



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS PUEBLA

POSTGRADO EN ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

**PRODUCCIÓN DE CHILE DE AGUA (*Capsicum annuum* L.) EN
HIDROPONIA BAJO INVERNADERO: UNA OPCIÓN PRODUCTIVA
PARA LOS ESPACIOS PERIURBANOS**

JESÚS OMAR APARICIO DEL MORAL

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

PUEBLA, PUEBLA

2013



CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe **Jesús Omar Aparicio del Moral**, alumno de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta Institución, bajo la dirección del Profesor **Dr. Mario Alberto Tornero Campante**, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis **producción de chile de agua (*Capsicum annum L.*) en hidroponía bajo invernadero: una opción productiva para los espacios periurbanos**, y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, el Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Puebla, Puebla, 24 de septiembre del 2013.

Jesús Omar Aparicio del Moral

Nombre completo y Firma

Dr. Mario Alberto Tornero Campante

Vc. Bo. Profesor Consejero o Director de Tesis
Nombre completo y Firma

La presente tesis, titulada: **Producción de chile de agua (*Capsicum annuum* L.) en hidroponía bajo invernadero: una opción productiva para los espacios periurbanos**, realizada por el alumno: **Jesús Omar Aparicio del Moral**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

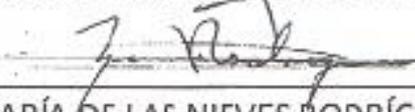
ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO: 
DR. MARIO ALBERTO TORNERO CAMPANTE

ASESOR: 
DR. ENGELBERTO SANDOVAL CASTRO

ASESOR: 
DR. LUIS ALBERTO VILLARREAL MANZO

ASESOR: 
DR. MARÍA DE LAS NIEVES RODRÍGUEZ M.

Puebla, Puebla, México, octubre del 2013

PRODUCCIÓN DE CHILE DE AGUA (*Capsicum annuum* L.) EN HIDROPONIA
BAJO INVERNADERO: UNA OPCIÓN PRODUCTIVA PARA LOS ESPACIOS
PERIURBANOS

Jesús Omar Aparicio del Moral, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2013

La gran explosión demográfica y el crecimiento de las grandes ciudades, ha causado en México y en la mayoría de los países en desarrollo, el surgimiento de zonas de transición llamadas zonas periurbanas, estos espacios no cumplen funciones propiamente urbanas ni rurales. Al mismo tiempo de la aparición de los espacios periurbanos se ha originado la agricultura periurbana, entre otras ventajas, una de ellas es estar cerca de los centros de abasto y ofrecer de esta manera productos frescos a los consumidores. Los invernaderos iniciaron produciendo jitomate, y en el año 2005 la superficie de invernaderos era de unas tres mil hectáreas, con 70 por ciento dedicada al cultivo de tomate, sin embargo la sobreoferta de este cultivo en el mercado ha rebasado la demanda, ocasionando con esto problemas en el precio.

El presente trabajo consistió de dos fases: 1) La realización de un estudio diagnóstico para conocer la tecnología y costos de la producción, y la comercialización para conocer la problemática y beneficios económicos del Chile de Agua en la región de los Valles Centrales de Oaxaca. 2) Dicho trabajo en campo fue la pauta para el establecimiento de un módulo experimental de producción de chile de agua en hidroponia, el cual se ubicó en la región de Cholula, misma que se caracteriza por estar ubicada en un valle alto y ser una zona periurbana. En el trabajo en invernadero se probaron tres soluciones nutritivas Steiner (concentradas al 75%, 100% y 125%). De acuerdo a los resultados generados por la prueba estadística ANOVA y el contraste de comparación de medias de Tukey, en cuanto a la solución nutritiva que arrojó los mejores rendimientos y calidades, fue la concentrada al 125%, ésta arroja rendimientos tres veces mayores que la producción establecida a cielo abierto. Además, la hidroponia constituye una alternativa para el ahorro del agua y cuyos costos y manejo técnico es accesible para los pequeños productores.

Palabras clave: beneficio económico, costos, hidroponia, invernadero.

CHILE DE AGUA PRODUCTION (*Capsicum annuum* L.) IN HYDROPONICS UNDER GREENHOUSE: A PRODUCTIVE OPTION FOR PERIURBAN AREAS

Jesús Omar Aparicio del Moral, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2013

The great population explosion and the growth of large cities, has caused in Mexico and in most developing countries, the emergence of transition zones called peri-urban areas. At the same time, the emergence of the suburbs has originated peri-urban agriculture, among other advantages, one of which is to be near the centers of supply and thus provide fresh produce to consumers. Greenhouses began producing tomatoes, and in 2005 greenhouse areas was about three thousand acres, with 70 percent of tomato cultivation, however the oversupply of the product in the market has exceeded demand, causing problems with this price.

This study consisted of two phases: 1) the performance of a diagnostic study for technology and production costs, and marketing for the problems and economic benefits of the Chile de Agua in the region of the Central Valleys of Oaxaca. 2) the field work was the pattern for the establishment of an experimental module production of pepper in hydroponic, which was located in the region of Cholula, which is located in a high valley region and for being a peri-urban area. Three Steiner nutrient solution (concentrated to 75%, 100% and 125%) were tasted in greenhouse production. According to the results generated by ANOVA statistical test and the contrast Tukey comparison, in terms of which nutrient solution who gave the best yields and qualities, was the concentrated to 125%, it reports yields three times higher than the set to open production. Furthermore, hydroponics is an alternative for saving water and whose costs and technical management is accessible to small producers.

Keywords: costs, economic benefit, greenhouse, hydroponic.

DEDICATORIA

A **Dios** por darme vida, salud y permitirme escalar un peldaño más en la vida para crecer profesionalmente y como persona.

A mis queridos padres, **Norys y Jesús** por todo su amor, su Confianza y su apoyo. Que han sido parte fundamental para completar mis estudios y que sin ellos jamás hubiera sido posible.

A mi querida hermana, **Yahana** por estar conmigo, y contar siempre con su apoyo incondicional.

A mi hermosa abuela **Epifanía** que siempre ha orado por mí en todo momento y me ha dado todo su cariño incondicionalmente.

A todos los **amigos y compañeros** con los que tuve la fortuna de convivir durante los dos años de mis estudios de Maestría en el Colegio de Postgraduados. Gracias por los grandes momentos pasados a su lado.

AGRADECIMIENTOS

Al **Colegio de Postgraduados** y en especial al **Campus Puebla**, por darme la oportunidad para realizar mis estudios y mejorar en los ámbitos profesional y personal.

Al **Dr. Mario Alberto Tornero Campante**, por sus enseñanzas y apoyo incondicional, además de su paciencia.

Al **Señor José Hernández Osorio** por brindarme su amistad y trabajar a mi lado durante la etapa experimental de mi trabajo.

Al **Dr. Engelberto Sandoval Castro**, por su apoyo, consejos y apreciables observaciones en este trabajo de investigación.

Al pueblo de México a través del **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)** por haber financiado mis estudios de maestría en el Colegio de Postgraduados Campus Puebla durante el período 2011-2013.

Al **Dr. Luis Alberto Villarreal Manzo**, por su apoyo, comentarios y sugerencias durante la presente investigación.

A todo el **personal administrativo y trabajadores** del Colegio de Postgraduados.

A la **Dra. María de las Nieves Rodríguez**, por brindarme su conocimiento, sugerencias y apoyo para el desarrollo de esta investigación.

A la Línea Prioritaria de Investigación: Sistemas de Producción Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola y Pesquera (**SPAPFAyP, LPI 11**) expreso mi más sincero agradecimiento, por brindarme el financiamiento para la realización de este trabajo de investigación.

ÍNDICE

RESUMEN	vii
ABSTRACT.....	viii
I INTRODUCCIÓN	1
1.1 Problema de investigación	3
1.2 Preguntas de investigación.....	5
1.3 Justificación	6
1.4 Hipótesis	8
1.4.1 Hipótesis General	8
1.4.2 Hipótesis Particulares	8
1.5 Objetivos.....	8
1.5.1 Objetivo general.....	8
1.5.2 Objetivos específicos	9
II MARCO CONCEPTUAL.....	10
2.1 Agricultura tradicional	10
2.2 Espacio periurbano	11
2.2.1 La periurbanización en México	12
2.2.2 Del enfoque tradicional a los nuevos enfoques emergentes.....	13
2.2.3 Hacia una definición del espacio periurbano	15
2.3 Agricultura periurbana.....	18
2.3.1 El uso del suelo y agua en las zonas periurbanas.....	19
2.3.2 Clasificación de la agricultura urbana y su relación con la seguridad alimentaria	22
2.3.3 Importancia de la agricultura en las zonas periurbanas.....	22
2.4 Agricultura protegida.....	22
2.4.1 Invernaderos.....	23
2.4.1.1 Clasificación de la tecnología de invernaderos	24
2.5 Hidroponia	25
2.5.1 Historia de la hidroponia	26
2.5.2 Importancia de la hidroponia.....	27
2.5.3 Clasificación de la Hidroponia.....	27
2.5.3.1 Raíz en sustrato sólido.....	27
2.5.3.2 Raíz en medio líquido.....	28
2.5.3.3 Raíz en medio gaseoso o aeropónico	28
2.5.4 Sistema abierto contra sistema cerrado.....	29

2.5.4.1 Sistema abierto	29
2.5.4.2 Sistema cerrado	29
2.5.5 La solución nutritiva	29
2.5.5.1 Calidad del agua	31
2.5.5.2 Presión osmótica.....	31
2.5.5.3 Relación de aniones y relación de cationes	32
2.5.5.4 pH de la solución nutritiva	33
2.5.6 Definición de sustrato	34
2.5.6.1 El tezontle como sustrato	35
2.6 Hidroponia en la agricultura urbana y periurbana	35
2.7 Importancia del cultivo de chile	36
2.7.1 Origen y distribución	36
2.7.2 Taxonomía.....	37
2.7.3 Descripción botánica.....	37
2.7.4 Requerimientos ambientales	38
2.7.5 Problemas fitosanitarios.....	38
2.8 Importancia de los mercados.....	39
2.8.1 Función económica del mercado	40
2.9 Comercialización de productos agrícolas.....	41
2.9.1 Formación de los márgenes de comercialización	42
2.9.2 Componentes de los márgenes de comercialización.....	43
III. FACTORES SOCIALES Y ECONÓMICOS DEL CULTIVO DE CHILE DE AGUA (<i>Capsicum annuum</i> L.) EN TRES MUNICIPIOS DE LOS VALLES CENTRALES DE OAXACA	45
Resumen	45
Abstract.....	46
3.1 Introducción.....	47
3.2 Metodología	48
3.3 Resultados y discusión	50
3.3.1 Características de los productores	50
3.3.2 Principales problemas del agrosistema chile de agua	51
3.3.3 Principales actividades agrícolas en los municipios estudiados de los Valles Centrales.....	52
3.3.4 Manejo de cultivo	53
3.3.5 Tecnología agrícola	53
3.3.5.1 Fertilización	54
3.3.5.2 Riegos	55
3.3.5.3 Plagas y enfermedades.....	55
3.3.6 Rendimientos.....	57
3.3.7 Comercialización	57
3.3.8 Consumo y mercado de la nostalgia.....	59

3.3.9 Costos de producción	60
3.3.10 Utilidad.....	61
3.4 Conclusiones.....	63
IV. EVALUACIÓN DE TRES SOLUCIONES NUTRITIVAS EN LA PRODUCCIÓN DE CHILE DE AGUA (<i>Capsicum annuum</i> L.) BAJO CONDICIONES DE HIDROPONIA E INVERNADERO	65
Resumen	65
Abstract.....	66
4.1 Introducción.....	67
4.2 Materiales y métodos	69
4.2.1 Semillero y trasplante	70
4.2.2 Diseño experimental y soluciones nutritivas	71
4.2.3 Manejo de variables estudiadas	75
4.2.4 Análisis de los rendimientos	76
4.3 Resultados	76
4.3.2 Rendimientos en la cosecha Otoño-Invierno, 2011	77
4.3.3 Rendimientos en la cosecha Primavera-Verano, 2012.....	79
4.4 Conclusiones.....	82
V. COMPARACIÓN DE LOS INGRESOS EN EL SISTEMA PRODUCTIVO DE CHILE DE AGUA: TRADICIONAL E HIDROPONIA (CICLO OTOÑO INVIERNO 2011).....	84
5.1 Rendimientos, costos e ingresos en la producción a cielo abierto.....	84
5.2 Rendimientos en el sistema de producción hidroponia	84
5.3 Costos en el sistema de producción hidroponia.....	84
5.3.1 Costo de la mano de obra.....	84
5.3.2 Costos de invernadero, sistema de riego y equipos	85
5.3.3 Comparación de las ganancias en la producción hidroponia y cielo abierto.....	86
5.3.4 Conclusiones	88
VI. DISCUSIÓN GENERAL.....	89
VII. CONCLUSIONES GENERALES	93
VIII. ESTRATEGIA PROPUESTA PARA ZONAS PERIURBANAS DE VALLES ALTOS, EL CULTIVO CHILE DE AGUA EN HIDROPONIA E INVERNADERO	95

8.1 Fortalezas y debilidades en las zonas periurbanas.	95
8.2 Definición de objetivos	96
8.3 Estrategia propuesta para “Promover el cultivo del chile de agua bajo invernadero e hidroponia como alternativa de producción para zonas periurbanas de los Valles Altos y así generar mayores beneficios económicos”.....	96
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	100
ANEXOS	114

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Principales cultivos de los productores entrevistados.....	52
Cuadro 2. Rendimiento en t ha ⁻¹ de chile de agua en los Municipios de estudio.	57
Cuadro 3. Costos promedio por hectárea en los municipios estudiados.....	62
Cuadro 4. Utilidad por hectárea del chile de agua en los municipios estudiados.	63
Cuadro 5. Fechas de siembra y trasplante.....	70
Cuadro 6. Análisis de agua del pozo de San Agustín Calvario.	73
Cuadro 7. Cantidad en me L ⁻¹ de iones para cada solución nutritiva.	74
Cuadro 8. Administración del agua en la producción de chile de agua en hidroponia.....	74
Cuadro 9. Datos mensuales de temperatura en la ciudad de Puebla, México.	75
Cuadro 10. Datos mensuales de temperatura en el invernadero de San Agustín Calvario, San Pedro Cholula, Puebla.....	78
Cuadro 11. Eficiencia del uso del agua en el experimento.....	78
Cuadro 12. Rendimientos en el ciclo Otoño-Invierno de 2011.	78
Cuadro 13. Diferencia entre los rendimientos promedio de fruto en el ciclo Otoño-Invierno, 2011.....	79
Cuadro 14. Rendimientos en el ciclo Primavera-Verano de 2012.....	80
Cuadro 15. Diferencia entre los rendimientos promedio en el ciclo Primavera- Verano, 2012.....	80
Cuadro 16. Análisis de Varianza.	81
Cuadro 17. Costos promedios totales de producción de chile de agua para invernadero.	85
Cuadro 18. Costos de invernadero y equipo.	86
Cuadro 19. Utilidad en el ciclo Otoño-Invierno, 2011	87
Cuadro 20. Utilidad en el ciclo Primavera-Verano, 2012 Invernadero y cielo abierto.	87
Cuadro 21. Matriz de objetivos y estrategias.....	97
Cuadro 22. Causas y efectos del problema central identificado.....	98
Cuadro 23. Matriz de análisis FODA.	99

Índice de Figuras

Figura 1. Localización de municipios estudiados	50
Figura 2. Localización de municipios productores de chile de agua.....	58
Figura 3. Porcentaje de los costos de producción en los municipios estudiados.	61
Figura 4. Diseño completamente al azar ciclo Otoño-Invierno 2011.	72
Figura 5. Diseño completamente al azar ciclo Primavera-Verano 2012.....	72
Figura 6. Comparación entre concentraciones para los rendimientos promedio entre primera, segunda y tercera calidad.	78

Índice de Anexos

Anexo 1. Costo de la solución Steiner en concentración 125% para un área de 500 m ² : ciclo Otoño-Invierno y Primavera-Verano (expresadas en gr y ml). ..	114
Anexo 2. Producción de plántula.....	114
Anexo 3. Diseño experimental.....	115
Anexo 4. Plantas en crecimiento	116
Anexo 5. Cosecha de chile de agua.....	116

I. INTRODUCCIÓN

En México el cultivo de chile es de gran importancia porque forma parte de la alimentación básica del mexicano. El género *Capsicum*, tiene gran diversidad por los chiles cultivados y silvestres que se distribuyen desde el nivel del mar hasta los 2,500 msnm (Pozo *et al.*, 1991; Latournerie *et al.*, 2001). Como es una hortaliza adaptada a las múltiples regiones y de fácil manejo, se ha empleado en la agricultura protegida ocupando el segundo lugar en volumen de producción después del jitomate (SAGARPA, 2012).

