado para lograr que la planta no se estrese, y logre expresar su potencial genético y las ventajas de la técnica. Dentro del invernadero pueden ser necesarios, un sistema de calentamiento y un sistema de enfriamiento del ambiente, y de la solución nutritiva, ya que en México las temperaturas oscilan considerablemente entre el día y la noche, según la estación del año.

La inversión en los sistemas mencionados puede comprometer la rentabilidad del sistema en superficies pequeñas si no se eligen los sistemas pasivos o activos, adecuados, para estas superficies. Son convenientes sistemas manuales, dispositivos de aislamiento, pantallas térmicas móviles, cobertura del suelo, incluso paredes húmedas, en invernaderos pequeños. Los sistemas de energías renovables siempre son una opción, porque aunque se eleve la inversión inicial, siempre reduce los costos de operación y reducen los riesgos por falta de energía.

ANEXO I

Solubilidad del oxígeno en agua expuesta al aire saturado de humedad y una atmósfera de presión

Temperatura de la solución °C	Concentración de cloruro en agua $mg L^{-1}$					Diferencia cada 100 g de cloruro
	0	5.000	10.000	15.000	20.000	
	Oxígeno disuelto en $mg L^{-1}$					
0	14.6	13.8	13.0	12.1	11.3	0.017
1	14.2	13.4	12.6	11.8	11.0	0.016
2	13.8	13.1	12.3	11.5	10.8	0.015
3	13.5	12.7	12.0	11.2	10.5	0.015
4	13.1	12.4	11.7	11.0	10.3	0.014
5	12.8	12.1	11.4	10.7	10.0	0.014
6	12.5	11.8	11.1	10.5	9.8	0.014
7	12.2	11.5	10.9	10.2	9.6	0.013
8	11.9	11.2	10.6	10.0	9.4	0.013
9	11.6	11.0	10.4	9.8	9.2	0.012
10	11.3	10.7	10.1	9.6	9.0	0.012
11	11.1	10.5	9.9	9.4	8.8	0.011
12	10.8	10.3	9.7	9.2	8.6	0.011
13	10.6	10.1	9.5	9.0	8.5	0.011
14	10.4	9.9	9.3	8.8	8.3	0.010
15	10.2	9.7	9.1	8.6	8.1	0.010
16	10.0	9.5	9.0	8.5	8.0	0.010
17	9.7	9.3	8.8	8.3	7.8	0.010
18	9.5	9.1	8.6	8.2	7.7	0.009
19	9.4	8.9	8.5	8.0	7.6	0.009
20	9.2	8.7	8.3	7.9	7.4	0.009
21	9.0	8.6	8.1	7.7	7.3	0.009
22	8.8	8.4	8.0	7.6	7.1	0.008
23	8.7	8.3	7.9	7.4	7.0	0.008
24	8.5	8.1	7.7	7.3	6.9	0.008
25	8.4	8.0	7.6	7.2	6.7	0.008
26	8.2	7.8	7.4	7.0	6.6	0.008
27	8.1	7.7	7.3	6.9	6.5	0.008
28	7.9	7.5	7.1	6.8	6.4	0.008
29	7.8	7.4	7.0	6.6	6.3	0.008
30	7.6	7.3	6.9	6.5	6.1	0.008

Fuente: Schuarz (1995) citado por Urrestarazu (2004)

ANEXO 2

Guía de preguntas (entrevista con expertos en hidroponía)

Entrevista con expertos en hidroponía

Nombre del entrevistado _____

Fecha _____

Lugar _____

Agradezco, su tiempo para esta entrevista, el objetivo es recabar información sobre los aspectos técnicos y económicos de la técnica NFT para la producción de lechuga

1. ¿Qué sistema hidropónico considera el mejor para la producción de lechuga?
2. ¿Por qué?
3. ¿Cuánto se produce en un sistema NFT y que densidad de siembra recomienda?
4. ¿Qué superficie recomienda para iniciar?
5. ¿Cuál es el limitante tecnológico para instalar NFT?
6. ¿Cuál es el principal problema en producción?
7. ¿Cuál es el costo más relevante?
8. ¿Qué variedades son adecuadas?
9. ¿Influye el mercado en la producción?
10. ¿Cómo debe comercializarse un producto hidropónico?
11. ¿Qué es lo más caro en la instalación?
12. ¿Qué es lo más difícil para optimizar la producción?
13. ¿Cuáles son los procedimientos adecuados para la producción de lechuga en un sistema NFT?
14. ¿Cuáles son los insumos más caros?
15. ¿Cuál es la mejor metodología, 1 trasplante o pos-almácigo?
16. ¿Qué sustrato es el más conveniente?
17. ¿Cómo se disminuye el impacto de la falta de suministro de corriente eléctrica, para el bombeo de la solución?
18. ¿Por qué NFT es el mejor sistema hidropónico para producir lechuga?
19. ¿Qué recomendaciones haría a los productores en los invernaderos visitados?
20. ¿Qué no debe hacerse en un sistema NFT?

ANEXO 3

Ficha Técnica de los entrevistados

Ficha no.1

Nombre: M.C. Alfredo Rodríguez Delfín

Lugar de entrevista: CIHNM en la UNALM, Lima Perú y recorrido en invernaderos

Fecha: 10 de Agosto de 2012

Director del Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral de la Universidad Nacional Agraria La Molina; editor del Boletín Informativo de Red Hidroponía. Biólogo, Maestro en Ciencias con especialidad en Fertilidad del Suelo, egresado de la Universidad Nacional Agraria La Molina, en Lima, Perú. Profesor Principal del Departamento de Biología, Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Agraria La Molina, con amplia experiencia laboral en docencia, investigación y extensión en el campo de la Fisiología Vegetal, con énfasis en Fotosíntesis, Hormonas Vegetales, Nutrición Mineral y Fisiología del Estrés.

Amplia experiencia en diseño de sistemas hidropónicos, formulación de soluciones nutritivas y cultivos hidropónicos. Consultor nacional e internacional en proyectos hidropónicos comerciales, sociales y educativos. Amplia capacidad en el diseño de sistemas, implementación, ejecución, cumplimiento y control de planes, objetivos y metas en la actividad y proyectos hidropónicos. Expositor en eventos nacionales e internacionales en el campo de la nutrición mineral de las plantas y cultivos hidropónicos. Autor y editor de numerosas publicaciones sobre cultivos hidropónicos.

Colaborador de las revistas especializadas Practical Hydroponics & Greenhouses de Australia, The Growing Edge de EEUU, Agronoticias y Agro Enfoque de Perú. Árbitro de la publicación científica Scientiae Horticulturae. Árbitro de la publicación científica Acta Horticulturae. Miembro de la Hydroponic Society of America, Colegio de Biólogos del Perú y de la International Society for Horticultural Sciences Patrocinador de Tesis de estudiantes de las carreras de Biología y Agronomía y Post Grado en las especialidades de Suelos y Producción Agrícola.

Anexo 3. Continuación.....

Ficha no.2

Nombre: Doctor Howard M. Resh

Lugar de entrevista: CIHNM en la UNALM, Lima Perú y recorrido en invernaderos

Fecha: 10 de Agosto de 2012

Howard M. Resh nació el 11 de enero 1941 en Canadá es internacionalmente conocido como investigador de la hidroponía. Estudiante graduado en la Universidad de British Columbia (UBC) en Vancouver, Canadá en 1971. Colaboró en la enseñanza de las clases profesionales de hidroponía. Terminó su doctorado en Horticultura de la UBC en 1975, trabajó tres años como horticultor urbano de la Facultad de Ciencias Vegetales de la UBC. El Dr. Resh con precisión puede ser descrito como un pionero internacional de la hidroponía y es en parte responsable de los materiales y métodos en la industria de la hidroponía cada vez más popular.

Es un experto en el diseño de invernaderos y de consultoría. Ha instalado empresas comerciales de hidroponía en todo el mundo, entre ellos Venezuela, Taiwán, Arabia Saudita, y los EE.UU.

Algunos de los más recientes proyectos, en los que ha participado exitosamente, son: De 1990 a 1999, el Dr. Resh fue Director Técnico y Gerente de Proyectos hidropónicos de cultivo de berro y hierbas aromáticas en California. Diseñó y construyó varios acres de instalaciones al aire libre de berros utilizando un sistema NFT único que superó las pérdidas de producción debido a las condiciones de sequía en la zona. En 1999, el Dr. Resh inició una única granja hidropónica en la isla de Anguila, instituciones de Bretton Woods, en el Caribe Oriental, donde sigue cultivando en la actualidad.

A mediados de 1999, se convirtió en Gerente de Resh hidropónico, la primera granja hidropónica asociada con un complejo de alta calidad: el CuisinArt Resort & Spa, en Anguila, BWI en el noreste del Caribe.

Su investigación ha ayudado a la eficacia del sistema NFT, realizó unas de las primeras investigaciones en sustrato de fibra de coco, soluciones nutritivas, innovaciones en la producción de invernadero comerciales y otras innovaciones para la hidroponía.

El Dr. Resh se ha ganado su lugar en la historia, y está al lado de Gericke y Hoagland como un héroe de la hidroponía.

Anexo 3. Continuación.....

Ficha no.3

Nombre: M.C. José Reynaldo Vázquez Ortiz

Lugar de entrevista: SESAVEP, Cholula Puebla

Fecha: Marzo 2012

PERIODO	LUGAR		CONCEPTO
2008 A 2010	PUEBLA, PUEBLA		MAESTRÍA EN DESARROLLO REGIONAL SUSTENTABLE
1980-1984	SALTILLO, COAHUILA		LICENCIATURA EN HORTICULTURA
FECHA	DENOMINACIÓN	POSICIÓN	LUGAR
JULIO-DICIEMBRE 2010	3R DIPLOMADO INTERNACIONAL EN HORTICULTURA PROTEGIDA UNIVERSIDAD DE ALMERÍA, ESPAÑA.	MODERADOR Y ASISTENTE	PUEBLA, PUE.
JULIO A DICIEMBRE 2009	2º DIPLOMADO INTERNACIONAL EN HORTICULTURA PROTEGIDA UNIVERSIDAD DE ALMERÍA, ESPAÑA.	MODERADOR Y ASISTENTE	PUEBLA, PUE.
MARZO 2006 A ENERO 2007	1R DIPLOMADO INTERNACIONAL EN HORTICULTURA PROTEGIDA	ASISTENTE	PUEBLA, PUE.
MARZO A DICIEMBRE DE 1999	FORMACIÓN DE GERENTES EN CALIDAD ALIMENTARIA	ASISTENTE	PUEBLA, PUE.

24 DE FEBRERO A 2 DE MARZO 2003	CERTIFICATE OF COMPLETION	FARM PROCESS INSPECTOR TRAINING ORGANIC	OAXACA, OAX.
20 AND 21 SEPT 2004	CERTIFICATE OF ATTENDANCE	CERTIFY EUREPGAP FRESH PRODUCE CERTIFICATION WORKSHOP	GUANAJUATO, GTO.
27 DE OCTUBRE DE 2009	APROBACIÓN	RECONOCIMIENTO DE CONSULTORES MÉXICO CALIDAD SUPREMA, CON ORIENTACIÓN HORTOFRUTÍCOLA	MÉXICO, DF
21 JULIO 2010	PONENTE	1R CURSO TALLER PRODUCCIÓN DE CHILE SERRANO CON ENFÁSIS EN PLAGAS, ENFERMEDADES Y NUTRICIÓN	TETELA DE OCAMPO, PUEBLA.
NOVIEMBRE Y DICIEMBRE 2011	EXPOSITOR	4º CURSO SOBRE NORMATIVIDAD PARA COMERCIALIZACIÓN DE PLAGUICIDAS Y PROGRAMA CAMPO LIMPIO	PUEBLA, PUE.
MAYO 2012	PONENTE	CURSO FORMACIÓN Y/O ACUTALIZACIÓN DE PROFESIONALES EN SISTEMAS DE REDUCCIÓN DE RIESGOS DE CONTAMINACIÓN EN LA PRODUCCIÓN PRIMARIA DE ALIMENTOS DE ORIGEN VEGETAL	CHOLULA, PUE.
MAYO 2012	EXPOSITOR Y ASISTENTE	CURSO NORMATIVIDAD APLICABLE Y REDUCCIÓN DE RIESGOS, DIRIGIDO A EMPRESAS COMERCIALIZADORAS DE PLAGUICIDAS EN USO AGRÍCOLA	PUEBLA, PUE.