La producción de hortalizas en México en la modalidad de agricultura protegida ha tenido un crecimiento constante: la extensión de los cultivos protegidos creció de 1,299 hectáreas en 2001, a 11,759 hectáreas en 2010. Aproximadamente el 60% de la producción se establece en invernaderos cuyo destino es principalmente la exportación. El 50% de la superficie con agricultura protegida se concentra en cuatro estados: Sinaloa (22%), Baja California (14%), Baja California Sur (12%) y Jalisco (10%). Los principales cultivos que se producen bajo agricultura protegida son el jitomate (70%), pimiento (16%), pepino (10%) y flores (4%). En los últimos años se ha intensificado la diversificación de cultivos como la papaya, fresa, chile habanero, flores y plantas aromáticas (SAGARPA, 2012). Según datos de Castellanos y Borbón (2009), la cuarta parte de la agricultura protegida usa algún tipo de sistema hidropónico. Un dato relevante que abre mercado para la comercialización de chile es que a partir del 2006, el mercado detallista para los jitomates de invernadero se empezó a saturar; incentivando el crecimiento en pepinos y pimientos morrones en invernadero, reflejando un repunte de éstos cultivos en el año de 2008 (SAGARPA, 2012).

El estado de Puebla cuenta con 2,309 invernaderos, los cuales concentran 835 hectáreas dedicadas a la producción de tomate rojo, pepino, pimiento morrón y flores ornamentales. El 80% de esta superficie se dedica a la producción de jitomate principalmente de exportación para los Estados Unidos y Canadá (SAGARPA, 2012).

La concentración mayoritaria en el cultivo de jitomate afecta a los productores de invernadero, principalmente a quienes no tienen la posibilidad de mayor inversión en mejorar la tecnología y expandir su área productiva y, por tanto, solo compiten en los mercados locales y nacionales donde el precio que les pagan por el jitomate tiende a ser bajo (Hernández, 2010). Ante esta situación se han buscado alternativas produciendo otros cultivos bajo condiciones de invernadero que pueden ser redituables para los productores del sector rural y zonas periurbanas.

En esta búsqueda, una posible alternativa que identificó el Campus Puebla del Colegio de Postgraduados, es el chile de agua como un cultivo que tiene demanda para el mercado nacional, y un mercado potencial llamado "*Mercado de la Nostalgia*" en los Estados Unidos (Lombrera, 2007) y que además la superficie bajo un sistema protegido es muy escasa. El chile de agua es un cultivo de gran importancia económica, social y de consumo, principalmente en los Valles Centrales de Oaxaca. Anualmente se siembran 1500 hectáreas, con un rendimiento promedio de 6 a 8 t ha⁻¹, siendo un cultivo redituable en la producción a cielo abierto de las familias campesinas. En los Valles Centrales de Oaxaca que es la única región donde se cultiva esta hortaliza, uno de los principales problemas que ataca a la producción, es la pudrición de la raíz conocida regionalmente como *secadera*, la cual prospera en la temporada de lluvias y las pérdidas se calculan desde un 60% a un 100% (Ambrosio, 2007). La investigación realizada por los centros e institutos de investigación agrícola en Oaxaca se ha centrado principalmente en generar tecnología y recomendaciones para cultivos básicos: maíz y frijol (López, 1989), quedando al margen la importancia de investigar en el potencial productivo y desarrollo de recomendaciones técnicas para combatir los problemas del chile de agua.

El reto del abastecimiento de alimentos en cantidad y calidad está presente en todas las regiones económicas, por ello se está buscando mediante modelos de experimentos agronómicos formas alternativas de aprovechar la menor disponibilidad de suelo agrícola, escasez de agua y otros recursos naturales en las zonas periféricas a las ciudades. Es por ello que la presente investigación buscó analizar los sistemas de producción, costos y beneficios económicos del

chile de agua en condiciones de cielo abierto y contrastarlos con una producción en hidroponía con tres niveles de solución nutritiva, con el fin de generar una propuesta accesible a las condiciones de vida de los pequeños productores y que genere ingresos en las áreas periurbanas donde la disponibilidad de suelo agrícola, agua y acceso a insumos es conflictiva por presiones económicas y sociales derivadas principalmente de la expansión de los espacios urbanos.

Así mismo, en los últimos años las grandes ciudades han puesto un especial interés a la actividad agrícola de las zonas periurbanas debido al auge de consumo de productos frescos, gracias a lo anterior y a que la cercanía que presentan con las grandes ciudades, las oportunidades para comercializar sus productos es más fácil y rápida.

1.1 Problema de investigación

Para apoyar a la agricultura y en específico a las pequeñas unidades de producción, se han utilizado mecanismos como los subsidios directos o indirectos, alimentos por trabajo, producción doméstica, planes de crédito, creación de microempresas, financiamiento de proyectos comunitarios, entrega de alimentos, alimentación escolar y transferencia en especie y en efectivo (Davis, 2004). Pero poco se está haciendo en el campo mexicano y en las hoy llamadas zonas de transición (espacios periurbanos) porque no se dan propuestas de estrategias productivas que conlleven investigación en mejoras de rendimiento, calidad y tecnologías accesibles a los recursos de los productores y con perspectiva de menor daño a los recursos naturales.

En la década del 90, la aplicación de la técnica de hidroponía abrió la opción de producir alimentos en espacios reducidos y se vio la posibilidad de instrumentalizar dicha técnica para producir alimentos y autoabastecerse en hogares pobres y sectores de población marginales (Carrasco e Izquierdo, 1996).

Los flujos migratorios, de lo rural a espacios periurbanos de los países en desarrollo, han causado sobrepoblación en las ciudades y sus alrededores, sobrepasando las capacidades de servicios, suministros de bienes de consumo básico como los alimentos y fuentes de empleo. Para afrontar algunos de estos retos de movilización popular, Cuba y Nicaragua promovieron la agricultura urbana y periurbana con opciones de cultivos hidropónicos, huertos familiares de traspatio con tecnología convencional u orgánica, así como, la cría de animales menores para enfrentar principalmente el desabastecimiento alimentario. De esta manera se da un primer paso con un enfoque orientado a la disponibilidad y autosuficiencia alimentaria a nivel de hogares. Las poblaciones urbanas y periurbanas en condiciones de pobreza están casi siempre dispuestas a adoptar una nueva idea para producir alimentos, como respuesta a la urgente necesidad de satisfacer el consumo alimenticio básico (FAO, 1999). Y debería considerarse como el inicio de una estrategia de supervivencia que evolucione hacia una articulación comercial (Ellis y Sumberg, 1998).

Hasta ahora, en México se ha dado un gran impulso a la producción de jitomate en invernadero con una diversidad de tecnología pero que no es accesible para todos los pequeños agricultores. Por otra parte, ya se ha alcanzado una saturación de los mercados para esta hortaliza (existe mayor oferta) y se tiene fuertes restricciones fitosanitarias en los mercados internacionales, que más que ser una medida de protección ante plagas y enfermedades, son restricciones de competencia para limitar la venta de productos de exportación. Aunado a lo anterior, mucha de la producción de tomate en invernadero se trabaja con sistemas tecnológicos que en el mediano plazo salinizan el suelo y esto puede significar una potencial contaminación de las fuentes de agua para consumo humano.

La producción bajo sistemas protegidos en los espacios periurbanos sigue siendo una alternativa para el abasto de alimentos y generación de empleo, sin embargo, no se cuenta con suficientes alternativas de manejo productivo y tecnología que pueda ser adoptada por las unidades de producción familiar tomando en cuenta, que sus medios de vida no sean afectados por el costo. La

producción tanto en el campo como en las zonas periurbanas debe planearse de mejor forma en el sentido de que los productores elijan su producción: cuándo y que producir de acuerdo a lo que sucede en el mercado y a sus recursos disponibles. Porque “Si todos producen jitomate dejará de ser negocio” (Castillo, 1990).

Así mismo, implementar una técnica desconocida para los productores requiere tener muy claro cuáles son los beneficios, riesgos y ventajas que esto conlleva, por lo que un estudio económico es importante para conocer las bondades de esta técnica y cuantificar que realmente saldrán beneficiados con el implemento de la hidroponía.

En México, el chile es considerado como el cultivo más importante tomando en cuenta la superficie cultivada (FOASTAT, 2005). Actualmente hay factores que afectan su producción y estos son los fitopatógenos que se encuentran en el suelo (Velásquez *et al.*, 2001). Éstos causan una enfermedad conocida comúnmente como “marchitez o secadera”, Entre ellos se encuentran los géneros *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Fusarium* y *Phytophthora* spp., su presencia se ha encontrado en todos los estados productores de chile en México (Guigón y González, 2001). A nivel nacional las pérdidas oscilan entre el 10 y el 60%, sin embargo en lugares como el Bajío y Puebla puede alcanzar el 100% (Pérez *et al.*, 2003). Por esta razón se propone la técnica hidropónica ya que el sustrato utilizado no es suelo y este sustrato tiene un manejo especializado para tener un mayor control sobre fitopatógenos en el cultivo.

1.2 Preguntas de investigación

Con base en lo anterior, en esta investigación se pretende dar respuesta a las siguientes preguntas de investigación:

¿La información sobre la tecnología de producción, los canales de comercialización, el consumo y el manejo del cultivo de chile de agua en los Valles Centrales de Oaxaca da pauta para la implementación de este cultivo en las zonas periurbanas de los Valles Altos?

¿La producción de chile de agua en hidroponia tiene los suficientes elementos para ser una propuesta viable para las unidades de producción con pocos recursos de suelo, agua y recursos económicos en los espacios periurbanos y municipios conurbados localizados en Valles Altos?

¿Cuál es la relación costo-beneficio en la producción de chile de agua bajo condiciones de cielo abierto e hidroponia bajo invernadero en Valles Altos?

1.3 Justificación

El presente estudio pretende desarrollar una alternativa viable: técnica y económica para la producción bajo condiciones de invernadero en Valles Altos. Ya que unas de las mayores preocupaciones en el medio científico-tecnológico es la explicación del fracaso y propuestas de transferencia de tecnología, es indispensable evaluar sistemas de producción sobre el cultivo del chile de agua en un sistema protegido para generar opciones que puedan ser usadas por los productores de las zonas de transición entre el campo y la ciudad, que enfrentan restricciones de espacio, bajo nivel de ingreso, presión sobre el recurso agua e invernaderos no mayores a 500 m² de superficie en el contexto de la agricultura periurbana en los Valles Altos del estado de Puebla.

Además de la búsqueda de alternativas y diversificación de cultivos para la implementación de nuevos programas gubernamentales, se necesitan replantear los programas ya existentes. Ejemplos de problemas actuales son como lo menciona Muñoz (2010), que en la asociación de empresas comercializadoras de productos del campo, es frecuente entregar apoyos solo a cambio de gratificaciones, este tipo de acciones es un común denominador en todo el país que da como resultado deudas a los productores y abandono del programa.

La Asociación Mexicana de Constructores de Invernaderos A.C. (2007), menciona que el 50% de los invernaderos que fueron puestos en operación en todo el país, durante el sexenio por parte de la SAGARPA, están caídos y

abandonados, el problema actual de abandono es debido principalmente a que los productores no logran la comercialización de sus productos, la falta de capacitación y que los subsidios del gobierno no son suficientes para poder mantener la siembra, han creado mucha infraestructura inutilizable, con el paso del tiempo estas infraestructuras productivas se pueden deteriorar y de no ser rescatadas en poco tiempo serán una inversión tirada a la basura. Es por esto que surge la idea de retomar estos espacios productivos y retomarlos con una nueva alternativa alterna al jitomate que sea viable para el productor.

Una de las ventajas competitivas esenciales de los espacios periurbanos radica en la proximidad a las ciudades. Mantener una agricultura “de cercanías” que contribuya a acortar las distancias entre los habitantes del campo y la ciudad es esencial tanto como para conseguir productos más frescos y reducir significativamente los insumos de transporte por parte de los productores (Barsky, 2005).

La importancia de esta investigación pretende proporcionar a los productores de hortalizas que cuentan con poca superficie con invernaderos, información básica para la toma de decisiones de establecimiento de producción de cultivos puesto que se muestra la aplicación de tecnología con sus costos y beneficios.

Existe la necesidad de acompañar la producción del chile de agua con la capacitación en los aspectos de técnicos de producción, al igual que implementar opciones para su comercialización y transformación y de acuerdo con Castañeda (2005a) este producto radica en la importancia económica debido a su éxito, ya que es un cultivo con tres destinos de consumo: en fresco, seco y para conserva. Los productores tendrán una perspectiva sobre las implicaciones de manejar hortalizas bajo techo como una forma de ahorrar agua, con un buen manejo y obtener los beneficios que proporcionan contar con la cercanía de centros de acopio y centrales de abastos para el producto. La zona de estudio en los Valles Centrales de Oaxaca es considerada como zona periurbana debido a las cercanías que tiene con la ciudad, así mismo los rendimientos recabados para las zonas de estudio son referenciales, igual que el rendimiento obtenido en el sistema hidropónico es experimental.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis General

La producción de chile de agua en invernadero bajo condiciones de hidroponía, es altamente productiva y en comparación con un sistema a cielo abierto, representa una alternativa para las zonas periurbanas de los Valles Altos con la información recabada en el trabajo.

1.4.2 Hipótesis Particulares

1.- Las enfermedades, el bajo rendimiento del chile de agua debido a los bajos niveles de tecnología y el sistema tradicional a cielo abierto en los Valles Centrales de Oaxaca, generan bajos ingresos económicos a los productores.

2.- La producción de chile de agua en hidroponía bajo invernadero en Valles Altos, genera rendimientos más altos que su producción a cielo abierto en los Valles Centrales de Oaxaca.

3.- La producción de chile de agua bajo condiciones de hidroponía e invernadero, genera mayor beneficio económico (beneficio/costo) que una producción a cielo abierto.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Determinar el rendimiento y realizar un análisis económico del chile de agua en un sistema hidropónico bajo condiciones de invernadero y realizar la

comparación con un sistema tradicional a cielo abierto de los Valles Centrales de Oaxaca.

1.5.2 Objetivos específicos

1.- Comparar los rendimientos de chile de agua de los Valles Centrales de Oaxaca y un sistema tradicional a cielo abierto con un sistema experimental de hidroponía bajo invernadero, en Valles Altos.

2.- Analizar el rendimiento del cultivo de chile de agua bajo un sistema hidropónico experimental en invernadero.

3.- Realizar un análisis económico del cultivo de chile de agua bajo condiciones de invernadero en hidroponía y comparar los costos y utilidades con un sistema tradicional a cielo abierto de los Valles Centrales de Oaxaca.

II. MARCO CONCEPTUAL

En este capítulo se exponen los conceptos que guiaron la investigación: la definición de espacio periurbano y su contexto, la descripción de la técnica hidropónica y su aplicación dentro de la agricultura protegida, así como las relaciones que desempeña actualmente en las zonas periurbanas como agricultura protegida, la funcionabilidad de los canales de comercialización y la determinación de una relación costo/beneficio para un cultivo.

2.1 Agricultura tradicional

El término tradicional también ha sido usado para referirse a los habitantes de las áreas campesinas de países en vías de desarrollo, estos integrantes del sector tradicional pueden ser indígenas o mestizos, tener su actividad en áreas terrestres, marinas o acuícolas, o formar parte de una sociedad tribal o campesina (Velázquez y Mata, 2008).

Por otra parte Volke y Sepúlveda (1987) citados por Velázquez y Mata (2008), mencionan que los agricultores de subsistencia tiene bajos rendimientos debido a que el acceso a los insumos y servicios (agua, créditos, etc.) es ineficiente e inoportuno en comparación con grandes agricultores, así también al mayor costo de tecnología moderna, al temor a un mayor riesgo por el arraigo de sus tecnologías tradicionales y a la complejidad de la tecnología moderna (paquetes tecnológicos), bajo nivel educativo, falta de organización, y falta de concordancia con los objetivos de la economía campesina.

Una de las características de la agricultura tradicional es el uso de los recursos naturales basados en una prolongada experiencia empírica que ha conducido a configurar los actuales procesos de producción y las prácticas de manejo utilizadas, un amplio contacto físico-biótico con el medio por parte de los campesinos, la utilización de recursos apoyada por una educación no formal para la transmisión de conocimientos y habilidades requeridas y, un acervo cultural acumulado en la población agrícola (Hernández, 1985).

A manera de conclusión la agricultura campesina es aquella donde se producen diferentes productos alimenticios a escala pequeña, orientados principalmente al consumo familiar, que requieren de pocos insumos externos para su producción. Algunas de las principales características son: Uso de semillas criollas o regionales, tracción animal o humana, cultivos asociados e imbricados (en relevo), diversidad de productos y subproductos (hojas y tallos como forraje), uso de plantas y frutas silvestres, control manual y mecánico de plagas y enfermedades, fertilización natural orgánica, baja inversión energética en cosecha y almacenamiento, poca intensidad en la innovación tecnológica, uso de herramientas e instrumentos sencillos, decisiones sobre calendario agrícolas, fenotipos, métodos de siembra y cultivo en función de fenómenos climáticos, mano de obra familiar, ayuda mutua y asalariado eventual, venta de excedentes o con cultivos comerciales (café, fruta, cebada, sorgo, etc.), rendimientos de bajos a medios en función de los recursos, (Gómez *et al.*,1998).

2.2 Espacio periurbano

Espacio periurbano es una nueva categoría conceptual que surge por los vínculos socioeconómicos (expansión de la industria y comercio y la migración rápida u continua hacia los centros urbanos) y culturales entre el campo y la ciudad, y obliga a repensar el planteamiento tradicional que opone o separa lo urbano de lo rural (Galindo y Delgado, 2006).

Los espacios periurbanos se manifiestan como zonas de transición en las que conviven actividades urbanas y agrícolas que compiten por los recursos de la región: suelo, agua, aire, vegetación, entre otros. Estos espacios se visualizan como áreas multifuncionales que están sometidas a grandes y rápidas transformaciones, y cuyo dinamismo está en gran medida determinado por el crecimiento de la ciudad (Entrena, 2005). El abordaje del concepto analítico periurbano presenta dificultades ya que desde su definición se concibe como un territorio en situación transicional donde se desdibujan las fronteras y está sujeto un permanente proceso de transformación (Barsky, 2005) y reconfiguración constante de los procesos socioeconómicos.

En términos generales, las áreas periurbanas se definen como un espacio en las periferias de las ciudades y de su exterior, el cual es un escenario híbrido por las transformaciones profundas sobre los planos demográfico, económico, social, político y cultural de la ciudad y el medio rural (Banzo, 2005). Por otro lado, la periurbanización se concibe como un modo de habitar, un modo de vida que un importante sector de la población ha elegido por voluntad propia o por necesidad, tanto en los países desarrollados como en los de menor desarrollo (Banzo, 2005).

La interfaz periurbana se caracteriza por la fuerte influencia urbana, fácil acceso a los mercados, los servicios y otros insumos, suministros de mano de obra, pero la escasez relativa de tierra un riesgo por la contaminación y el crecimiento urbano (Phillips *et al.*, 1999).

2.2.1 La periurbanización en México

A diferencia de otras décadas en las que el espacio rural y el urbano se encontraban claramente delimitados, tanto por el tipo de actividades productivas que en ellos se realizaban como por las formas de vida que de ellas se derivaban, actualmente es difícil establecer fronteras entre ambos espacios. En México en las décadas de 1940 a 1960 se caracterizaron por altas tasas de migración hacia las grandes ciudades (México, Guadalajara, Monterrey, Puebla) porque en ellas se concentraban las actividades comerciales, industriales y de servicios, y, por lo mismo, distintas opciones de empleo (Lara, 1996).

De acuerdo con Ávila (2001), la expansión y el crecimiento urbano comenzó a adquirir dinamismo hace más de sesenta años cuando importantes extensiones de tierras ejidales y comunales empezaron a incorporarse a las grandes ciudades, esto propició que las tierras que estaban destinadas para el uso agrícola transformaran sus actividades debido a la gran mancha urbana por la que eran absorbidas.

2.2.2 Del enfoque tradicional a los nuevos enfoques emergentes

La relación que existe entre el campo y la ciudad ha tenido en cuenta siempre a la agricultura como factor esencial para definir la forma, intensidad, condiciones y elementos del proceso de urbanización: argumentando que las revoluciones agrícolas han dado lugar a cambios en la forma e intensidad de organización y concentración de la población, liberando fuerza de trabajo y generando excedentes necesarios para la conformación de las ciudades (Hernández, 2010).

Desde esta perspectiva, el fenómeno urbano ha sido definido por Ramírez (2003), a partir de los siguientes elementos:

- a) La especialización de tareas propias de las ciudades, marcadas en un principio a partir de la articulación entre las actividades artesanales y la introducción de la agricultura capitalista que generan las migraciones campo-ciudad, y que están dadas por la relocalización industrial y el incremento del sector terciario más que del agrícola y comercial.
- b) La necesidad de fijar un límite a los espacios urbanos.
- c) Los criterios de tamaño y densidad de población como factores fundamentales para su definición.
- d) La estructura urbana del hábitat en términos de aglomeración y dotación tanto de infraestructura, como de servicios propios del ámbito urbano.
- e) El dinamismo y durabilidad de la ciudad en contraposición con la relativa estabilidad y fragilidad de los espacios rurales.

Todos estos factores han contribuido a generar una visión dicotómica en donde lo rural y lo urbano se conciben como espacios diferenciados y opuestos.

Es a partir de la segunda mitad del siglo veinte, cuando el crecimiento urbano aunado con la rápida industrialización, crean nuevos espacios donde se combinan lo urbano con lo rural y obliga a replantear teóricamente cualquier vinculación entre ellos existiendo una escala intermedia (Hernández, 2010).

Hoy en día se reconoce ampliamente que la fragmentación de la realidad contemporánea urbano-rural, en donde el primer factor del binomio es el espacio que se transforma y que es dinámico, y el segundo es el atrasado y que permanece, no contribuye al entendimiento de las transformaciones que se dan en los territorios (Ramírez, 2003).

Por tanto, a partir del reconocimiento del agotamiento conceptual de lo urbano y rural, han surgido una serie de categorías analíticas que aluden a la formación de espacios complejos, ubicados en la periferia de las ciudades, que comparten atributos y características que anteriormente se consideraban propias y exclusivas de las zonas rurales y urbanas, y que constituyen actualmente el escenario de prácticas económicas, sociales, culturales y territoriales asociadas tanto a la agricultura como a la industria, el comercio y los servicios (Hernández, 2010).

Este espacio, conceptualizado como la franja urbano-rural, denota una transición entre los procesos y las formas de vida rural y urbana. En Norteamérica surge la noción de franja límite la cual denota una transición y se hace distintiva por un patrón mixto de uso de suelo. Las escuelas norteamericana y canadiense conciben la franja límite como una consecuencia propia de la evolución natural de las ciudades, en donde interviene una población creciente que requiere de nuevos espacios donde pueda encontrar una mejor calidad de vida en un ámbito relativamente cercano a la urbe. De esta manera la interacción urbano-rural se desarrolla a partir del flujo continuo de personas y mercancías (Ávila, 2001).

Es a principio de los años setenta cuando surge en Europa el concepto de periurbano como un concepto que corresponde a una nueva forma de

organización espacial, ubicada alrededor de las ciudades y caracterizada por mantener una hibridación de lo urbano y lo rural (Banzo, 2005).

2.2.3 Hacia una definición del espacio periurbano

Hablar del espacio periurbano supone el abordaje de dos conceptos geográficos aparentemente bien diferenciados, el campo y la ciudad. Este espacio aborda la transición de lo urbano y lo rural. Por la misma razón que está en un constante cambio es difícil para el investigador contar con una definición concreta (Barsky, 2005).

Existe una dificultad para definir las áreas periurbanas, el carácter indefinido de sus fronteras físicas o geográficas y a los diversos aspectos socioeconómicos que ahí se desarrollan son parte del problema. Entrena (2005), menciona que los límites de lo urbano y rural son imprecisos no sólo porque física y geográficamente resulte difícil establecer un claro concepto de separación, sino también porque en estas áreas suele existir una población cuyas características sociales y económicas se encuentran en proceso de cambio y redefinición y que se manifiestan como una especie de construcción híbrida que posee características tanto de lo urbano como de lo rural.

De manera general, el concepto periurbano se define como una hibridación entre lo urbano y rural donde hay una mezcla de características de ambos lugares. Constituye un espacio específico, caracterizado por su situación intermedia entre lo urbano y lo rural, que produce un territorio definido por la discontinuidad física, resultado del proceso de difusión urbana y la transformación espacial del medio rural (Banzo, 2005). El Instituto de Estudios Geográficos de Francia (IEG) lo conceptualiza como el espacio situado alrededor de las ciudades, susceptible a su influencia directa y de ser significativamente tocado por los procesos puestos en marcha por esa proximidad (IEG, 1994; en Navarro, 2005). Se identifica así, a un sujeto territorial específico, con atributos y funciones territoriales que están vinculados a la ciudad.

Desde la perspectiva local del complejo entramado social del periurbano, las situaciones de desigualdad-diferencialidad básicas, constituyen una precondition necesaria en la programación de acciones y explicaciones, en la medida en que sus procesos rural urbanos se manifiestan básicamente fragmentados (Archenti y Ringuet, 2000). De esta manera, los espacios periurbanos se manifiestan como zonas de transición entre la ciudad y el campo en las que conviven actividades urbanas y agrícolas que compiten, entre muchas otras cosas, por el mismo uso del suelo. Esto hace que muchos autores coincidan en visualizarlos como espacios multifuncionales que están sometidos a grandes y rápidas transformaciones, y cuyo dinamismo está en gran medida determinado por el crecimiento de la ciudad y la paulatina incorporación de estos espacios dentro de la jerarquía del conjunto urbano (Entrena, 2005).

En este trabajo de investigación el concepto que se manejó para definir el espacio periurbano no radica solamente al espacio geográfico que ocupa, si no que se enfoca también en el tipo de personas que habitan estos lugares y el modo de vida, ya que constituye una parte medular de los enfoques sociales sobre la vida cotidiana. El análisis de los espacios periurbanos bajo la perspectiva del modo de vida, permite acercarse a los individuos y ver qué elementos intervienen para el análisis de la producción y reproducción de la vida social en el lugar, así mismo este es un recurso metodológico para tener más claro la subjetividad de los habitantes de ese lugar.

Lindón (2001), señala que el concepto modo de vida “se refiere a una serie de procesos de los cuales se produce una red organizada de procesos y prácticas sociales, esto significa que los individuos organizar sus respuestas antes las condiciones de vida que tienen”, el modo de vida expresa una relación estable donde entran en juego las prácticas actuales, las representaciones y creencias heredadas del pasado, así como estrategias y sus acciones proyectadas para el futuro, en este sentido se puede afirmar que es el cruce de los procesos históricos y la vida cotidiana de los individuos.

Hernández (2010), menciona que como la vida cotidiana expresa las prácticas sociales del presente, el enfoque modo de vida recupera la cotidianidad de la historicidad, por ello el modo de vida incluye a la vida cotidiana sin confundirse con ella misma.

“Si visualizamos el modo de vida como la organización y actividades que los actores realizan en los diversos ámbitos de su vida social, tanto como en sus prácticas, percepciones, estados y contenidos intencionales y actitudes, podemos apreciar que los modos de vida y sus formas de desarrollo difieren de acuerdo a los diferentes tipos de población, y de manera más concreta, en los diferentes tipos de territorio” (Hernández, 2010).

En México existen algunos trabajos que se han abocado principalmente a la construcción del territorio y los modos de vida para el caso de las periferias y suburbios de las grandes ciudades y es a partir de ahí que con estas revisiones se puede constatar el carácter heterogéneo de las subjetividades sociales presentes en el territorio periurbano. Allen (2003), menciona que las comunidades periurbanas se definen como aquéllas que poseen una orientación urbano-rural dual en términos sociales y económicos. Por lo que estas comunidades sufren desventajas y carencias, ya que sus habitantes suelen dedicarse a actividades informales y agrícolas, en la periferia de la economía y de la sociedad urbana.

Por otro lado, la visualización de las áreas productivas desde el modo de vida, abre la perspectiva al estudio de las desigualdades, ya que el modo en que los actores hacen frente y viven cotidianamente la periurbanización, difiere de un contexto socioeconómico a otro, atendiendo a las características específicas de los territorios concretos en los cuales se desarrolla este proceso. La presente investigación se adscribe a esta definición de espacio periurbano, la cual, además de considerar la complejidad inherente a los territorios discontinuos y difusos, sometidos al influjo directo de los procesos urbanos, incorpora la variable “modo de vida”, reconociendo con ello la existencia de un sujeto socio-territorial específico, en constante mutación, cuyas prácticas se encuentran impregnadas de una identidad propia y compleja, construida a partir de las

conectividades e influencias con el resto de los actores sociales que moldean el patrón de conformación territorial (Banzo, 2005).

En el presente trabajo el enfoque modo de vida tiene un papel muy importante, en primera porque la actual región periurbana de la ciudad de Puebla una vez estuvo solo relacionada con las actividades agrícolas con un contexto rural, y ahora con la gran mancha urbana que la ha incorporado con el paso de los años, las actividades han tenido un cambio con nuevos roles y características que tienen una homogeneidad dentro del marco urbano y rural. Por otra parte en la ciudad de Oaxaca uno de los lugares donde se realizó el trabajo, pertenecen de acuerdo con contexto de cercanía a las grandes ciudades una clasificación de periurbano, sin embargo cada municipio tiene sus características propias ya que la mancha urbana no las ha absorbido por completo y aún conservan sus propias características y roles.

2.3 Agricultura periurbana

Agricultura urbana y periurbana, es definida como la producción de cultivos y la cría de animales para la alimentación y otros usos, alrededor de las ciudades (Mougeot, 2000). Siendo una práctica común en África, Asia y América para afrontar la pobreza y la inseguridad alimentaria, que contribuyen con el 15 a 20 por ciento de la oferta mundial de alimentos (Schnitzler *et al.*, 1998; Armar, 2000).

Autores como Torres (2000a), Ávila (2004) y Ramírez (2003), mencionan que la agricultura periurbana alude a pequeñas superficies situadas en la periferia de la ciudad, destinadas a la producción primaria ya sea para consumo propio o para la venta en los mercados locales o regionales. Estas prácticas agrícolas compiten por recursos (tierra, agua, energía y mano de obra) que podrían ser destinados también a otros fines para satisfacer necesidades de la población urbana.

De acuerdo con Ávila (2004), el espacio periurbano en América Latina está muy desarrollado principalmente en las grandes capitales, de manera muy

diferente al de los países industrializados. Se trata principalmente de un periurbano habitacional, donde se expresa la diferenciación territorial en cuanto a las formas de apropiación y uso del espacio. Los suelos se usan para la construcción de vivienda, dejando así una reducida superficie para la agricultura (Ávila, 1997). Drescher (2001), considera que la producción de alimentos en las zonas periurbanas de los países en desarrollo se presenta como una estrategia inducida por la crisis que garantiza la supervivencia del segmento más pobre de la población. En Europa y Estados Unidos, por ejemplo, la noción de agricultura periurbana está muy vinculada a una serie de intereses emergentes que atribuyen a la agricultura funciones nuevas y necesarias, ya sea la mejora en la calidad de los alimentos, la conservación del medio ambiente, la valoración de los servicios ecológicos, educativos y psicológicos del paisaje o como una forma de ocio y tiempo libre (Navarro, 2003).

La FAO (1999), menciona que uno de los aspectos principales que diferencian a la agricultura periurbana de la rural tradicional, lo constituye el tipo de soporte físico necesario para su establecimiento. Es por esto que las zonas donde se practica la agricultura tradicional son muy extensas, mientras que en las zonas periféricas esta práctica es en espacios muy reducidos.

2.3.1 El uso del suelo y agua en las zonas periurbanas

En los espacios periurbanos, el uso del suelo queda frecuentemente fuera de toda regulación y planificación; el suelo generalmente se convierte en la franja de la ciudad y en el escenario de aquellas actividades que no encuentran su acomodo en el tejido consolidado, ya sea por su irregularidad o situación económica, al mismo tiempo que las zonas de industria no planificadas y predios destinados a casa habitación (Verdaguer, 2010).

Con lo que respecta a la agricultura (concebida en el imaginario moderno como el uso 'antiurbano' por excelencia) queda oculta siempre en el punto ciego de las políticas de intervención en el ámbito periurbano y su presencia en los paisajes periféricos permanece apartada del ámbito rural, con el que coexiste.

Verdaguer (2010), considera que resituar los usos agrícolas en el centro de la reflexión y del debate urbano, insertándolos activamente como parte de las dinámicas económicas asociadas a la sostenibilidad urbano-territorial, constituye una tarea urgente.

La agricultura para estas zonas ha sido una actividad minusvalorada, existe un claro dominio por parte de la cultura urbana, enfocado más en la industrialización. La consecuencia, son los incrementos de población del campo a la ciudad, envejecimiento global de la fuerza laboral agrícola debido al abandono del sector por parte de los jóvenes, desaparición de formas de cultivo y manejo tradicionales más respetuosas con el medio, descenso en el precio de la mano de obra agrícola, etc. (Verdaguer, 2010).

Por otra parte hablar de la gestión del agua para las zonas periurbanas es un tema que va tomando mayor interés por parte de las autoridades debido a la gran expansión que ha tenido la mancha urbana, de acuerdo con el Banco Mundial (2010), en los próximos cinco años el crecimiento de la población se concentrará en las áreas urbanas, este gran crecimiento y expansión origina nuevas áreas periurbanas en las grandes ciudades siendo estas las que se encuentran con mayores problemas de déficit de agua y saneamiento, al mismo tiempo que el manejo de los recursos naturales.

Allen (2004), menciona que en el contexto de los países en desarrollo, las áreas periurbanas están por lo general fuera de la cobertura de los sistemas formales de servicios de agua y saneamiento, la característica principal para estas áreas periurbanas es que tienen una gran diversidad de prácticas informales, un ejemplo es que el agua continúa siendo responsabilidad del sector público, sin embargo hay casos donde se hace del sector privado (propietarios de pozos privados o extracción privada legal o ilegal normalmente no regulada) hace uso inadecuado del recurso. A manera de conclusión (Allen, 2004), establece que el sistema formal puede describirse como “enraizado en políticas” y el sistema informal como “enraizado en las prácticas”

De igual forma (Barsky, 2005), menciona que en contraposición con los procesos organizados de concentración urbana en Europa y otras regiones desarrolladas en Latinoamérica la ocupación del suelo en las áreas periurbanas generalmente se realiza de una manera no planificada, constituyendo un espacio de gran heterogeneidad y crecimiento acelerado, donde se registran problemas sociales y ambientales, un mercado del suelo poco transparente, proximidades conflictivas y las disputas por los recursos antes mencionadas.