ANEXO 4

Cédula de Investigación de encuesta a productores peruanos

Cédula 1.

No. Entrevista	1	fecha	9 de Agosto de 2011						
Nombre de la empresa	NESERVI S.A. PERÚ INTERMEDIA S.A.								
tipo de asociación	S.A.								
Ubicación	CIENEGUILLAS								
SuperficieProducción	2,000 M2 / 32,000 LECHUGAS MENSUALES								
Cultivo	LECHUGAS								
Producción	32,000 lechugas mensuales								
Variedad	BONITA HARDEY CANTARIX, DUETT								
Sistema de cultivo	NFT								
Dueño	ENRIQUE MAYORGA / FAMILIA SHERIER								
Fecha de inicio	AÑO 2009								
Encargado	BIOL. ANTONIO QUISPE BARTOLO								
Observaciones:									
Inversión inicial	64,000 DOLLS								
costo de producción	0.49 soles								
precio de venta	1.50 SOLES								
lugar de venta	VEA								
producción	SE CUENTA CON 7 MODULOS UNO PARA POSALMACIGO Y 6 PARA PRODUCCIÓN.								
observaciones generales	VENTAJA COMPETITIVA, LA PRESENTACIÓN EN EL MERCADO SIN EMPAQUE SÓLO CON ETIQUETA EN EL CUELLO DE LA LECHUGA, EN UN CARRO CON SISTEMA DE RAÍZ FLOTANTE QUE CONSERVA LA LECHUGA VIVA. LA DIFUSIÓN DE LA HIDROPONÍA SE HA REALIZADO POR EL CIHNM A ESCUELAS, EL MEJOR MEDIO DE DIFUSIÓN PARA QUE LAS PERSONAS CONOZCAN LA DIFERENCIA Y VENTAJAS DE UN CULTIVO HIDROPÓNICO.								
no. de trabajadores	4 ATENDIENDO EL INVERNADERO, 1 CHOFE, 2 MERCADERISTAS, 1 JEFE DE PRODUCCIÓN								

cuenta con invernadero	sí	X
	no	
tipo de cubierta	antiafidos	

utiliza algún tipo de	SI	
	MALLA SOMBRA ROJA	

metodo de desinfección	ozono	
	uv	
	otro	NINGUNO

método oxigenación	diseño	X
	burbujeo	
	otro	

sales solución nutritiva	la Molina	
	hace mezcla	X
	otra	

formulación	la molina	
	otra	X

soportes	varilla	X
	ángulo	
	otro	

tanque de solución	1	x
	2	

bomba	sumergible	
	centrífuga	1/2 hp

altura de sol.	DFT
----------------	-----

riego	intermitente	x
	continuo	

horario	5 MINUTOS DE BOMBEO 3 MINUTOS DE PARO
---------	--

observaciones	EN ESTE CASO SERÍA CONVENIENTE REVISAR EL NO. DE VECES QUE PRENDE LA BOMBA POR EL CONSUMO DE ENERGÍA (EN EL ARRANQUE EXISTE UN PICO DE CONSUMO) Y EL TIEMPO 5 MIN. SABER SI ES SUFICIENTE, SI VACÍA EL CANAL
---------------	---

Cédula 2.

	horizontal	X		cuenta con invernadero	si	X		varilla	X	
Disposición	A				no			soportes	ángulo	
	vertical			tipo de cubierta	ANTIREFLECTIVOS				otro	
módulos	largo			utiliza algún tipo de malla	SI			tanque de solución	1	X
	ancho				LA SOMBRA EN VERANO				2	
	no tubos									
canales de cultivo	PVC	X		metodo de desinfección	ozono			bomba	sumergible	
	rectangular				uv				centrifuga	X
	otro				otro	NINGUNO				
								altura de sol		
almacigo	arena	X		método oxigenación	diseño	X		riego	intermitente	X
	peat moss				burbujeo				continuo	
	charola	X			otro					
	otro									
								horario	15 MINUTOS BOMBEO UNA HORA DE PARO 24 HORAS	
				sales solución	la Molina					
					hace mezcla	X				
					otra					
pos-almacigo	NFT			formulación	la molina				observaciones	
	Flotante				otra	X			EL SUSTRATO DE ARENA CUANDO SE TRANSPLANTA A RAIZ FLOTANTE, LA PLANTULA SE TIENE QUE ACOSTAR PARA QUE NO TENGA PROBLEMAS EN EL CUELLO DE PLANTA, Y SOLA ENTEDEREZA	
	sin	X								

ANEXO 4. Continuación.....

Cédula 3.