En la dinámica de lo urbano y lo rural se tiene que reconocer que los espacios periurbanos son los que reciben la influencia de los agroquímicos y los residuos sólidos, la contaminación de los contenedores de los productos agroquímicos por ser de difícil control.

Los habitantes de la ciudad son los consumidores de productos que en muchas ocasiones son de poca calidad debido al agua que disponen los agricultores para regar sus parcelas. De esta manera es importante entender cómo funciona el ciclo del agua real y cuáles son las medidas necesarias para proteger el recurso hídrico y así, la salud de las familias agricultoras (Altieri, 2000). El aprovechamiento y gestión sustentable del agua, trasciende el plano de lo meramente técnico, es ya un problema político, social, económico y cultural. Acceder a agua contaminada es un problema que agobia a las zonas periurbanas actualmente.

La relación existente entre la producción y el manejo de los recursos naturales, será clave para la solución de los problemas de inseguridad alimentaria y degradación ambiental (Altieri, 2000). El territorio periurbano en realidad es la interface en donde múltiples territorios se entrelazan, y coexisten diferentes agro-ecosistemas, industrias que producen desechos sólidos y efluentes líquidos y las urbanizaciones que no siempre cuentan con la infraestructura básica suficiente para controlar sus efluentes. Entre este universo de acciones, persisten algunos ecosistemas naturales remanentes (Barsky, 2005). El agua está vinculada a todos los problemas sociales.

2.3.2 Clasificación de la Agricultura Urbana y su relación con la seguridad alimentaria

La agricultura urbana se divide en intraurbana y periurbana. La primera consiste en la producción a pequeña escala de vegetales y animales dentro de viviendas o barrios que se localizan dentro del perímetro urbano; en cambio la peri-urbana es la producción a pequeña escala que se desarrolla en los alrededores de la ciudad, marcando los límites del territorio (Torres, 2000b).

En la producción de vegetales se encuentra la práctica de producción de frutales, hortalizas, flores, plantas medicinales, ornamentales, cultivos básicos, oleaginosas, mientras que en la reproducción animal se encuentra la avicultura, porcicultura, cunicultura, ovino-cultura, apicultura y acuicultura (Drescher, 2001). El concepto de AUP (agricultura urbana y periurbana) está relacionado con el concepto de “seguridad alimentaria” ya que el alimento debe ser suficiente y estar disponible en todo momento, de forma que las personas puedan satisfacer sus necesidades básicas de acceso a alimentos de calidad, en cantidad, diversidad y nutritivos para desarrollar una vida sana y activa (FAO, 1996). Torres (2000a), argumenta que la seguridad alimentaria no solo es un problema a nivel rural, sino también lo es a nivel urbano, constituyendo la principal preocupación de la población urbana pobre (Losada *et al.*, 1998).

2.3.3 Importancia de la agricultura en las zonas Periurbanas

Hoy en día, al menos un tercio de los alimentos consumidos en las ciudades de todo el mundo se producen en las zonas urbanas y periurbanas, y al menos un 7.5% de los alimentos en el mundo están producidos por campesinos urbanos (Grupo ETC, 2009). La agricultura periurbana engloba otro tipo de cultivos alternos, como es la agricultura protegida (como la hidroponía en invernadero) en pequeños espacios, fuera del espacio que ocupa el hogar.

2.4 Agricultura protegida

Es aquella que se realiza bajo estructuras construidas con la finalidad de evitar las restricciones que el medio impone al desarrollo de las plantas cultivadas.

Así, mediante el empleo de diversas estructuras y técnicas se reducen al mínimo algunas de las condiciones restrictivas del clima sobre los vegetales (Bastida, 2006).

Entre los principales factores ambientales que impiden la expresión del potencial genético de los cultivos están la baja fertilidad de los suelos, las enfermedades, las plagas, la competencia con otras plantas, condiciones climáticas poco favorables; entre ellas falta de agua y bajas o altas temperaturas, así como métodos y técnicas inadecuadas de cultivo. Factores todos ellos que inciden sobre los cultivos cuando se desarrollan a campo abierto o al aire libre, dando como resultado bajo rendimiento (Bastida, 2006).

Los productores en México utilizan un amplio rango de tecnología de invernadero, micro túnel, mallas sombra, entre otros para contrarrestar los rendimientos promedio bajos de una agricultura tradicional. La principal fortaleza de la agricultura protegida está basada en las condiciones de clima: permitiendo la producción en invierno con mayores rendimientos, períodos más largos de producción, mayor vida de anaquel, mejor costo efectividad en general, mejor manejo de la inocuidad de alimento fresco y protección de la cosecha contra elementos climáticos y biológicos; plagas y enfermedades (Garza, 2010).

La agricultura protegida ha modificado las formas de producir alimentos, generando ventajas para los productores del campo por el desarrollo de cultivos agrícolas fuera de su ciclo natural y en menor tiempo, capaces de enfrentar con éxito a las plagas y enfermedades, con mejores rendimientos en un espacio reducido y con un mejor precio en los mercados (SAGARPA, 2012).

2.4.1 Invernaderos

Los invernaderos permiten modificar y controlar de forma más eficiente los principales factores ambientales que intervienen en el desarrollo y crecimiento de las especies vegetales, ya que en su interior se reproducen micro climas artificiales ideales para aumentar los rendimientos agrícolas, al margen de las

condiciones ambientales externas. De esta forma, la finalidad de los invernaderos es proteger cultivos de los factores y elementos adversos a su desarrollo, como son altas y bajas temperaturas, granizadas, vientos, lluvias torrenciales, calidad y cantidad de energía luminosa. Factores y elementos que pueden ser modificados y controlados eficientemente mediante el diseño, construcción y manejo apropiado de cada invernadero, considerando las condiciones climáticas locales y los requerimientos de cada especie agrícola a cultivar dentro de ellas (Bastida, 2004). Sánchez (2005), define al invernadero como una construcción agrícola, con una cubierta traslúcida que tiene por objeto reproducir o simular las condiciones climáticas más adecuadas para el crecimiento y desarrollo de las plantas establecidas en su interior, con cierta independencia del medio exterior. Para lograr el objetivo se recurre al diseño y equipamiento del mismo.

2.4.1.1 Clasificación de la tecnología de invernaderos

Para Bastida (2007), el invernadero representa la herramienta clave de la agricultura protegida porque brinda eficiencia e idoneidad para manejar algunos factores del clima dentro de límites determinados de acuerdo con las exigencias fisiológicas del cultivo.

Pieter de Rijk (2008), clasifica los invernaderos según su nivel tecnológico donde el de nivel bajo es aquel dependiente del ambiente, uso de tecnologías simples similares a utilizadas en cultivo a intemperie, nivel medio es semiclimatizado, riegos programados, suelo o hidroponía y el nivel alto climatización automatizada (mayor independencia del clima externo), riegos, computarizados, inyecciones de CO₂, y uso de sustratos.

*Invernadero de baja tecnología: cultivo en el suelo, irrigación por goteo con cinta, ventilación manual con mallas anti-áfidos y sin calefacción.

*Invernadero de mediana tecnología: cultivo en suelo, fertirriego por goteo, calefacción solo para evitar daños por heladas, mallas anti-áfidos y ventilación automática.

*Invernadero de alta tecnología: cultivo en sustrato, fertirriego presurizado localizado, calefacción para control general de temperatura, ventilación automática y sistema de inyección de anhídrido carbónico (CO₂).

Bastida (2008), clasifica a los invernaderos en cuatro niveles tecnológicos: Bajo: aquel que tiene un manejo manual cuya estructura es rústica y sin equipo. Medio: presenta un manejo mecánico, con estructuras equipadas con dispositivos mecánicos y motores. Alto: con manejo automatizado por la presencia de sensores y controladores y dosificadores programados. Muy alto: tiene un manejo computarizado donde las variables ambientales, aplicación de nutrientes se controlan con software.

2.5 Hidroponia

La hidroponia es una tecnología para producir plantas en un medio separado del suelo *in situ* (por ejemplo, arena, grava, tezontle, vermiculita, lana de roca, Peat Moss, fibra, aserrín, bolitas de arcilla, entre otros). Es el método de producción de cultivos más intensivo y por lo general, permite la producción de frutos de alta calidad (Papadopoulos, 2004).

León y Martínez (2004), señalan que en un sistema hidropónico se debe registrar diariamente el potencial osmótico, aunque sea indirectamente como conductividad eléctrica de la solución a la salida de los goteros, entrada del sustrato y drenaje, para asegurarse que el sistema de riego trabaje adecuadamente y detectar la probable acumulación de sales en el sustrato.

Papadopoulos (2004), establece que una forma de mejorar, no solo la productividad, tipo de fruto, resistencia a enfermedades y color del fruto, sino también la calidad sensorial y nutracéutica de los frutos de invernadero, es mantener los parámetros ambientales apropiados para el invernadero (luz, temperatura, humedad, enriquecimiento con CO₂) e implementar nuevos métodos de cultivo como irrigación, soluciones nutritivas óptimas, y un manejo hidropónico adecuado.

2.5.1 Historia de la hidroponia

La historia de la hidroponia data desde el siglo XVII, cuando el inglés John Woodward, hizo sus primeras observaciones sobre los minerales disueltos en el agua, esto pondría fin a la idea errónea de que eran las partículas de suelo las que alimentaban a la planta. Aun así tuvieron que pasar dos siglos para que el científico alemán Julio Von Sachs realizara alrededor del año 1860 lo que se considera las primeras conclusiones científicas que probaban la posibilidad de realizar cultivos sin tierra. Este científico demostró que solo contando con los elementos esenciales un cultivo podría crecer perfectamente haciendo caso omiso del suelo (Consultora Ambiental GSA, S.A, 2009)

La producción comercial de cultivos hidropónicos tiene aproximadamente más de 70 años de haberse iniciado, anteriormente se consideraba como un complemento y en ciertos casos como un sustituto de los métodos tradicionales de cultivo, debido a que se puede realizar en todas aquellas partes en donde el suelo no es fértil o cuyo acondicionamiento resulta costoso, además se puede realizar en cualquier tipo de clima (Zárate, 2005) y se ha perfilado como una importante alternativa para la producción de plantas con fines alimenticios, ornamentales y forrajes (Resh, 2001).

Según Resh (1997), las ventajas más importantes del cultivo hidropónico frente al sistema tradicional de utilizar suelo y fertilizantes con macro elementos son una mayor eficiencia de la regularización de nutrición, su posibilidad de empleo en regiones del mundo que carecen de tierras cultivables, una utilización más eficiente del agua y fertilizantes, más fácil y bajo costo de desinfección del medio, así como una mayor densidad de plantación que conduce a un incremento de cosecha por unidad superficie. Aunque este sistema presenta múltiples ventajas, sin embargo, algunas de las principales desventajas de los cultivos hidropónicos son los elevados costos iniciales; algunas enfermedades como *Fusarium* y *Verticilium*, las cuales pueden extenderse rápidamente a través de este sistema, sobre todo en tinas o “camas” y la aparición de problemas nutricionales complejos al hacerse más dependiente del hombre.

2.5.2 Importancia de la hidroponia

Es claro que la población está creciendo y por lo tanto crece la necesidad de alimentos para satisfacer a las personas, así mismo al crecer la población hay menos espacio disponible para los cultivos debido al crecimiento de la mancha urbana, de igual forma el clima ha cambiado en los últimos años afectando a muchos cultivos, la hidroponia, por sus características especiales brinda nuevas alternativas para el cultivo de los cultivos tradicionales, (Consultora Ambiental GSA, S.A, 2009).

Los habitantes de Latinoamérica han tenido grandes ventajas en comparación con otros países debido a la calidad de suelos, diferentes climas y factores positivos en su geografía agrícola, lo que dejó a un lado la incorporación de nuevas técnicas para la producción agrícola, sin embargo esto ha cambiado en los últimos años, ahora no es una región de alimentos baratos y sobre todo de calidad confiable, porque actualmente se utilizan pesticidas prohibidos en el resto del mundo por su alta toxicidad, además de la carencia de controles adecuados que aseguren el respeto de las normas vigentes de sanidad vegetal (Bastida, 2008).

Este cambio de circunstancias abren la posibilidad de implementar la técnica hidropónica para la producción de los cultivos, ornamentales, forrajes, plantas aromáticas, etc.

2.5.3 Clasificación de la Hidroponia

2.5.3.1 Raíz en sustrato sólido

En esta modalidad de cultivo las raíces se ubican en un medio sólido o sustrato como arenas, gravilla, escoria de carbón, ladrillo molido, piedra pómez, cascarilla de arroz, aserrín, viruta de madera, arcilla expandida, vermiculita, lana de roca, etc. Este sistema de cultivo es el más empleado en

Latinoamérica, es así como en algunos lugares volcánicos del Ecuador se emplea la piedra pómez, en regiones industriales la escoria de carbón, en zonas agrícolas la cascarilla de arroz, las diferentes clases de arenas son empleadas en zonas urbanas, los retales de ladrillos libres de materiales de construcción son empleadas en zonas marginadas de las ciudades (Calderón, 2001).

2.5.3.2 Raíz en medio líquido

La raíz desnuda, aparece sumergida en un medio líquido que contiene los nutrientes necesarios por la planta; dentro de esta modalidad se cuenta con varios sistemas entre ellos: el NFT que es una técnica de cultivo en flujo laminar donde las raíces extendidas sobre canales reciben láminas delgadas de agua con nutrientes varias veces al día a solución nutritiva suministrada ésta en continuo movimiento y la cantidad de elementos nutrientes estrictamente controlados uno a uno con macetas. Las raíces enterradas en un sustrato o medio nutritivo contenido en una maceta o recipiente alcanzan su desarrollo hasta el espacio permitido por el recipiente, la aireación es constante (Calderón, 2001).

2.5.3.3 Raíz en medio gaseoso o aeropónico

Las raíces de las plantas se encuentran suspendidas y son alimentadas por la solución nutritiva en forma de neblina. Esta modalidad debe ser analizada teniendo en cuenta: disponibilidad de medios o sustratos, cantidades de agua, costos de montaje, especies a cultivar, disponibilidad de mano de obra, objetivo propuesto etc. (Calderón, 2001).

En América Latina, la hidroponía en sustratos es la que ha tenido mayor éxito, especialmente utilizando cascarilla de arroz. Por su lado las hortalizas han sido cultivadas en medios líquidos, éste último empleando el sistema NFT. Los estanques y las macetas se han utilizado a nivel experimental, el sistema

aeropónico ha sido utilizado a nivel didáctico y recreativo (Marulanda e Izquierdo, 2003).

2.5.4 Sistema abierto contra sistema cerrado

Según el manejo que se le dé a la solución nutritiva, un sistema hidropónico puede ser abierto o cerrado (Calderón, 2001).

2.5.4.1 Sistema abierto

El sistema abierto es aquel donde se aplica a las plantas la solución nutritiva necesaria y el drenaje no es reutilizado. La cantidad que drena es mínima ya que se aplica a la planta solamente lo necesario para el consumo diario (Savvas, 2001).

2.5.4.2 Sistema cerrado

Es aquel en el cual la solución nutritiva circula a través del cultivo y va a parar a un tanque desde el cual puede ser reutilizada. En este caso se debe utilizar una composición cuidadosamente formulada con el fin de evitar desbalances nutricionales. Esta solución puede ser utilizada indefinidamente siempre y cuando se reponga el agua y los nutrientes que vaya consumiendo la planta y se tengan las debidas consideraciones microbiológicas (Calderón, 2001).

2.5.5 La solución nutritiva

La solución nutritiva es el agua con los nutrientes minerales esenciales disueltos en ella, en concentraciones y proporciones adecuadas para lograr un crecimiento y desarrollo óptimo de las plantas. En los sistemas hidropónicos, todos los nutrientes minerales esenciales deben estar en la solución nutritiva en concentraciones adecuadas para lograr una nutrición balanceada de las plantas, y por lo tanto, obtener mayores rendimientos (Rodríguez, 2004).

Con la nutrición pueden modificarse las características morfológicas y el crecimiento de las plántulas. La mayoría de las soluciones nutritivas recomendadas se han obtenido mezclando los nutrientes en diferentes proporciones y al azar, y sembrando posteriormente un cultivo; la mezcla de nutrientes donde el cultivo se desarrolló mejor se recomienda como una solución nutritiva específica para dicho cultivo. Esta forma de recomendar una solución nutritiva como específica no garantiza que exista otra solución en la cual se desarrolle mejor el cultivo (De Rijck y Schrevens, 1997). La investigación de las soluciones nutritivas puede ser sistemática, lo cual permite evaluar todas las combinaciones posibles (Steiner, 1961).

De acuerdo con Juárez *et al.* (2006), las características químicas de la solución nutritiva se reflejan en la respuesta de las plantas, siendo el Potencial Osmótico (PO) la más importante al respecto. Steiner (1984) establece que la presión osmótica de una solución nutritiva es el factor más importante en el rendimiento de la planta, y basta que la diferencia entre dos soluciones sea del orden de 0.2 atm para que sea estadísticamente significativa.