Datos de la empresa

No. Entrevista

3

fecha 9 de Agosto de 2011

Nombre de la empresa	TECNOLOGÍA AGRARIA MEZARINA E.I.R.L.
tipo de asociación	E.I.R.L.
Ubicación	AV. CORDILLERA BLANCA Mz. F10 Lt.2 DELICIAS DE VILLA 2a ZONA CHORRILLOS
SuperficieProducción	300 m ²
Cultivo	LECHUGA
Producción	8,000 lechugas mensuales
Variedad	Rosa Lolla, Hoja de roble roja y verde, mantecosa
Sistema de cultivo	NFT
Dueño	CESAR MESARINA
Fecha de inicio	AÑO 2005
Encargado	LA FAMILIA
Observaciones:	
Inversión inicial	6,000 Dolls
costo de producción	0.40 soles (2.70 soles por dólar)
precio de venta	3 soles en burbuja,, 1 sol por pieza a restaurantes
lugar de venta	restaurantes

producción	Germinación en papel servilleta/ una vez germinado se coloca en la esponja 25 días y el segundo transplante es a los tubos de cultivo 30 a 35 días
observaciones generales	Inicio con 200 plantas en 6 tubos, ha ido creciendo conforme el mercado
no. de trabajadores	2

Disposición	horizontal	X
	A	
	vertical	

cuenta con invernadero	si	
	no	x
tipo de cubierta	ninguna	

soportes	varilla	
	ángulo	
	otro	tabiques

módulos	largo	6m
	ancho	
	no tubos	24

utiliza algún tipo de malla	si	
	shell en verano	

tanque de solución	1	x
	2	

canales de cultivo	PVC	x
	rectangular	
	otro	

metodo de desinfección	ozono	
	uv	
	otro	ninguno

bomba	sumergible	
	centrífuga	1/2 hp

almacigo	arena	
	peat moss	
	charola	
	otro	cubos esponja

método oxigenación	diseño	x
	burbujeo	
	otro	

altura de sol.	DFT	
----------------	-----	--

sales solución	la Molina	
	hace mezcla	x
	otra	

horario	se riega una hora se descansa otra sin regar en la noche	
---------	--	--

pos-almacigo	NFT	
	Flotante	
	sin	x

formulación	la molina	x
	otra	

observaciones

No utiliza soporte (canasta o vaso) en el canal de NFT, los orificios son pequeños y se sostiene con la esponja, son dos pasos siembra en esponja y transplante a canales de PVC.

ANEXO 4. Continuación.....

Cédula 4.

Datos de la empresa

No. Entrevista

4

fecha

9 de Agosto de 2011

Nombre de la empresa	LANDA PRODUCE S.A.C.
tipo de asociación	S.A.C.
Ubicación	Km. 87 DE LA PANAMERICANA SUR LOCALIDAD DE MALA, LIMA
SuperficieProducción	900 m ² NFT, 2,500 M ² TOTAL DE LA SUPERFICIE
Cultivo	LECHUGA
Producción	18,000 lechugas mensuales
Variedad	BONITA, DUETT
Sistema de cultivo	FLOTANTE Y NFT
Dueño	LUIS LANDA
Fecha de inicio	NFT, HACE 3 MESES
Encargado	FAMILIA
Observaciones:	
Inversión inicial	ESPACIO PARA 2000 LECHUGAS 1,400 DOLARES
costo de producción	0.50 SOLES
precio de venta	2.50 SOLES
lugar de venta	CENTROS COMERCIALES (WONG)

producción	SIEMBRA EN PEAT MOSS Y TRANSPLANTA A LOS 25 DÍAS A CANAL, SOLO DOS PASOS. NO RETIRA EL PEAT MOSS EN EL TRANSPLANTE. DEBE OXIGENAR MÁS EN VERANO, RECIRCULA MAS RÁPIDO. COMENTA QUE LA INVERSIÓN ES MAYOR EN FLOTANTE QUE EN NFT
observaciones generales	EL SISTEMA DE RECOLECCIÓN NO TIENE MANGUERA, SON INSTALACIONES DE PVC, TOTALMENTE CERRADAS. DEBE ELABORAR SU SOLUCIÓN POR TENER AGUA SALINA
no. de trabajadores	4

Disposición	horizontal	x	cuenta con invernadero	si	x	soportes	varilla		
	A			no			ángulo		
	vertical			tipo de cubierta	antiafidos		otro	madera	
módulos	largo	12	utiliza algún tipo de malla			tanque de solución	1	x	
	ancho	2					2		
	no tubos	8							
canales de cultivo	PVC	x	metodo de desinfección	ozono		bomba	sumergible		
	rectangular			uv			centrífuga	1/2 hp	
	otro			otro	ninguno				
almacigo	arena		método oxigenación	diseño	x	altura de sol.	DFT		
	peat moss			burbujeo			riego	intermitente	x
	charola			otro				continuo	
	otro		sales solución nutritiva	la Molina		horario	15 minutos cada hora, en verano 20 minutos		
		hace mezcla		x					
		otra							
pos-almacigo	NFT		formulación	la molina		observaciones	Es la primera campaña en NFT, son 25 dias en almacigo en charola en peat moss, sería interesante evaluar si no se etiola la planta y si no hay daño de raíces al transplante y el desarrollo radicular por la permanencia en almácigo		
	Flotante			otra	x				
	sin	x							

ANEXO 4. Continuación.....

Cédula 5.

Datos de la empresa

No. Entrevista

5

fecha

9 de Agosto de 2011

Nombre de la empresa	HIDROPONÍA INKA S.A.C
tipo de asociación	S.A.C.
Ubicación	CIENEGUILLA
SuperficieProducción	2,800 M ²
Cultivo	LECHUGA
Producción	25,000 lechugas mensuales
Variedad	DUETT, BOHEMIA CRESPA, HARDEY, ROMANA, AMORIX, LOLLO ROSA
Sistema de cultivo	NFT
Dueño	SEÑORA FLOR DE MARÍA
Fecha de inicio	HACE 5 AÑOS
Encargado	FAMILIA
Observaciones:	
Inversión inicial	
costo de producción	0.45 SOLES
precio de venta	1.50 SOLES POR PIEZA EN SUPERMERCADO Y 7 SOLES POR KILO A RESTAURANTES
lugar de venta	WONG Y A RESTAURANTES POR KILO
producción	GERMINA EN PAPEL SERVILETA 5 DIAS, POSALMACIGO EN NFT Y TERCER TRASPLANTE A NFT CON UNA MERMA DEL 2%
observaciones generales	TIENE CERTIFICACIÓN
no. de trabajadores	6