Numerosas soluciones nutritivas han sido formuladas para hacer crecer plantas en cultivo sin suelo, y su composición química varía ampliamente (Smith *et al.*, 1983). Estas soluciones fueron desarrolladas empíricamente y la mayor parte sin consultar, previamente información precisa, con respecto a las concentraciones de nutrientes, las fuentes de nitrógeno (N) y su concentración total, para lograr el crecimiento óptimo de diversas especies vegetales. Dichos autores enfatizan que las concentraciones de nutrientes requeridos para satisfacer las demandas internas de las plantas difieren de acuerdo con la especie. Por lo tanto, no puede haber una solución nutritiva única con que se tendrían resultados satisfactorios para todas ellas. Sin embargo algunas soluciones, tales como la Hoagland han sido ampliamente usadas y consideradas suficientemente útiles en las investigaciones realizadas, lo que a juicio de dichos autores, ha limitado el desarrollo de las investigaciones al respecto.

Mientras que para Steiner (1961, 1984) la composición química de una solución nutritiva está determinada por las proporciones relativas de aniones y cationes, la concentración iónica total y el pH, para De Rijck y Schrevens (1997) una vez determinadas relaciones y concentraciones iónicas, el pH es a su vez fijado. Esto significa que el pH es una propiedad inherente de la composición mineral de la solución nutritiva que no puede ser variado independientemente.

2.5.5.1 Calidad del agua

En cuanto a la calidad del agua, Steiner (1961) explicó que todas sus soluciones nutritivas, las fórmulas que se deseen preparar, dependerán solamente del uso de agua destilada o completamente desmineralizada. Es necesario ajustar la fórmula de fertilización de acuerdo a la composición química del agua (León y Martínez, 2004). Para preparar la solución nutritiva se debe tener en cuenta la concentración de nutrientes en el agua de riego. Generalmente el agua contiene Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Azufre (S) y Boro (B).

También el agua contiene Sodio (Na) y Cloro (Cl) que en cantidades altas aumentan la salinidad del agua y pueden provocar toxicidad a las plantas.

En los cultivos sin suelo se puede establecer cualquier relación de nutrimentos y cualquier concentración total de sales, siempre que no supere los límites de precipitación para ciertas combinaciones de iones. Así, la selección de la concentración de una solución nutritiva debe ser tal que el agua y los iones totales sean absorbidos por la planta en la misma proporción en la cual están presentes en la solución (Steiner, 1961).

2.5.5.2 Presión osmótica

La respuesta de las plantas en crecimiento y desarrollo a la solución nutritiva del cultivo hidropónico (Steiner, 1966) depende de varios factores, el más

importante de éstos es la concentración total de iones, expresada como presión osmótica de la solución nutritiva, que es una propiedad fisicoquímica de las soluciones que depende de la cantidad de partículas, o solutos disueltos (Segal, 1989).

Un aumento de la presión osmótica debido al incremento en el contenido de nutrientes o de otros iones en la solución nutritiva provoca que la planta realice un esfuerzo mayor para absorber agua y algunos nutrientes (Asher y Edwards, 1983; Marschner, 1995) y por consiguiente un desgaste de energía metabólica.

Las características químicas de la solución nutritiva se reflejan en la respuesta de las plantas, siendo la presión osmótica la más importante de estas características. Según Steiner (1961, 1966, 1968, 1969, 1984), diferencias de presión osmótica de la solución nutritiva en el orden de 0,2 atm, provocan discrepancias considerables en el rendimiento de los cultivos.

La publicación original de la solución nutritiva universal planteada por Steiner, se basó en una presión osmótica de 0.7 atmósferas (-0.072 MPa como PO) y pH de 6.5. Estos valores no son universales, solamente las relaciones mutuas entre los aniones y los cationes se conciben como universales, permitiendo diferentes preparaciones a distintos PO deseados y valores de pH.

2.5.5.3 Relación de aniones y relación de cationes

Steiner (1961) estableció el concepto de relación mutua entre los aniones Nitrato (NO_3^-), Ácido Fosfórico (H_2PO_4^-) y Sulfato (SO_4^-), y entre los cationes Potasio (K^+), Calcio (Ca^{2+}) y Magnesio (Mg^{2+}). Se basó en que una solución nutritiva debe estar regulada en sus macronutrientes contenidos en los iones mencionados (N, P, K, Ca, etc.). La regulación nutritiva consiste no solo en la cantidad absoluta de cada elemento aportado sino, además, en la relación cuantitativa que se establece entre los aniones por una parte y los cationes por la otra.

Steiner (1961) indicó que cuando se aplica la solución nutritiva en forma continua, las plantas pueden absorber iones a muy bajas concentraciones. Sin

embargo, es probable que a una concentración demasiado baja, la demanda mínima de determinados nutrientes no sea cubierta.

En el otro extremo de concentración, el consumo excesivo puede conducir a efectos tóxicos. El punto de discusión es la existencia de concentraciones óptimas de determinados nutrientes en solución para un cierto cultivo, bajo particulares condiciones ambientales, o si sus proporciones relativas y no sus concentraciones absolutas son los factores determinantes. Bajo el supuesto que las concentraciones absolutas son decisivas y que éstas fueron determinadas experimentalmente, se tienen: mmol L^{-1} de K^+ , mmol L^{-1} de Ca^{2+} y mmol L^{-1} de Mg^{2+} , lo que da una relación de $\text{K}^+:\text{Ca}^{2+}:\text{Mg}^{2+}$, como $a:b:c$; sin embargo, esta relación también puede ser expresada como a/n , b/n y c/n , donde $n=a+b+c$. Así, la composición obtenida puede ser expresada simultáneamente en términos de una suma y de una razón. Esta última forma de expresión tiene la ventaja de que comprende a ambas propuestas; es decir, que si las concentraciones absolutas se evaluaron como factores determinantes, también las proporciones relativas de los diferentes iones pueden ser consideradas, si la concentración iónica total está incluida (Juárez *et al.*, 2006).

Steiner (1968), señaló en relación a la concentración de cualquier ion, que el problema más importante es la relación que se establece con respecto a los demás iones de su misma carga eléctrica, lo que se denomina relación mutua aniónica, si se trata de aniones y relación mutua catiónica, al referirse a los cationes.

2.5.5.4 pH de la solución nutritiva

Steiner (1968), menciona que en una verdadera solución nutritiva se tienen todos los iones en forma libre y activa y que el pH es importante para determinar la disponibilidad de algunos iones; así por ejemplo, en un pH alto no es posible tener un contenido alto de iones Ca^{2+} y PO_4^{3-} , debido a la posible coprecipitación de ambos en forma de compuestos poco solubles del tipo del CaHPO_4 .

El pH es importante para favorecer la presencia de la forma química H_2PO_4^- , que es la forma del fósforo más fácilmente absorbida por las plantas (Marschner, 1995). A pH 5,0, 100% del P está en esta forma y al aumentar el pH, dicha forma pasa a H_2PO_4^- ($\text{pK}_a2=7,3$), alcanzando el 100% a pH 5.2. El intervalo de pH en el que predomina el ion H_2PO_4^- sobre el HPO_4^{2-} es entre 5 y 6. Precisamente entre estos límites se tiene la mejor difusión de H_2PO_4^- en el espacio libre aparente radical y aumenta su absorción por parte de las plantas desarrolladas en hidroponía (De Rijck y Schrevens, 1997).

En las soluciones nutritivas se pueden presentar problemas por precipitación de P cuando el pH es mayor de 7,5. Cuando el producto de sus contenidos de Ca^{2+} y $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$ (en Mm L^{-1}) presentes en la solución nutritiva es >2.2 ocurre precipitación de CaH_2PO_4 (Steiner, 1984).

Steiner (1968), generalmente usa valores de pH de 6.0-6.5 y considera que en este intervalo el equilibrio de disociación de los fosfatos y de los carbonatos da la mayor capacidad amortiguadora con respecto al pH. Se puede concluir que el pH apropiado de una solución para el desarrollo de un cultivo en hidroponía varía entre 5 y 6. Sin embargo, el pH de una solución nutritiva no es estático, sino que varía en función de la diferencia en la magnitud de absorción de nutrientes por las plantas, en términos del balance de aniones respecto a los cationes. Cuando los aniones son absorbidos en mayor magnitud, por ejemplo cuando la fuente de N en la solución nutritiva es únicamente NO_3^- , la planta excreta aniones OH^- o HCO_3^- para contrarrestar las cargas eléctricas en su interior (Marschner, 1995), lo que genera un pH alcalino. A este proceso se le llama alcalinidad fisiológica. La solución Steiner es de este tipo. Dicho de otra manera, en la medida que la planta absorbe una proporción mayor de aniones que de cationes, se incrementa el pH de la solución.

2.5.6 Definición de sustrato

Actualmente, el término sustrato en la agricultura se aplica a todo material sólido, natural, de síntesis, mineral u orgánico distinto del suelo *in situ*, que

colocado en un contenedor o bolsa, en forma pura o de mezcla, permite el desarrollo del sistema radicular y el crecimiento del cultivo (Abad y Noguera, 2000) y que puede intervenir o no en la nutrición de la planta.

En cuanto a las funciones principales de un sustrato Abad y Noguera (2000) indican que las funciones más importantes de un sustrato son, proporcionar un medio ambiente ideal para el crecimiento de las raíces (aportar agua, aire y nutrimentos), construir una base adecuada para el anclaje y soporte a la raíz.

2.5.6.1 El tezontle como sustrato

El tezontle es una roca ígnea extrusiva de origen volcánico (escoria volcánica) que se origina por el enfriamiento de lava y está constituido por silicatos de aluminio además de bióxido de hierro; los colores varían de rojo a naranja, gris y negro. Raviv *et al.* (2002), mencionaron que el tezontle se caracteriza por su alta porosidad y área superficial y existen varios tipos de tezontle que se diferencian entre sí por su viscosidad, color y contenido de Fe, Mn, Ca y Mg, estas diferencias se relacionan con el contenido de sílice presente en la roca y la temperatura de erupción, por lo que sus características físicas son determinadas principalmente por su composición mineralógica. También Vargas (2007), concluye que el tezontle es un buen material para ser usado como sustrato, y que solo requiere de tener una adecuada combinación de fracciones granulométricas. La fracción de 0.25 a 0.50 mm afecta fuertemente la capacidad de aireación y retención de agua.

2.6 Hidroponia en la agricultura urbana y periurbana

La hidroponia es una tecnología que ha venido ganando terreno en los últimos años; sin embargo, la transferencia a los usuarios ha sido muy limitada. Esta técnica ha demostrado ser práctica bajo un marco de organización y capacitación gradual bien orientada, con respuestas sociales o económicas en aquellos usuarios que mantienen un vínculo común de objetivos o intereses. En este sentido el espacio de aplicación urbano o periurbano no es un factor restrictivo de aplicación, pero el factor de transferencia tecnológica es un

aspecto muy preponderante, así como, la dependencia de insumos externos (Treminio, 2004).

La hidroponia no es casual, requiere esmero y madurez técnica, tiene un carácter intensivo y alto grado de salida de productos; condición que la hace propensa para una articulación en la cadena agroalimentaria y de desafío bajo un enfoque de agronegocios. Aquellos subsistemas hidropónicos que facilitan la inserción laboral y la articulación de la producción al mercado presentan mayor probabilidad de alcanzar el carácter de auto sostenibilidad (FAO, 1999).

2.7 Importancia del cultivo de chile

El cultivo de chile es uno de los cultivos más importantes en México, por su gran consumo en la población (Namesny, 2006); en México, la superficie cosechada es de 37,319 hectáreas y un rendimiento promedio de 23.66 t ha⁻¹ (SIAP, 2012).

Esta especie se siembra prácticamente en todas las condiciones agroecológicas de nuestro país: en el Golfo se cultivan los chile serranos y jalapeños; en la Mesa Central los chiles mulato, miahuateco y carricillo; en la zona del Bajío el ancho, mulato y pasilla; en el Sureste de México se siembra habanero; en el Norte-Centro el chile mirasol, ancho y pasilla; y en la región Noroeste chiles de exportación como el morrón, Anaheim, Caribe, Güero, etc. (Pérez *et al.*, 2003).

2.7.1 Origen y distribución

El centro de origen del chile se considera México y Centroamérica. Su introducción a Europa fue realizada por Cristóbal Colon en 1493 vía España y posteriormente hacia Asia (Carravedo *et al.*, 2005).

2.7.2 Taxonomía

La clasificación según Nuez (2003):

División: Spermatophyta

Línea XIV: Angiospermae

Clase A: Dicotyledones

Rama 2: Malvales-Tubiflorae

Orden XXI: Solanales (Personatae)

Familia: Solanaceae

Género: *Capsicum*

Especie: *Capsicum annuum* L.

El género *Capsicum* pertenece a la tribu Solanaceae que es la más grande de la Subfamilia Solanoideae, agrupando 18 géneros con aproximadamente 1250 especies, se piensa que *Capsicum* fue una de las primeras especies domesticadas en Sur América, presentándose actualmente como un género cosmopolita, aunque su distribución natural va desde el sur de los Estados Unidos hasta Argentina (Arias y Melgarejo, 2000).

2.7.3 Descripción botánica

Son plantas de crecimiento simpodial, sus tallos y ramas se forman de nudos superiores donde generalmente existen yemas floríferas y dos ramillas que forman un dicasio (Pavón, 2004), la rama más grande continúa con su crecimiento, en cuyo nudo superior se repite la norma de inflorescencias y ramas, las hojas son elípticas con ápice agudo y base asimétrica. Generalmente tiene dos flores por nudo con pedicelos erectos o doblados en la anthesis, su cáliz es cupular, glabro, con dientes cortos y prominentes. Corola amarillo verdosa, blanco lechoso o morado, anteras azules. Los frutos maduros presentan constricción anular en la unión con el pedicelo, y la pulpa es firme de color rojo o amarillo y, a veces, blanco (Judd *et al.*, 1999).

2.7.4 Requerimientos ambientales

Independientemente de su gran diversidad, el chile es un cultivo exigente y pocos son los que se adaptan a condiciones extremas. Las temperaturas inferiores a 15 °C retrasan o bloquean el crecimiento de este cultivo. La temperatura diurna óptima es de 23 a 25 °C y por la noche entre 18 y 20 °C (Thompson y Kelly, 1957).

2.7.5 Problemas fitosanitarios

La producción de chile se ve afectada por patógenos en todas sus etapas fenológicas, ocasionando pérdidas en el rendimiento que pueden llegar al 100%. Entre los grupos más importantes encontramos a las bacterias, hongos, oomicetos, virus, nematodos e insectos. Las enfermedades bacterianas que se reportan afectando el cultivo de chile son: cancro bacteriano (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*), mancha bacteriana (*Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*), cancro del tallo y pedúnculo (*Carotovora* subsp. *caratovora*, *E. carotovora* subsp. *atroseptica*, *chrysanthemii*), marchitez (*Ralstonia solanacearum*) y marchitez de plántulas y manchas foliares por *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* (Seminis, 2006).

Agrios (1997), encontró que entre los hongos principalmente se encuentran los siguientes: antracnosis en tallos y frutos (*Colletotrichum capsici*, *C. gloesporoides*, *C. acutatum*), manchas foliares (*Cercospora capsici*, *C. melongenae*), damping-off (*Pythium* sp., *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* sp.), pudrición de frutos (*Alternaría alternata*, *C. capsici*, *C. coccodes*, *C. gloesporoides*, *C. acutatum*, *Botrytis cinerea*, *Phytophthora capcisi*), marchitez (*Phytophthora capcisi*, *Fusarium* sp.), mancha gris (*Stemphylium solani*, *S. lycopersici*) y manchas foliares ocasionadas por *Alternaría* sp., *Septoria melongenae* y *Cercospora* sp.

2.8 Importancia de los mercados

Los mercados son escenarios de interacción social que proporcionan una estructura social y un orden institucional para el intercambio voluntario de derechos relacionados con bienes y servicios, lo cual permite a los actores evaluar, comprar y vender estos derechos (Aspers y Beckert, 2008). Los mercados no solamente contienen el elemento de intercambio, sino que son caracterizados por la competencia, lo cual significa que la existencia de los mercados presupone, por lo menos, la existencia de tres actores: uno en un extremo del mercado enfrentando, al menos, a otros dos actores en otro extremo cuyas ofertas se pueden comparar. Se podría afirmar que un mercado existe siempre que exista la competencia, aun si ésta se da de manera unilateral por oportunidades de intercambio entre una pluralidad de partidos potenciales (Weber, 1985).

Para entender la función que tiene el mercado de mercancías, diversos autores lo han definido a partir de varios puntos de vista. Desde la perspectiva económica Shepherd (1946), señala que un mercado es un grupo de vendedores y compradores compitiendo libremente con facilidades para comerciar. Teorías de Marshall (1879), definen al mercado como al área en la cual las fuerzas de la oferta y demanda convergen para establecer un solo precio. Las anteriores definiciones se han aceptado por teóricos económicos, sin embargo se debe tratar de entender al mercado como una institución que suministra una serie de servicios para los diferentes sectores de la población. Estos servicios pueden ser el intercambio de mercancías, la localización de la oferta y el conocimiento de la demanda.

El Banco Mundial (2010), en su informe sobre el desarrollo planetario, considera que el mejor método descubierto para producir y distribuir los bienes y servicios, es un mercado que funcione en régimen de libre competencia. Aunque desde la óptica marxista, el funcionamiento del mercado se analiza como una red de relaciones sociales que intercambian mercancías en desigualdad de circunstancias, de ahí que la concepción clasista del mercado

bajo esta perspectiva, según la posición que ocupen en la estructura de clases, define a las sociedades capitalistas.