Disposición	horizontal	x
	A	
	vertical	

cuenta con invernadero	si	
	no	X
tipo de cubierta	NINGUNA	

soportes	varilla	X
	ángulo	
	otro	

módulos	largo	18
	ancho	
	no tubos	8

utiliza algún tipo de malla	SI	
	MALLA SOMBRA NEGRA	

tanque de solución	1	X
	2	

canales de cultivo	PVC	x
	rectangular	
	otro	

metodo de desinfección	ozono	
	uv	
	otro	ninguno

bomba	sumergible	
	centrífuga	1 hp

altura de sol.	DFT CON NIVEL BAJO
----------------	--------------------

almacigo	arena	
	peat moss	
	charola	
	otro	PAPEL TOALLA Y DESPUES DE 5 DIAS, ESPONJA

método oxigenación	diseño	X
	burbujeo	
	otro	

riego	intermitente	x
	continuo	

sales solución nutritiva	la Molina	
	hace mezcla	X
	otra	

horario	15 MINUTOS BOMBEA 15 MINUTOS DESCANSA
---------	---------------------------------------

pos-almacigo	NFT	X
	Flotante	
	sin	

formulación	la molina	X
	otra	

observaciones

UTILIZA VASOS DE 1 ONZA CON LA ESPONJA Y EL POSALMACIGO DE ESTA FORMA LO PUEDE HACER EN NFT MODIFICADO CON EL ESPACIO MAS PEQUEÑO ENTRE PLANTA

ANEXO 5
Codificación y análisis de datos

		NUMERACIÓN ASIGNADA		
	ITEM	1	2	3
1	sistema hidroponico	NFT	Flotante y NFT	flotante en transición a NFT
2	disposición de los canales	horizontal	disposición en "A"	vertical
3	largo de canal	hasta 12 m	12-15 m	más de 15 m
4	no de tubos	7	8	más de 8
5	material del canal	PVC	rectangular	otro
6	cuenta con invernadero	si	no	
7	tipo de cubierta	plastico	mallla antiafidos	mallla sombra
8	tipo de soportes de los canales de cultivo	varilla	ángulo	otro
9	no. de tanques de solución	1	2	
10	tipo de bomba	sumergible	centrífuga	
11	riego	intermitente	continuo	
12	método de desinfección de la solución	ozono	uv	ninguno
13	método de oxigenación de la solución	diseño	burbujeo	otro
14	número de trasplantes	1	2	
15	sustrato empleado	arena	peat moss	esponja
16	sistema en pos-almacigo	NFT	flotante	no hay pos-almacigo
17	germinación	en papel servilleta	en caja almaciguera	charola
18	formulación de la solución nutritiva	la molina	formulan	
19	altura de la lámina	película	< 2 cm	DFT modificado
20	Lugar de venta	supermercados	restaurantes	supermercados y restaurantes
21	empaque	bolsa	burbuja	en carro sistema DFT

ANEXO 6
Matriz de datos

		ENCUESTAS					% NO RESPUESTAS			MEDIA	MEDIANA	MODA
ITEM	1 NESERVI	2 DN MIGUEL	3 MEZARINA	4 LANDA	5 INKA	6 MEXICO	1	2	3			
1	1	1	1	1	1	1	67	17	17	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	100	0	0	1	1	1
3	2	2	1	2	3	2	17	67	17	2	2	2
4	2	1	3	2	2	2	17	67	17	2	2	2
5	1	1	1	1	1	1	100	0	0	1	1	1
6	1	1	2	1	2	1	67	33	0	1	1	1
7	2	2	3	2	3	1	17	50	33	2	2	2
8	1	1	3	3	1	2	50	17	33	2	2	1
9	1	1	1	1	1	1	100	0	0	1	1	1
10	2	2	2	2	2	2	0	100	0	2	2	2
11	1	1	1	1	1	1	100	0	0	1	1	1
12	3	3	3	3	3	3	0	0	100	3	3	3
13	1	1	1	1	1	1	100	0	0	1	1	1
14	2	1	1	1	2	2	50	50	0	1	2	2
15	2	1	3	2	3	2	17	50	33	2	2	2
16	1	3	3	3	1	2	33	17	50	2	3	3
17	3	3	1	3	1	3	33	0	67	2	3	3
18	2	2	1	2	1	2	33	67	0	2	2	2
19	3	3	3	3	1	3	17	0	83	2	3	3
20	1	1	2	1	3	2	50	33	17	2	2	1
21	3	1	1	1	1	2	67	17	17	1	1	1

ANEXO 7

Cálculo de la Inversión

				producción	2500 lechugas/ mensuales			
					capacidad	no piezas	costo unitario	total del costo
Costos de inversión	Inversión fija	Material de protección	Invernadero	100	1	55.129,37	55.129,37	
		Sistema Hidropónico NFT	Tanque colector	1000	1	881,00	881,00	
			Bomba centrífuga bronce	1/2 hp	1	1.200,00	1.200,00	
			Timer digital por minuto	pieza	1	3.500,00	3.500,00	
			Tubería de distribución de PVC de 1"	pieza	12	44,50	534,00	
			Tubería de drenaje de PVC de 4"	pieza	6	468,00	2.808,00	
			Llaves y conectores	pieza	9	30,00	270,00	
			Manguera de ½" negra para gas	pieza	3	25,60	76,80	
			Canales de cultivo	lote con 8 canales de 12m	3	3.393,60	10.180,80	
			Canastillas	pieza	3000	3,92	11.760,00	
			Soportes de canales de cultivo	pieza	30	51,68	1.550,25	
			Filtro de malla	pieza	1	436,70	436,70	
			Oxigenador de tanque	pieza	2	95,08	190,16	
		Equipo y herramientas	pHmetro	pieza	1	1.484,87	1.484,87	
			Conductímetro	pieza	1	1.646,00	1.646,00	
			Termo higrómetro	pieza	1	499,55	499,55	
			Calefactor	pieza	1	7.306,84	7.306,84	
			Plancha de termopor de 1mx1m de 2cm espesor	pieza	40	92,80	3.712,00	
			Charola almaciguera de 200 cavidades	pieza	15	49,50	742,50	
			Mochila 4 lt	pieza	2	820,00	1.640,00	
			Camioneta de reparto		0	448.650,00	-	
					Total Inversión fija			105.548,84
	Inversión Diferida	Servicios	Línea telefónica			1.500,00	1.500,00	
			Contrato de luz monofásica			2.000,00	2.000,00	
		Permiso	Uso de suelo			3.500,00	3.500,00	
		Instalación	Instalación de Sistema Hidropónico			3.200,00	3.200,00	
		Capacitación	Capacitación del personal encargado			5.500,00	5.500,00	
Total Inversión Diferida						15.700,00		
TOTAL INVERSIÓN						121.248,84		

ANEXO 7 Continuación.....

CAPITAL DE TRABAJO	Costos Fijos	Gastos Adminis- trativos	Electricidad pago bimestral se calcula mensualmente	186 horas consumo más oficinas en KW	290	2,95	854,63
			Teléfono		1	750,00	750,00
			Permiso de funcionamiento (anual) se calcula mensualmente		1	320,00	320,00
			Pago SOAPAP (Agua) se calcula mensualmente		1	120,00	120,00
			Personal administrativo		0	7.650,00	-
		Costo de Mano de obra	Personal de producción		1	4.050,00	-
			Técnico encargado	visita semanal	1	1.733,33	1.733,33
				Total Costos Fijos			3.777,96
	Costos Variables	Gastos de venta	Bolsa	kg	1	38,00	38,00
			Cinta de sello		0		-
			Burbuja plástica o bolsa		0		-
			Etiqueta		0	0,50	-
			Mantenimiento de transporte		0	300,00	-
			Gasolina		0		-
			Chofer		0	4.000,00	-
				Gastos de Venta			38,00
		costos de producción	Semilla	gr	3	26,00	69,06
			Fertilizantes	dosis por tanque	2,3	95,00	218,50
			Espuma	metro	5	33,64	168,20
			Sustrato	por charola	20,00	9,33	186,67
			Cloro (litros)		10	14,00	140,00
			Control sanitario	350 ml	3	229,00	687,00
				Costos de Producción			1.469,43
		Total de Costos Variables				1.507,43	
Total Costos					5.285,39		

ANEXO 8

Inversión para un proyecto de escala comercial

producción	25000 lechugas/ mensuales			
	capacidad	no piezas	costo unitario	total del costo
Invernadero	1000	4	289.701,08	1.158.804,32
Tanque colector	5000	8	7.982,18	63.857,44
Bomba centrífuga bronce	2hp	8	5.248,00	41.984,00
Timer digital por minuto	pieza	8	3.500,00	28.000,00
Tubería de distribución de PVC de 1"	pieza	480	44,50	21.360,00
Tubería de drenaje de PVC de 4"	pieza	240	468,00	112.320,00
Llaves y conectores	pieza	360	30,00	10.800,00
Manguera de ½" negra para gas	pieza	120	25,60	3.072,00
Canales de cultivo	lote con 8 canales de 12m	120	3.393,60	407.232,00
Canastillas	pieza	3000	3,92	11.760,00
Soportes de canales de cultivo	pieza	1200	51,68	62.010,00
Filtro de malla	pieza	8	436,70	3.493,60
Oxigenador de tanque	pieza	8	95,08	760,64
pHmetro	pieza	2	1.484,87	2.969,74
Conductímetro	pieza	2	1.646,00	3.292,00
Termo higrómetro	pieza	10	499,55	4.995,50
Calefactor	pieza	16	7.306,84	116.909,44
Plancha de termopor de 1mx1m de 2cm	pieza	1600	92,80	148.480,00
Charola almaciguera de 200 cavidades	pieza	600	49,50	29.700,00
Mochila 4 lt	pieza	4	820,00	3.280,00
Camioneta de reparto		1	105.000,00	105.000,00
caja de embarque	pieza	65	45,00	2.925,00
Total Inversión fija				2.343.005,68

Linea telefónica			1.500,00	1.500,00
Contrato de luz monofásica			2.000,00	2.000,00
Uso de suelo			3.500,00	3.500,00
Instalación de Sistema Hidropónico			128.000,00	128.000,00
Capacitación del personal encargado			11.000,00	11.000,00
Total Inversión Diferida				146.000,00

TOTAL INVERSIÓN	2.489.005,68
------------------------	---------------------

ANEXO 8. Continuación.....

Electricidad pago bimestral	se 186 horas consumo más oficinas en KW	290	58,94	17.092,60
Teléfono		1	750,00	750,00
Permiso de funcionamiento (anual)	se calcula mensualmente	1	320,00	320,00
Pago SOAPAP (Agua)	se calcula mensualmente	1	120,00	120,00
Personal administrativo		1	7.650,00	7.650,00
Técnico encargado		1	17.000,00	17.000,00
Total Costos Fijos				42.932,60

Burbuja plástica o bolsa		94.000	1,50	141.000,00
Etiqueta		100.000	0,30	30.000,00
Mantenimiento de transporte		0,3	2.500,00	750,00
Gasolina		28	350,00	9.800,00
Chofer		1	4.000,00	4.000,00
Gastos de Venta				185.550,00

Semilla	gr	212,5	26,00	5.525,00
Fertilizantes	dosis por tanque	92	95,00	8.740,00
Espuma	metro	200	33,64	6.728,00
Sustrato	por charola	800	9,33	7.466,67
Cloro (litros)		400	14,00	5.600,00
Control sanitario	350 ml	120	229,00	27.480,00
Personal de producción		30	4.050,00	121.500,00
Costos de Producción				183.039,67

ANEXO 8. Continuación.....