El mercado puede concebirse como un cierto espacio en el que dos o más agentes sociales, en condiciones de igualdad o desigualdad, establecen relaciones de intercambio que se sujetan a racionalidades particulares y marcan sus pautas de acción social. Es decir, se le entiende en términos de un sistema en el que los agentes son los medios que permiten los intercambios, mismos que constituyen el fin. El mercado no se refiere únicamente al lugar concreto donde ocurren las transacciones; lo entienden más bien como síntesis de un fenómeno social que se realiza en todas partes y de manera continua (Arvizu, 2013).

En todo el país existen circuitos de mercados que cumplen las funciones ya descritas. El más conocido es el del Valle de Oaxaca, que integra los tianguis de Oaxaca, Tlacolula, Zimatlán, Mitla y ETLA, caracterizado por una alta proporción de intercambio entre productores directos. En el estado de Puebla hay un circuito comercial que integra los mercados de San Martín Texmelucan, Huixcolotla, Acatzingo, Teziutlan, Tehuacán, Tlatlauquitepec, Zacapoaxtla, entre otros (Grosso, 1996).

Una de las formas de engaño al campesino es impedir que conozca los precios de las mercancías en el mercado. Para ello, los acaparadores utilizan a los “atajadores” que compran los productos a los campesinos desde los caminos de acceso a la ciudad o en las terminales de camiones. Otra forma, se podría decir la más frecuente, es la báscula que marca un peso inferior al real (Paré, 1975, citado por Álvarez, 2006).

2.8.1 Función económica del mercado

Se ha evidenciado que el papel que los mercados mayoristas desempeñan en el abastecimiento de la población es clave particularmente por su función como instrumento potencial en la planificación de las actividades comerciales y logísticas en el entorno urbano y en el apoyo a la producción agropecuaria

regional. En la medida en que sus funciones superen la simple facilitación de la comercialización de alimentos a nivel mayorista, generalmente sin procesar, entre productores y minoristas, se fortalecerán sus vínculos con diferentes agentes de las cadenas comerciales y podrán adquirir un papel preponderante en la distribución urbana de alimentos.

Son varios los criterios que permiten evaluar el nivel de funcionamiento de los mercados. El primero de ellos es si se está garantizando el abastecimiento continuo de productos básicos en cantidad y calidad adecuados.

2.9 Comercialización de productos agrícolas

La comercialización de productos agrícolas constituye un proceso que se inicia con la identificación de los gustos y necesidades de los consumidores y para satisfacerlas el empresario agrícola toma la decisión de producir productos para la venta (Shepherd, 2003). La teoría económica explica que en los mercados altamente competitivos, no existen márgenes de ganancias extraordinarias positivos, ya que en esos mercados existen números tan grandes de compradores y de vendedores, que ninguno de ellos representa una porción tan importante del mercado como para poder influir en el precio del producto. Además, en esos mercados, donde no existen barreras de entrada ni de salida, y donde todos los participantes tienen acceso completo y simultáneo a la información y a la tecnología, las ganancias extraordinarias que se puedan lograr por avances tecnológicos suceden solamente en el muy corto plazo, en tanto se generaliza el nuevo conocimiento técnico o las ganancias se agotan por la entrada de nuevos participantes.

Por último, en esos mercados los productos vendidos por diferentes vendedores tienen exactamente las mismas características, de manera que no pueden venderse a precios diferentes a la de otros productores (Carrillo, 2001). Por lo que, en la mayoría de los mercados de productos agropecuarios, los productores-vendedores no pueden influir en la determinación de los precios de sus productos: son precio-aceptantes. En esos mercados de productos

homogéneos, con un buen número de sustitutos cercanos, las ganancias extraordinarias no existen, y si existieran, se deberían seguramente a dificultades de acceso físico al mercado o a una explotación temporal de una ventaja tecnológica sobre los demás productores, que desaparecería en un plazo corto (Carrillo, 2001).

2.9.1 Formación de los márgenes de comercialización

Un componente importante para el estudio de los mercados es el concepto de márgenes de comercialización, el cual se define de acuerdo a Caldentey y Haro (2004), como el aumento de precio que experimente un producto en el proceso de comercialización o en una parte del mismo, Tomek y Robinson (2004), definen el margen bruto de comercialización como:

La diferencia entre el precio pagado por el consumidor (P_c) y el obtenido por el productor (P_p) o entre niveles intermedio ($M = P_c - P_p$).

El precio de un conjunto de servicios de comercialización, el cual es el resultado de la interacción de la oferta y de la demanda de tales servicios.

El margen de comercialización es simplemente la diferencia entre las curvas de la demanda primaria y derivada para un producto en particular. El margen referido a todo el proceso de comercialización se le denomina margen total, que puede expresarse en términos absolutos o relativos (Caldentey y Haro, 2004). De acuerdo con la definición anterior, se establece:

$$M = P_c - P_p$$

Donde:

M = margen absoluto bruto total

P_c = precio al consumidor

P_p = precio al productor

El margen relativo total (m) se obtiene con $m = (P_c - P_p / P_c) \times 100$

Se puede deducir que la magnitud de los márgenes de comercialización, son una función de:

- A) La eficiencia de los servicios correspondientes (aspecto relacionado con los costos de dichos servicios).
- B) Las utilidades que se agregan al producto en el proceso de comercialización.
- C) El tipo de producto que se trate (perecedero, transformado, sin transformar, otro).
- D) Las ganancias que se obtienen de los diferentes agentes que intervienen, las cuales, a su vez, están en función del grado de competencia que exista en la oferta de servicios de comercialización (Arvizu, 2013).

Asimismo, se desprende que los productos que requieran de más servicios de comercialización para adaptarlos a las necesidades del consumo humano y ponerlos en manos de los consumidores, tendrán márgenes mayores que los productos que requieran para el efecto de menos servicios (Arvizu, 2013).

2.9.2 Componentes de los márgenes de comercialización

Los márgenes de comercialización están formados por los costos (C_i) en que ocurren los diferentes agentes de comercialización más las ganancias o beneficios (B_i) que estos obtienen. Se puede suponer que los márgenes están formados por una componente fija que corresponde a los costos de comercialización que no dependen de las variaciones de los precios del mercado del producto (trabajo, transporte, envase, depreciación, mantenimiento, interés, alquiler, y otros), así como una componente variable que está en función de los precios de mercado del producto (García *et al.*, 1982).

La componente fija está formada por los costos de los servicios de comercialización que no dependen del precio del producto comercializado, tales como transporte, almacenamiento, salarios, impuestos y arrendamiento (Caldentey y Haro, 2004), los cuales se pueden considerar estables a corto plazo. Cuando esta componente fija es grande en relación a la componente variable, los márgenes de comercialización tienden a ser más estables que los precios del producto. La componente variable está en función del precio del producto, y se refiere a los márgenes de comisiones, intereses y otros.

En general se definen dos tipos de márgenes de comercialización (Díaz, 2000). Los márgenes absolutos se expresan en unidades monetarias y constituyen una importante indicación de la tendencia de los costos de comercialización. El margen absoluto es aquel que, sumado al precio al productor, conduce al precio mayorista. Los márgenes relativos se expresan en términos porcentuales, e indican el costo relativo de la comercialización y de la producción en un momento determinado.

III. FACTORES SOCIALES Y ECONÓMICOS DEL CULTIVO DE CHILE DE AGUA (*Capsicum annuum* L.) EN TRES MUNICIPIOS DE LOS VALLES CENTRALES DE OAXACA

Resumen

El presente trabajo se realizó en los municipios San Pablo Huixtepec, San Sebastián Abasco y Cuilapam de Guerrero que forman parte de los Valles Centrales de Oaxaca, México. Se estudió el sistema de producción del chile de agua, mediante la técnica de entrevista estructurada, se recabó información de la situación actual de los beneficios socio-económicos y de la forma de producción de ésta hortaliza. La importancia de este estudio radica en que el chile de agua a pesar de ser un cultivo altamente redituable ha sido poco estudiado, por lo cual se conoce el alcance que pueda llegar a tener, ya que existen mercados que potencialmente ofrecen mayores beneficios a los agricultores, por lo cual es importante conocer la situación actual de los agricultores con la finalidad de ofrecer alternativas que mejoren su situación económica. Los resultados indican que de acuerdo a las prácticas de producción campesina, el bajo nivel de tecnología que comprende el tipo de fertilizantes, agroquímicos para el combate de plagas y enfermedades y el escaso uso de maquinaria agrícola, los rendimientos de 3.97 t ha⁻¹ permiten que el ingreso total sea superior a los costos de producción. Además de la existencia de limitadas redes de comercialización (basadas principalmente en los mercados locales y en la propia ciudad de Oaxaca), es un cultivo competitivo en términos de rentabilidad para las finanzas de las pequeñas unidades de producción y más aún, éste cultivo es factor relevante en la seguridad alimentaria de las familias campesinas.

Palabras clave: Chile de Agua, tradición y cultura, Ingresos netos

Abstract

The present research was carried out in the municipalities of San Pablo Huixtepec, San Sebastián Abasolo and Cuilapam of Guerrero as part of the Central Valleys of Oaxaca, Mexico. The chile de agua production system was studied, using the structured interview technique, information was obtained from the current state of the socio-economic benefits and the production form of this vegetable. The importance of this study is that the chile de agua despite being a highly profitable crop has been little studied, so it is unknown the extent that may come to have, since markets potentially offer greater benefits to farmers, therefore it is important to know the current situation of farmers in order to provide alternatives to improve their economic situation. The results indicate that according to the farmer's production practices and the low technology level that includes the fertilizers type, agrochemicals to combat pests and diseases and the low use of agricultural machinery, yields of 3.97 t ha⁻¹ allow the total income exceeds production costs. Apart from the existence of limited sales networks (based mainly on local markets and in the Oaxaca city), is a competitive crop in terms of profitability for finance of small production units and furthermore, this crop is an important factor in food security of rural households.

Key Words: Chile de Agua, tradition and culture, net incomes

3.1 Introducción

El chile (*Capsicum* spp.) representa una tradición cultural en la población de México, y cuenta con diferentes calificativos locales de acuerdo a la etnia, región de cultivo, formas y color del fruto (Bukasov, 1981). En Oaxaca se siembran diferentes tipos de chile, pero en los Valles Centrales destaca el chile de agua y es la única región donde se siembra, es por ello que se considera como un símbolo de la horticultura regional. El cultivo ha pasado por varias etapas; su florecimiento y expansión se dio entre los años de 1970 y 1985, donde empezó a expandirse rápidamente en la región abarcando siete distritos con 35 municipios, que actualmente están produciendo. Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable de Oaxaca (Oiedrus, 2010). Sin embargo, la rápida expansión trajo consigo la aparición y desarrollo paulatino de problemas y enfermedades, lo cual ocasionó que se presentara una drástica disminución en la superficie sembrada y así mismo un incremento considerable de los costos de producción, propiciando un aumento de los niveles de contaminación del medio por uso excesivo de insecticidas y fungicidas (López, 1989).

Los productores consideran que en la comunidad se está perdiendo la transmisión de conocimientos sobre la producción de chile de agua por dos razones principales: debido a que la mayoría de información existente en cuanto a su manejo productivo es todavía ágrafa y por la escasez de mano de obra, por la emigración de las personas (Castañeda *et al.*, 2005a). La problemática subyacente en la producción del chile de agua en la región se dimensiona en la superficie sembrada ha disminuido porque algunos han dejado de sembrar y otros han disminuido la inversión en el cultivo por los altos costos de insumos y tecnologías. Sin embargo, a pesar de las limitantes productivas, y de comercialización, este agrosistema está fuertemente ligado a la calidad de vida de las familias campesinas porque es una fuente de ingresos considerable y forma parte del modo de vida de las familias en cuanto a su contribución en la seguridad alimentaria. Además, la producción del chile de agua tiene gran importancia por el número de empleos que genera para las

comunidades; a saber, 228 jornales/ha/año al mismo tiempo que es un cultivo altamente redituable (López, 2002).

Es por ello que el objetivo del presente trabajo consiste en analizar el modo de producción, el consumo y el funcionamiento de la comercialización del chile de agua que existe en la región, y así, englobando estos conocimientos poder tener un punto de referencia para la incorporación de este cultivo con base en la generación de un paquete tecnológico para los productores de las zonas periurbanas en Valles Altos.

3.2 Metodología

El proceso metodológico se fundamentó en la realización de un cuestionario estructurado, aplicando la técnica de entrevista directa donde se acopió información de variables cualitativas y cuantitativas de las unidades de producción para estudiar la situación actual socioeconómica del chile de agua en los municipios de los Valles Centrales de Oaxaca.

El levantamiento de la información de campo se realizó en tres municipios de los Valles Centrales de Oaxaca. Los criterios para seleccionar los municipios fueron: 1) considerar aquellos que estuvieran dentro de un radio de 35 km desde la ciudad de Oaxaca, por ser los de mayor acceso por cuestiones de vías de comunicación y orografía; 2) se eligió el municipio con la mayor superficie sembrada (en este caso fue San Pablo Huixtepec); 3) se tomó en consideración el municipio dónde año con año se realizan eventos donde se da a conocer las bondades económicas y culinarias de este cultivo (San Sebastián Abasolo); y 4) se eligió algún Municipio distinguido regionalmente por mantener vigente el sistema productivo chile de agua en términos de reproducción y reproducción del modo de vida de los campesinos (Castañeda, 2005b).

La selección de productores para las entrevistas fue direccionada por las siguientes características: productores que destinan la mayoría de su producción a la Central de Abastos, en la ciudad de Oaxaca, y productores que hayan producido chile de agua por más de 10 años.

El tamaño de la muestra se determinó con base en la fórmula de varianza máxima (Rodríguez *et al.*, 1999), la cual se utiliza cuando no se conoce el estimador de la variabilidad de la población. El número de entrevistas calculadas fue de 40, a partir de una población de 70 productores y para ello se usó la fórmula:

$$n = \frac{NZ_{\alpha/2}^2 p_n q_n}{Nd^2 + Z_{\alpha/2}^2 p_n q_n}$$

N = Tamaño de la Población

d = Precisión o Error máximo admisible

$Z_{\alpha/2}$ = Confiabilidad; Valor de Z (Estadístico de la distribución normal estándar con precisión del 95%)

Pn: Probabilidad de éxito (igual a 0.5)

Varianza

qn: Probabilidad de fracaso (qn=1-Pn)

El cuestionario consideró los aspectos principales en cuanto a la parte social y económica; por lo que los apartados del cuestionario fueron: socio demografía, tipo de chile de agua utilizado para la siembra, fecha y método de siembra, siembra, rendimiento y cantidad de chile de agua destinada al hogar, venta de chile de agua, costos de producción, uso del agua para riego, almacenamiento, costos de transporte, percepciones y eventos inesperados. La base de datos se analizó mediante el programa estadístico SPSS versión 17.0.

La localización geográfica de los municipios es: San Sebastián Abasolo 17°00' de latitud Norte y 96°35' de longitud Oeste, Cuilapam de Guerrero 16°59'50" de latitud Norte y 96°46'54" de longitud Oeste y San Pablo Huixtepec 16°49' Latitud Norte y los 96° 47' Longitud Oeste (carta topográfica INEGI 1:50 000 - INEGI, 2003) (Figura 1). La altura varía de 1,500 a 2,280 m.s.n.m y la temperatura media anual varía de 15.2 a 22 °C para los tres municipios (García, 1973).

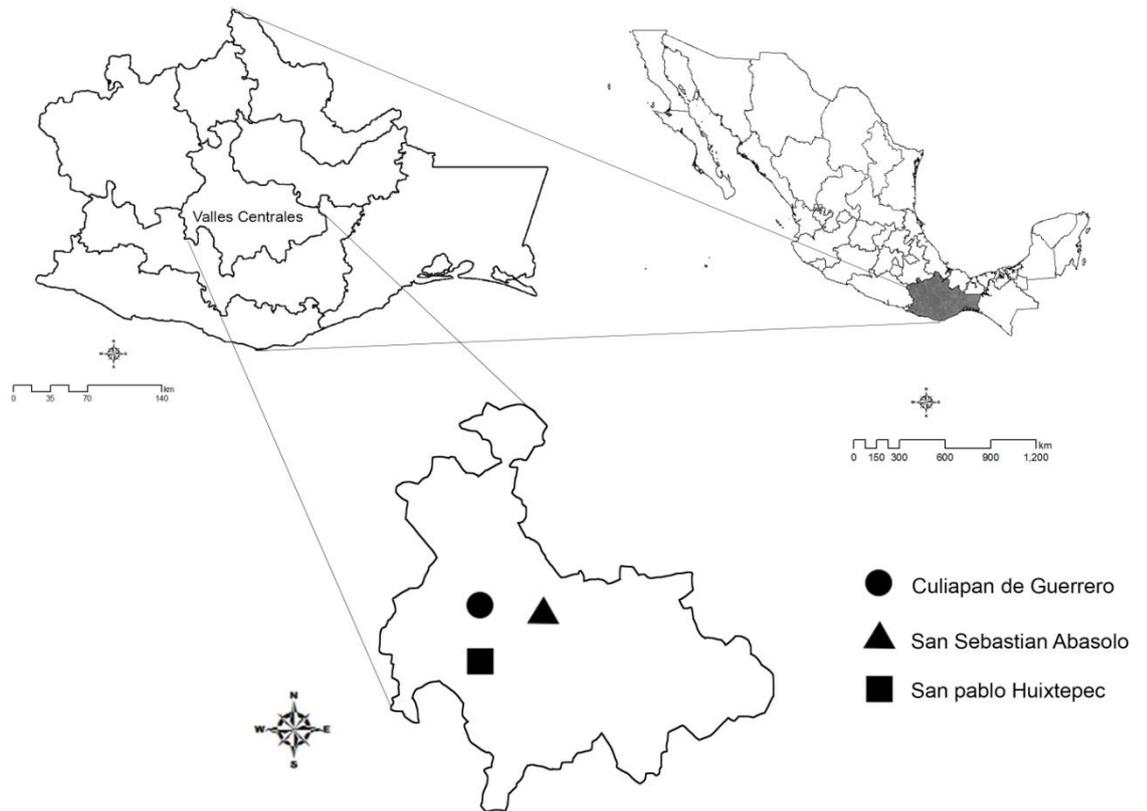


Figura 1. Localización de municipios seleccionados para llevar a cabo la investigación

3.3 Resultados y discusión

3.3.1 Características de los productores

Una característica de los productores de chile de agua es la edad; ésta se ha considerado determinante para incorporar nuevos cambios tecnológicos en los procesos productivos agrícolas. Los 40 agricultores entrevistados presentaron una media de 61 años, esto muestra que son los adultos mayores los que están produciendo actualmente. En términos teóricos es de esperarse que los productores más jóvenes y con mayor grado de escolaridad continúen sembrando el chile de agua, siguiendo nuevas recomendaciones técnicas, como lo menciona (Galindo, 2007). Sin embargo, debido a la diversas condiciones de oportunidad de empleo en la misma región, la mano de obra joven busca otras alternativas, marcándose en extremo la emigración con lo cual no se vislumbra con claridad quienes seguirán atendiendo la producción de chile de agua.