Superficie	1000m ²	2000 m ²	3000 m ²	4000m ²
Producción mensual (no.lechugas)	25.000	50.000	75.000	100.000
Costos fijos	42.932,60	42.932,60	42.932,60	42.932,60
Precio	7,00	7,00	7,00	7,00
Precio	10,00	10,00	10,00	10,00
Costos variables /producción	14,74	7,37	4,91	3,69
Punto de equilibrio \$7.00 pesos	- 5.544	- 115.474	20.587	12.955
Punto de equilibrio \$10.00 pesos	- 9.051	16.335	8.442	6.799

Total Inversión fija	2.343.005,68
Total Inversión Diferida	146.000,00
Total Inversión	2.489.005,68
Total Costos Fijos	164.432,60
Gastos de Venta	185.550,00
Costos de Producción	61.539,67
Total Costos	411.522,27

Total Inversión fija	2.343.005,68
Total Inversión Diferida	146.000,00
Capital de trabajo	1.646.089,07
	4.135.094,75

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado Chávez Diego, Chávez Carranza Francisco, Wilhelmena Karolein Anna.2001. Seminario de Agro-negocios. Lechugas Hidropónicas. Universidad del Pacífico. Chile
- Anaya Rosales, Socorro. 1999. Hortalizas: plagas y enfermedades.Ed.Trillas
- Cabrera Medina Rodrigo.2005. Tesis de Licenciatura: Evaluación comparativa, financiera y agronómica, del uso de dos niveles tecnológicos en el control antifúngico de lechuga española (*Lactuca sativa* L), en un sistema de hidroponía N.F.T. en la localidad de Boco, Provincia de Quillota, V Región, Chile. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
- Caiche Rosales William, Calero Gaybor Edwin. 2005. Guía Metodológica para Desarrollar habilidades prácticas en Investigación de Mercado. Universidad Estatal Península de Santa Elena Facultad de Ciencias Administrativas Escuela de Ingeniería Comercial.
- Camacho Ferre Francisco.2003.Técnicas de Producción en Cultivos Protegidos, Tomo 1 y 2.Ed. Caja Rural Intermediterránea, Cajamar. España
- Carrasco Gilda Ph.D, Izquierdo Juan Ph.D. 1996. La Empresa Hidropónica de mediana escala: la técnica de la solución nutritiva recirculante (“NFT”).Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, Editorial Universidad de Talca, Chile.
- Cooper Allen, 1982. Nutrient Film Technique. The English Language Book Society. London. pp 4-21,32,41
- Curso Taller Internacional, 25-29 Marzo 1996. Peru. Hidroponía una esperanza para Latinoamérica. FAO, IDRC, FDA
- Ellis N.K., Jensen M., Larsen J., Oebker Norman F. 1974. Nutriculture Systems Growing plants without soil, Station Bulletin no. 44 March 1974, Department of Horticulture Agricultural Experiment Station Perdue University West Lafayette, Indiana
- FAO 1990. Soilles Culture for horticultural crop production, Rome pp.8-42,137,167.
- Faquin Valdemar, Furtini Nieto A.E.,Alvarenga Vilelea L.A. (1996).Producción de Lechuga en Hidroponía Lavras, MG: UFLA. Brasil. Pp.21,27-34

- Furlani Pedro Roberto, (1998).Instrucciones para el cultivo de hortalizas de hoja por la técnica de hidroponía NFT, Boletín técnico 168 Centro de Comunicación y entrenamiento. Brasil. Pp 11-13
- Furlani Pedro Roberto, Paterno Silveira Luis C., Bolonhezi Denizart, Faquin Valdemar. (1999). Cultivo Hidropónico de plantas. Boletín técnico, 180 Instituto Agronómico (IAC). Brasil. Pp.9-15
- García Seminario Ramón, Saavedra Chávez Víctor, Hidalgo Vílchez Carlos (2005). Guía para la producción de lechugas bajo sistemas hidropónicos. Tumbes Perú. Pp 15-27
- Hair, J.; Bush, R., Ortinau, D. (2010). *Investigación de Mercados*. 4a edición. México: MacGrawHill.
- Hamilton Geoff. 1988. A Practical Guide to NFT. Nutriculture Ltd. Mawdesley, Ormskirk, Lancashire
- International Conference of commercial hydroponic.Commercial hydroponic a good option in agribusinesses. CIHNM, Lima Peru 1997
- Jensen Merle H, Collins W.L. 1995. Hydroponic Vegetable Production. Horticultural Reviews, Volume 7,Publishing Co, Arizona Tucson. Pp491-498, 532-534
- Malhotra, Naresh (2008). *Investigación de Mercados*, México: Prentice Hall, quinta edición
- Maroto Borrego J.V. 1990. Elementos de Horticultura General. Ed. Mundi-Prensa. Madrid 3ª Edición 2008. 481 pp
- Mason John. (1994). Commercial Hydroponics, How to grow 86 diferent plants in hydroponics. Kangaroo Press Pty Ltd. Australia. Pp 19,37
- Morgan Lynette 1999. El cultivo hidropónico de lechugas. Casper Publications Pyt Ltd. Australia pp.18-32, 44—50, 57-62, 82,93.
- Nelson Paul V. 1991. Greenhouse, Operation and Management. 4aEdición Prentice Hall, Unite States of America. pp 324-328
- Noguera García Vicente. 1993. Cultivos sin suelo 1,Curso Superior de especialización, Sistemas de solución perdida y recirculante, Descripción, análisis y valoración.Editores Canovas y Díaz, CIDH, La Mojonera Almería España. Pp 88-92

- Palomino Velasquez Karen, (2008). Hidroponía Comercial (Lechugas y Tomates). Ed. Macro EIRL. Perú. Pp26-29, 69-75.
- Resh Howard M, 1993. Hydroponic, Home Food Gardens. 4a Edición Woodbridge Press Publishing Company. Unites States of America. Pp.27-38
- Resh Howard M, 1995. Hydroponic Food Production. Woodbridge Press Publishing Company. California Unites States of America. Pp.27-38
- Resh Howard M. 1998. Hydroponics, Questions and Answers: problems –solving conversations with Howard M. Resh. Woodbridge Press Publishing Company, California.
- Resh Howard M. 2001. Cultivos Hidropónicos. Ed. Mundi-Prensa. España.
- Rios Babilonia Fernando. 1995. El sistema de recirculación continua o NFT Ponencia en el 3er curso taller de Hidroponía 4-9 septiembre 1995, CIHNM, Lima, Peru.
- Rodríguez D. Alfredo, Chang la Rosa Milagros, Hoyos R. Marilú, 2001. Lettuce Production in a Peruvian Modified DFT System. CIHNM-Dep. de Biología, Lima Peru.
- Rodríguez D. Alfredo, Chang la Rosa Milagros, Hoyos R. Marilú, Falcón G. Fernando. 2002. Manual Práctico de Hidroponía. CIHNM-FDA-UNALM, Lima
- Rojas Soriano Raúl. Guía para realizar investigaciones sociales. P.E. plaza y Valdes (P Y V) ED. México
- Samperio Ruiz Gloria. 2004. Un paso más en la Hidroponía. Ed. Diana. México
- Sánchez del Castillo Felipe, Escalante Rebolledo Edgardo. 1988. Hidroponia. Universidad Autónoma de Chapingo. México.

CITAS DE INTERNET

http://hidroponiaaldia.blogspot.com/2010/12/componentes-y-materiales-del-sistema_02.html

<http://www.cannabiscultura.com/f1/showthread.php?t=3781>

<http://www.infoagro.com/hortalizas/lechuga.htm>

[www.crooking.com/NFT Lettuce Herbs.shtml](http://www.crooking.com/NFT_Lettuce_Herbs.shtml)

www.wikipedia.org/wiki/Ejido

http://www.poderedomex.com/notas.asp?nota_id=35028

<http://invernaderos-agricolas.blogspot.com/2010/01/la-importancia-del-oxigeno-en.html>

<http://hidroponiaaldia.blogspot.com/2010/02/manual-basico-de-hidroponia-y-cultivos.html>

<http://www.bing.com/images/search?q=mapa+de+lima+en+peru&view=detail&id=07DD2E5F27DD65AC707FFBBC2ACE1B99CB889509&first=31&FORM=IDFRIR>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Per%c3%ba>

<http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/antecedentes1.htm>

www.lamolina.edu.pe/hidroponia/cursos1.htm

[http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/Boletin_41/RED HIDROPONIA BOLETIN_41.htm](http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/Boletin_41/RED_HIDROPONIA_BOLETIN_41.htm)

<http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/boletin24/boletin24.htm>

http://hidroponiaeneljardin.blogspot.com/2009_11_01_archive.html

<http://www.focir.gob.mx/documentos/boletin/infocirjul1.pdf>

<http://es.scribd.com/doc/23486372/Aud-Adm-Unidad-4-Instrumentacion-Cedulas-de-trabajo>

<http://www.itapizaco.edu.mx/~joseluis/apuntes/estadistica/definiciones%20y%20muestras.pdf>

<http://www.noticiasdetoluca.com.mx/wordpress/index.php/tag/agricultura/>

Invernaderos mejoran ingreso, salud y alimentación en sierra norte de Pue, -invernaderos región Puebla Núm. 1. Domingo 27 de julio de 2008. Imagen agropecuaria

http://www.imagenagropecuaria.com/articulos.php?id_art=897&id_sec=26

Lechuga hidropónica, sustentable y de alta rentabilidad. Núm. 1. Domingo 22 de noviembre de 2009

<http://mexico.redagro.com/lechugas.html>

<http://www.agroterra.com/s/lechugas/2>

http://www.cosmos.com.mx/6/l_1.htm

<http://www.bing.com/images/search?q=mapas+de+peru&qpv=mapas+de+peru&FORM=IGRE>

<http://www.pdfqueen.com/html/aHR0cDovL3JlZGFseWMudWFlbWV4Lm14L3JlZGFseWMvcGRmLzE0MS8xNDEwMTkwOS5wZGY=>

<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/141/14101909.pdf>

<http://www.monografias.com/trabajos26/proyecto-ampliacion/proyecto-ampliacion.shtml>

http://www.dhl.hegoa.ehu.es/iedl/Materiales/19_Evaluacion_economica.pdf

http://www.laspaginasverdes.com/search.list/id_subcat,1049/id_categoria,4/

<http://www.hortalizas.com/agprotection/?storyid=1446>

<http://www.fira.gob.mx/InfEspDtoXML/TemasUsuario.jsp>

[http://www.banxico.org.mx/SieInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?accion=consultarDirectorioCuadros§or=18§orDescripcion=Tasas y precios de referencia&locale=es](http://www.banxico.org.mx/SieInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?accion=consultarDirectorioCuadros§or=18§orDescripcion=Tasas+y+precios+de+referencia&locale=es)

<http://www.condusef.gob.mx/>

<http://www.banxico.org.mx/>

<http://www.hidroponiaaldia.com/2010/12/lechuga-hidroponica-sustentable-y-de.html>

http://www.rendrus.org/ev_nacional.html

http://imagenagropecuaria.com/2011/promueve_fira_cultivo_de_lechuga_hidroponica_gourmet/

Titulo: Promueve FIRA cultivo de lechuga hidropónica gourmet

Autor: ERNESTO PEREA y GERARDO SUÁREZ, septiembre 12, 2011, Sección: [Frutas y Hortalizas](#)

<http://fichas.infojardin.com/hortalizas-verduras/lechugas-lechuga-iceberg-lechuga->

www.servilim.com.mx

<http://www.infoagro.com/hortalizas/lechuga.htm>

<http://www.syngenta.com/country/es/sp/productos/semillas/hortícolas/ensaladas/>

<http://isarac.mforos.com/988672/8603830-parcela-demostrativa-de-variedades->

http://www.semillascr.com/catalogo_semillas_agricolas.pdf

<http://www.enzazaden.es/Products/leafvegets/endive/>

<http://www.perusoilless.com.pe/Lechuga-Crespa.html>