El nivel de educación de los productores es bajo, puesto que el 90% solo cuenta con algún grado de escolaridad primaria y 7% tiene educación secundaria. Únicamente el 3% presenta educación preparatoria y técnica. Autores como Álvarez *et al.* (1985), así como Mendoza (1979), determinaron que el grado de escolaridad influye sobre el uso de tecnología; además, Gaytán (1970) comenta que al aumentar la escolaridad disminuye la edad y aumenta el ingreso económico. En lo que respecta a la superficie sembrada, los agricultores encuestados presentaron una media de 0.161 ha; la superficie mayor fue de 0.75 ha y la menor de 0.095 ha, lo que representa un obstáculo para la adopción de tecnología convencional de acuerdo con Damián *et al.* (2009), sin embargo el tipo de conocimiento y técnicas productivas que los productores llevan a cabo, arrojan buenos resultados en la producción.

3.3.2 Principales problemas del agrosistema chile de agua

Debido a la problemática que ha presentado el cultivo en los últimos años, a causa de enfermedades como *Phytophthora capsici* e *infestans*, *Phytium* spp. de acuerdo con Castañeda (2005) y a los altos costos de insumos, solo el 25% de los encuestados siembran dos ciclos al año; una de las causas atribuibles a la concentración de la siembra en el ciclo agrícola Otoño-Invierno es la enfermedad conocida como marchitez, la cual prospera en la temporada de lluvias y las pérdidas se calculan desde un 60% al 100% (Ambrosio, 2007). Así mismo, se sabe que los campesinos antes de 1990 identificaban pocos problemas para su cultivo, situación que actualmente ha cambiado debido a la presencia de diversas enfermedades desconociéndose en algunos casos el agente causal, lo que origina que los productores de Valles Centrales de Oaxaca hagan un uso indiscriminado de agroquímicos (Ambrosio, 2007).

Todos los agricultores encuestados hicieron referencia a problemas en sus cultivos por eventos inesperados, como las granizadas y heladas, que se presentan a consecuencia del cambio climático. De acuerdo con Pérez y Aguilar (2011), este año se caracterizó por ser un periodo de desastres agrícolas. De los productores de chile de agua encuestados sólo el 22.5%

manifestó que usaron ahorros para recuperar los gastos por la pérdida del cultivo y el 77.5% restante no recuperó el gasto, perdiendo gran parte de la cosecha.

3.3.3 Principales actividades agrícolas en los municipios estudiados de los Valles Centrales

El 92.5% de los encuestados tienen un cultivo o actividad principal distinta al chile de agua, debido a la alta inversión y mano de obra que requiere. Los principales cultivos son el maíz y frijol (Cuadro 1), esto coincide con la información presentada en Oiedrus (2010), que muestra que estos mismos cultivos cubren mayor superficie en los Valles Centrales (maíz con 183,561 ha y frijol con 13,528 ha), dejando al cultivo de chile de agua con sólo 249.2 ha (Cuadro 1).

Cuadro 1. Principales cultivos de los productores entrevistados

ha de los productores entrevistados	Alfalfa	Ajo	Calabacita	Frijol	Jitomate	Maíz	Chile de Agua
95 has	2.12	2.40	2.24	26.05	2.22	58.17	6.80

En el medio rural, los campesinos desarrollan una agricultura de subsistencia, según datos de INEGI (2010), en México existen 1232 municipios con agricultura de subsistencia, que viene siendo el 50.47% del total de municipios a nivel nacional, los cuales cultivan una cuarta parte de la producción de Maíz y Frijol. Considerando que de éste tipo de agricultura se genera el mayor número de producción agrícola del país y contando con un poco más de una cuarta parte de la población rural del país, la cual vive con agricultura de subsistencia. Los estados que la conforman son: Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Hidalgo, municipios marginales de Michoacán, Jalisco, Nuevo León y Durango (Instituto Nacional de Ecología INE, 2009).

3.3.4 Manejo de cultivo

En los tres municipios de estudio los agricultores contratan mano de obra, sin embargo, cada vez es más difícil encontrar jornaleros, debido a la alta migración al extranjero y a la búsqueda de nuevas oportunidades de empleo en la ciudad; así mismo, los agricultores mencionaron que debido a eso, ellos utilizan un método de ayuda mutua entre agricultores y emplean a la familia en las principales labores, utilizando un promedio de 103 jornales en todo el ciclo, dato que concuerda con el reportado por López (2002), quien señala que el proceso productivo del chile de agua ocupa una gran cantidad de mano de obra (aproximadamente 120 jornales/ha). En relación a las labores mecanizadas, solo el 12.5% utiliza el tractor, y el 87.5% la yunta, principalmente en las labores como barbecho, rastreo, surcado y aporque; el 17% de los productores cuentan con equipo propio mientras que el 82.5% lo tienen que rentar.

El 10% de los agricultores entrevistados ha recibido alguna recomendación técnica, mientras que el 90% restante ha seguido con el mismo conocimiento empírico y sin implementar ningún paquete tecnológico. La fase de adopción es un proceso complejo, lento y de consecuencias poco previsibles a largo plazo, ya que está condicionado a factores personales y circunstancias de los destinatarios (Caetano y Mendoza, 1991). El 87.5% de los agricultores mencionaron que seguirán cultivando el chile de agua, ya que complementa los gastos del hogar y es un cultivo tradicional en la región; sin embargo, sólo el 25% de los agricultores aseguran que sus hijos continuarán cultivándolo, el 75% restante menciona que sus hijos están en el extranjero, o trabajan en la ciudad, por lo cual muestran desinterés en seguir con el cultivo.

3.3.5 Tecnología agrícola

Para obtener la semilla del chile de agua, el 100% de los productores entrevistados manifestaron que son ellos mismos los que la seleccionan en planta los chiles más grandes del ciclo anterior. La selección de semilla tiene aproximadamente 32 años de realizarse de esta forma; cinco productores han venido haciendo selección de semilla por más de 40 años y el que menos

tiempo tiene ha seleccionado semilla durante 10 años; esto es una referencia del buen material genético usado para la siembra en la región (Rodríguez *et al.*, 2007).

Los productores manifestaron que utilizan fertilizantes químicos, siguiendo la recomendación principalmente de otros productores y de las casas comerciales.

El total de los productores entrevistados utilizan el riego por gravedad, un 20% toma el agua de río, principalmente de derivaciones del Río Valiente, y el 80% restante de pozos noria y pozos profundos, que utilizan bombas eléctricas. A manera de ejemplo, en el cultivo de frijol se ha encontrado que la eficiencia en el uso del agua es baja, ya que se aplican láminas hasta de 1500 mm, en tan sólo cinco o seis riegos durante el ciclo del cultivo (Ugalde *et al.*, 2009).

3.3.5.1 Fertilización

El 15% de los productores entrevistados utilizan una fertilización orgánica, principalmente con estiércol bovino, este abono orgánico no recibe algún tratamiento en especial, solo es agregado directamente al suelo haciendo una mezcla, este proceso se hace al final de cada ciclo productivo dejándolo reposar y así tener listo el terreno para su siguiente plantación. El 87% de los productores utilizan una fertilización química, teniendo en cuenta que no utilizan algún paquete tecnológico, ellos aplican los fertilizantes comerciales más comunes, y la cantidad que aplican es por recomendación de algún vecino o de la misma casa comercial donde compraron el producto, esta actividad por lo regular se hace de 30 a 35 días después del trasplante y ocupan la fórmula (180-160-120), N, P₂O₅ y K₂O respectivamente utilizando como fuentes principalmente Urea, Nitrato de Potasio, Fosfato diamónico y Nitrato de Calcio.

3.3.5.2 Riegos

De acuerdo con la información recabada, todos los productores de Chile de agua utilizan el riego rodado en sus terrenos, el número de riegos que realizan depende de factores como el clima, suelo, desarrollo de cultivo, entre otros. Los riegos promedio para los tres municipios estudiados van de 14 a 17 y se distribuyen durante todo el ciclo. En este apartado hay que destacar que la característica de los riegos es general para toda la zona y consiste en inundar el terreno, de acuerdo con la CNA (2008). El suelo debe satisfacer una lámina de agua total por campaña entre 8,000 y 10,500 m³ para el ciclo del cultivo desde el trasplante hasta el último corte comercial, en este tipo de riegos la cantidad de agua que se llega a utilizar es entre un 60 y un 70% más de la requerida por el cultivo, teniendo así un mal uso de este recurso, ya que la cantidad restante es filtrada por la escasa tecnología o por las malas condiciones del terreno. Esto advierte un fuerte impacto socioeconómico, político y ambiental debido a la reducción de más del 30% del recurso hídrico para el 2025 (Rosegrant y Cai, 2002). Por lo tanto, es urgente el desarrollo de estrategias apropiadas para el ahorro y conservación del agua del subsuelo para promover sistemas agrícolas y humanos sustentables, lo cual puede lograrse a través de sistemas de riego apropiados a la situación actual (Postel, 2003). Hay que tener en cuenta que es muy difícil, por no decir, imposible, lograr que el agua se distribuya uniformemente a lo largo de todo el terreno cultivado de una manera también uniforme. Ya que siempre alguna de las zonas del terreno va a recibir más cantidad de agua que otras, haciendo que el cultivo se desarrolle de una forma dispareja.

3.3.5.3 Plagas y enfermedades

Los productores mencionaron que los daños por plaga son pocos y no se combaten por lo general, teniendo que la paratrioza (*Paratrioza cockerelli* S.) es la principal plaga que afecta a este cultivo, esta plaga se alimenta de la savia de las plantas hospederas y es transmisora de otras enfermedades, Sin embargo el principal daño para el cultivo es ocasionado por hongos, de acuerdo con Castañeda (2005), los principal enfermedad conocida

regionalmente como “secadera” es ocasionada por *Phytophthora capsici*, *P. infestans*, *Phytium* spp.; el virus del chilo del Chile (TLYV) y la cenicilla polvorienta (*Mildium* spp.). Esta enfermedad puede llegar a afectar del 60 al 100% de la superficie cultivada, empieza con una leve clorosis y flacidez de las hojas pasando a una defoliación total y la muerte (Ambrosio, 2007). Esta es una de las causas principales que ha llevado a dejar de sembrar el Chile de agua en la región y para muchos otros cultivarlo a menor escala.

3.3.5.4 Cosecha

De acuerdo con los datos obtenidos en campo el primer corte se inicia aproximadamente a los 70-80 días después del trasplante, y posteriormente los siguientes cortes se realizan cada ocho días en promedio.

De acuerdo con (Ambrosio, 2007), la recolección es manual y se realiza cuando los frutos están completamente desarrollados fisiológicamente; esto es, cuando en su epidermis se presenta un brillo lustroso, su coloración es verde-amarillo o verde oscuro. Los productores de la comunidad clasifican a los chiles según las características de tamaño, grosor de la base, coloración y brillo encontrando las siguientes:

- a) Primera clase: frutos de más de 15 cm de largo y 5 cm en su base, sin deformaciones, sin daños causados por insectos o patógenos, color uniforme, lisos y brillantes.
- b) Segunda clase: frutos alrededor de 8 a 10 cm de largo, delgados y con pequeñas decoloraciones, incluye frutos de primera clase deformados.
- c) Tercera clase: frutos menores a 8 cm, deformes pero sin daño, y con coloración no uniforme.

3.3.6 Rendimientos

Los rendimientos promedio, mínimo y el máximo para los municipios de San Sebastián Abasolo, Cuilapam de Guerrero y San Pablo Huixtepec, en los Valles Centrales de Oaxaca, se presentan en el Cuadro 2, donde se calculó un rendimiento promedio de 3.97 t ha⁻¹; contrasta con trabajos de López y Cano (2003), donde en un módulo demostrativo de fertirrigación por goteo el rendimiento fue de 3.5 t ha⁻¹; estos rendimientos contrastan en lo reportado por la, Oiedrus, 2010 donde mencionan que el rendimiento promedio fue de 6.36 t ha⁻¹; es decir 2.39 t ha⁻¹, más que lo encontrado en el actual trabajo de investigación. Ambrosio (2007) encontró que el rendimiento promedio por ha en el municipio de Cuilapam de Guerrero es de 3.0 t ha⁻¹, obteniendo no más de cinco cortes.

Cuadro 2. Rendimiento en t ha⁻¹ de chile de agua en los Municipios de San Sebastián Abasolo, Cuilapam de Guerrero y San Pablo Huixtepec Oaxaca.

Municipios	Número de productores	Mínimo	Máximo	Promedio
San Sebastián Abasolo	23	3.40	5.80	3.62
San Pablo Huixtepec	10	3.40	4.60	3.84
Cuilapam de Guerrero	7	3.20	4.20	3.74

3.3.7 Comercialización

La comercialización en Valles Centrales es regional y se da principalmente en los municipios que están relativamente cerca de la central de abastos (Figura 2). El municipio más cercano es San Sebastián Abasolo se encuentra a 10 km de la central de abasto y el municipio más alejado es San Pablo Huixtepec a 26.6 km. De acuerdo con Lindón (2001), en las zonas periurbanas se retoma el modo de vida, que expresa una relación donde entran en juego las prácticas

actuales, las representaciones y creencias heredadas del pasado, así como estrategias y proyectos para el futuro. La región es entonces un paisaje híbrido con mucha semejanza al concepto de zona periurbana por su cercanía, su producción destinada al mercado de la ciudad y por las relaciones de comercialización donde el eje es la concurrencia de vendedores y compradores en la central de abastos.

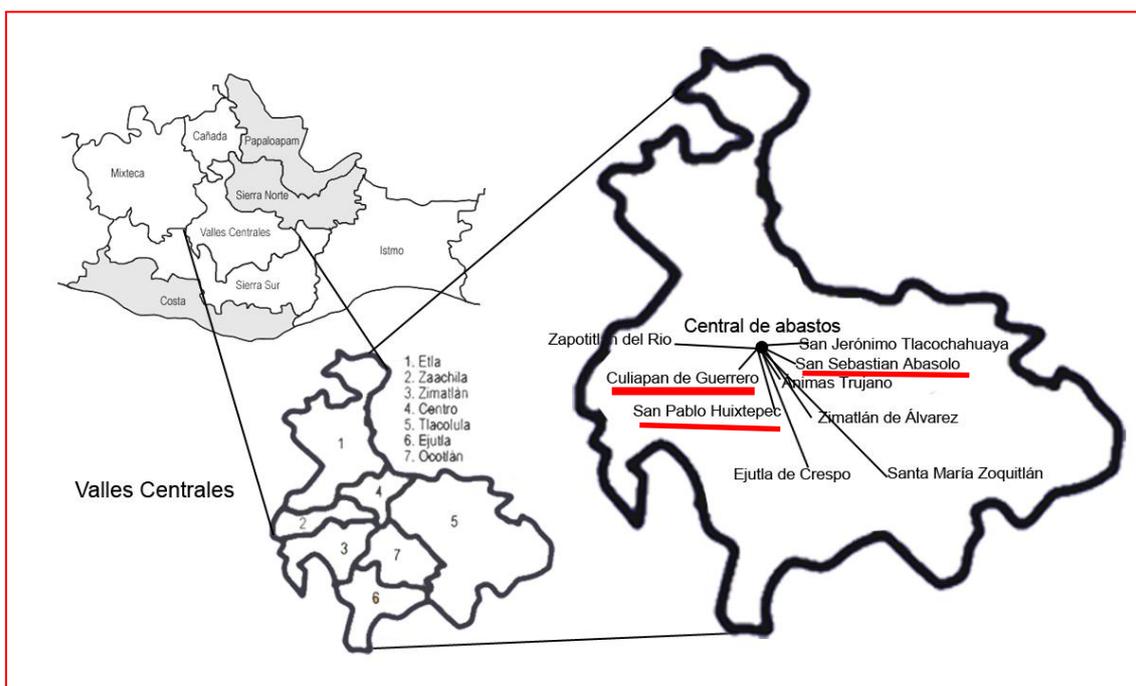


Figura 2. Localización en relación a la central de abastos de los tres municipios de estudio productores de chile de agua

La comercialización del chile de agua se realiza por canastos de 35 kg y el precio varía de acuerdo a la época del año y a la calidad del producto. En promedio el número de canastos por hectárea es de 21, 37 y 54 de primera, segunda y tercera calidad respectivamente, dando un rendimiento promedio de 3.9 t ha^{-1} . Sin embargo en los municipios correspondientes al área de estudio no se detectó alguna organización o sociedad que promueva la venta del chile de agua a gran escala, lo cual se refleja claramente al ser los productores por sí mismos quienes trasladan su producto directamente a la central de abastos, o en su caso lo comercializan de forma local.

3.3.8 Consumo y mercado de la nostalgia

La tradición del consumo de chile en México ha perdurado desde tiempos prehispánicos y forma parte de la dieta diaria de los mexicanos, junto con los productos derivados del maíz (*Zea maíz* L.), calabaza (*Cucurbita pepo* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), cacao (*Theobroma cacao* L.), aguacate (*Persea americana* Mill.), tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y otros productos más, (Perry y Flannery, 2007). Entre los chiles nativos de los Valles Centrales de Oaxaca, el chile de agua destaca por su sabor, picor, tradición y cultura, además de su gran demanda entre los habitantes de esta región. Sus tres principales formas de consumo son: en salsas, relleno y asado. Por ello el chile de agua es uno de los ingredientes esenciales en la cocina oaxaqueña (Pérez, 2004). Existen platillos regionales que se pueden disfrutar todo el año como son el mole amarillo, el chile asado con limón y sal o simplemente disfrutarlo con un buen pedazo de “tasajo” que es carne de res preparada con sal. El consumo del chile de agua por parte de los Oaxaqueños y principalmente los de Valles Centrales es una oportunidad de mercado que debe aprovecharse. De acuerdo con Montes (2000), entre 1970 y la década de los noventa la población hispana en Estados Unidos creció más del cien por ciento, al pasar de 9.1 a 22.4 millones de personas. Alrededor de la mitad del incremento registrado desde 1980 ha sido resultado de la inmigración y aproximadamente el 64 por ciento de este incremento de hispanos fue de origen mexicano.

Hoy en día no se tienen estadísticas confiables de cuántos Oaxaqueños exactamente radican en Estados Unidos; sin embargo, basados en el trabajo organizativo que por más de diez años han realizado en el estado de California, y en un estudio elaborado por el Instituto de Estudios Rurales de California, se estima que el número de Oaxaqueños que radican en nuestro vecino anglosajón es superior a los ciento cincuenta mil, de los cuales cerca de cien mil radican en la ciudad de Los Ángeles, California (Montes, 2000).

Esto hace retomar el llamado “mercado de la nostalgia”. Los psicólogos que han estudiado este fenómeno que se ve exacerbado por ambientes poco familiares cuando se vive en otro país y por culturas diferentes a donde uno

nació (Fisher, 1989). Para Olmedo (2007) los productos nostalgia son mercancías y servicios con atributos y particularidades, de carácter autóctono, mercancías y servicios con un sentido de pertenencia nacional, vinculado a conceptos como “raza”, “pueblo” y a otras particularidades, “peculiaridades religiosas y lingüísticas” de un grupo social, el distintivo de la pigmentación de la piel, orígenes nacionales y geográficos. Hay actividades que pueden ayudar a sobreponerse a esta condición como es el escribir una carta (medio tradicional o vía electrónica), llamar a sus seres queridos e incluso traer objetos de casa que les ayude en la transición del nuevo ambiente (Thurber, 2007). Esto ha propiciado de forma indirecta que los comerciantes tengan una gama de mercado redituable llevando productos a países extranjeros con alto índice de población mexicana. El chile de agua es un producto que aún no cuenta con un mercado formal en los Estados Unidos, y el escaso producto que llega es muy remunerado.

Desde hace varios años el Gobierno Federal, algunos Gobiernos Estatales y organismos de la iniciativa privada, han trabajado para abastecer este mercado y han hecho esfuerzos de impulsar a los productores nacionales. La Secretaría de Agricultura, en coordinación con la Subsecretaría de Desarrollo Rural y el Banco Nacional de Comercio Exterior, puso en marcha desde hace cinco años el "Mercado de la Nostalgia". Este programa pretende atender las necesidades de los 25 millones de mexicanos radicados en Estados Unidos (Alba, 2001). El trabajo consistiría en tener un grupo o una asociación que entrara estos programas y que dé a los productores una nueva gama de mercado, mejores precios y una oportunidad para los Oaxaqueños en aquellos países de poder disfrutar un producto de su región.

3.3.9 Costos de producción

Los costos de producción son variables en la región; esto depende de los insumos que tiene cada productor y a la cantidad de mano de obra requerida para atender las actividades de trasplante, cosecha y riegos. En general, los costos de la mano de obra y de la fertilización concentran el 93% de los costos totales (Figura 3).

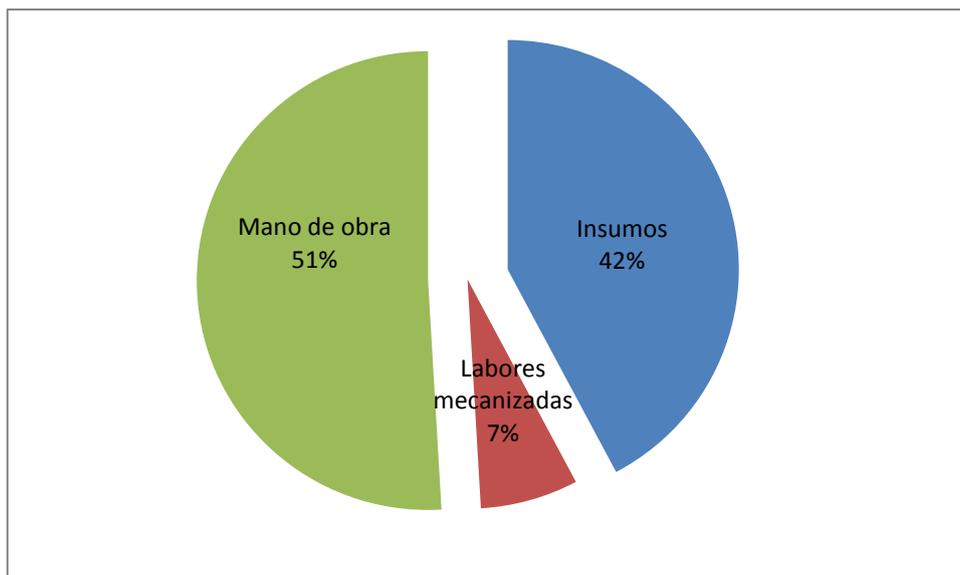


Figura 3. Porcentaje de los costos de producción de chile de agua en los municipios de San Sebastián Abasolo, Cuilapam de Guerrero y San Pablo Huixtepec, en los Valles Centrales de Oaxaca

Ambrosio (2007), encontró que los costos de producción para una hectárea de chile de agua, en la comunidad de Cuilapam de Guerrero, fueron de \$19,940.00; esto concuerda con el promedio obtenido en el presente trabajo de campo, donde se obtuvo un costo promedio por hectárea de \$20,442.00 (Cuadro 3).

3.3.10 Utilidad

La utilidad de una hectárea de chile de agua es muy variable, no llega a ser estable ya que el precio de venta está en constante movimiento, incluso durante el mismo día el precio cambia drásticamente; sin embargo, se determinó un promedio general para la región, con lo que el dato de la utilidad mínimo registrado en el municipio de San Sebastián Abasolo resultó de \$12,740.00; valor que se aproxima al dato obtenido por Ambrosio (2007), donde menciona que en el municipio de Cuilapam de Guerrero en una hectárea de chile de agua se obtiene una ganancia de \$13,119.00. Así mismo se registró una utilidad neta máxima de \$35,525.00 para un productor de San Sebastián Abasolo, debido a que hace una inversión mayor en insumos y tiene un mayor control en la producción de plántula.

Cuadro 3. Costos promedio por hectárea en los municipios estudiados.

Insumos				
Producto	Unidad	Precio/unidad	Total	
Semilla	1 kg	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00	
Fertilizantes y agroquímicos	50 kg.	\$ 400.00	\$ 5,090.87	
Gasolina			\$ 541.25	
Canastos	10 piezas	\$100.00	\$1,000.00	
Subtotal			\$8,632.12	
Labores mecanizadas				
Actividad				Total
Barbecho, rastra, surcado y aporque				\$ 1,400.00
Subtotal			\$ 1,400.00	
Mano de obra				
Actividad	Jornal	Salario	Alimento	Total
Almácigo: preparación, siembra, riegos y deshierbes	11	\$ 100.00	\$ 30.00	\$1, 430.00
Trasplante, Riegos, fertilización, escardas, fumigación, deshierbes	42	\$ 100.00	\$ 30.00	\$ 5, 460.00
Cosecha: 5 cortes	27	\$ 100.00	\$ 30.00	\$ 3510.00
Total			\$ 20,442.12	

En los tres municipios estudiados no existen sociedades productoras que promuevan los canales de comercialización para este producto, debido a esto, los productores llevan la mayor parte de su producción los días martes y viernes a la central de abastos de la ciudad de Oaxaca (Ambrosio, 2007). Sin embargo como la producción es baja, los productores mencionaron que se organizan y dan su producto a algún vecino o amigo para su traslado a la central de abastos y muchos otros pagan un taxi comunitario con un costo de \$10.00, es por esto que el costo del transporte no está contemplado en los costos.

Cuadro 4. Utilidad por hectárea del chile de agua en los municipios . San Sebastián Abasolo, Cuilapam de Guerrero y San Pablo Huixtepec, en los Valles Centrales de Oaxaca

Municipios	N	**Utilidad Bruta promedio (\$ha ⁻¹)	Costos (\$ha ⁻¹)	Utilidad neta promedio (\$ha ⁻¹)
San Sebastián Abasolo	23	41.188	20.790	20.398
San Pablo Huixtepec	10	39.243	20.292	18.951
Cuilapam de Guerrero	7	37.708	19.515	18.194
Promedio	40	39.380	20.198	19.650

** Se determinó, considerando un precio promedio de \$593.75, \$418.75 y \$220.00 el canasto de chile de agua de primera, segunda y tercera respectivamente.

3.4 Conclusiones

La producción de chile de agua en los Valles Centrales de Oaxaca, puede verse afectada en los próximos 5 a 10 años, debido a que los productores son en su mayoría de edad avanzada y no existe una continuidad clara en las nuevas generaciones en el manejo de esta hortaliza.

Los beneficios económicos están directamente relacionados con la mano de obra familiar y, es notorio que el esfuerzo puesto en la producción del chile de agua es un recurso elemental para la que los insumos más bajos..

Los problemas de control de plagas y enfermedades , la alta inversión de los insumos y escasa asesoría técnica ha generado una importante disminución del rendimiento, en los tres municipios estudiados.

La tecnología tradicional de producción, el apoyo de la mano de obra familiar junto con los aspectos culturales de valoración del producto forman parte del modo de vida de los productores y son elementos que explican la persistencia de la siembra del chile.

La demanda de este producto que existe en mercados alternos como Distrito Federal y los Estados Unidos, sigue presentando una oportunidad que

generará ingresos redituables para los pequeños productores de los Valles Centrales de Oaxaca.

IV. EVALUACIÓN DE TRES SOLUCIONES NUTRITIVAS EN LA PRODUCCIÓN DE CHILE DE AGUA (*Capsicum annuum* L.) BAJO CONDICIONES DE HIDROPONIA E INVERNADERO

Resumen

Se utilizó semilla de chile de agua de la región de los Valles Centrales de Oaxaca para determinar la mejor opción productiva de acuerdo al número de frutos por tipo de calidad en un sistema hidropónico bajo invernadero con tres soluciones nutritivas Steiner en concentraciones de 75, 100 y 125%. El experimento se realizó en un invernadero localizado en la comunidad de San Agustín Calvario, San Pedro Cholula, Puebla, en los ciclos agrícolas de Otoño-Invierno (2011) y Primavera-Verano (2012). Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar con 4 repeticiones por tratamiento, donde las unidades experimentales fueron bolsas de polietileno conteniendo sustrato a base de arenilla de tezontle y dos plantas por bolsa. De acuerdo a los resultados obtenidos a través de un análisis ANOVA se determinó que la producción de chile de primera calidad, en el ciclo Primavera-Verano, tuvo significancia estadística de acuerdo a la concentración de la solución nutritiva. Por otra parte, la prueba de contraste de Tukey determinó un subconjunto homogéneo para las concentraciones de la solución nutritiva al 75 y al 125%. Plantas desarrolladas con solución Steiner a 125% produjeron mayor cantidad de frutos de primera calidad del fruto y en la producción de segunda calidad este tratamiento obtuvo el mayor rendimiento. Esta última concentración de la solución nutritiva representa la mejor alternativa técnica y económica, para la producción de chile de agua en hidroponía bajo invernadero.

Palabras clave: chile de agua, sistema hidropónico, solución nutritiva Steiner.

Abstract

Chile de agua seed from the Oaxaca's Central Valleys region was used to determine the best productive option according to the number of fruits per quality type in a greenhouse hydroponic system with three Steiner nutrient solutions at 75, 100 and 125% concentrations. The experiment was conducted in a greenhouse located in the community of San Agustín Calvario, San Pedro Cholula, Puebla, in Autumn-Winter, 2011 and Spring-Summer, 2012 agricultural cycles. A complete randomized blocks experimental design with 4 replicates per treatment was used, where the experimental units were polyethylene bags containing sand based substrate *tezontle* and two plants per bag. According to the results obtained by the ANOVA analysis, the production of high quality chili in the Spring-Summer cycle, was statistically significant according to the nutrient solution concentration. Moreover, the contrast Tukey test determined a homogenous subset for the 75 and 125% nutrient solution concentrations. The 125% nutritive solution concentration determined a statistical significant difference in fruit first quality as in the second quality fruit production had the highest performance, it is concluded that the latter nutrient solution concentration represents the best alternative, technical and economic, for chile de agua production in hydroponics greenhouse.

Keywords: Chile de agua, hydroponic system, Steiner nutrient solution.

4.1 Introducción

La producción de chile de agua en los Valles Altos bajo invernadero se ha adaptado de forma óptima teniendo una producción tres veces mayor a la encontrada con sistemas tradicionales a cielo abierto. Un problema grave que enfrenta el cultivo en suelo es la enfermedad conocida como “secadera” causada por *Fusarium oxisporum* y *Phytophthora capsici*, que provocan pérdidas hasta de 100%, y propician la sustitución por otros cultivos. Estos problemas fitosanitarios acentúan el riesgo de desaparición de este cultivo al buscar nuevas alternativas que sean más redituables, como ya ocurrió en la parte central de Guanajuato y Aguascalientes, donde la siembra de chile se abandonó y se desplazó a otras áreas (Carrillo, 2007).

El cultivo de chile en México tiene importancia social y económica por ser un producto de exportación (más de 600 mil toneladas de chile verde) tiene amplia distribución y un consumo cada vez más generalizado (FAOSTAT, 2009; Aguilar *et al.*, 2010).

En la región de los Valles Centrales de Oaxaca se cultiva en suelo una variedad de *Capsicum*, denominado “chile de agua”, la cual tiene importancia alimentaria y económica. La producción de este chile se da en la misma parcela donde se cultiva maíz, frijol y algunas hortalizas como calabacita, ajo y jitomate (Castañeda, 2005b). La superficie destinada en promedio es de 1/6 de hectárea, empleándose un manejo que consiste en la selección de semilla de los chiles más grandes, preparación de la tierra con yunta, riego rodado, uso ocasional de abonos orgánicos, aplicación de fertilizantes nitrogenados (que aportan nutrientes al suelo empobrecido) y agroquímicos (para el combate de la enfermedad conocida como “marchitez”) que son recomendados por otros productores y casas comerciales de insumos, principalmente, pero por ser prácticas no especializadas, contribuyen a una inadecuada nutrición y control deficiente de enfermedades lo que ocasiona la mayor pérdida del producto de hasta un 80% de acuerdo con López (1989).

Torres (2000b), menciona que es necesario implementar en los sistemas productivos de los países menos desarrollados la experimentación científica para mejorar el potencial productivo en calidad y volumen. En este sentido, una de las técnicas productivas que han hecho frente a la problemática de pobreza y poca disponibilidad de espacios agrícolas en contextos de América Latina ha sido la hidroponía: opción que implica un mínimo de inversión en cultivos que proveen comida a la familia y mejora el ingreso por la venta de alimentos (Cucho, 2007). La hidroponía en México se ha realizado generalmente bajo invernaderos que cuentan solo con cubierta plástica hasta invernaderos con equipos automatizados. Vargas *et al.* (2008) mencionan que el tezontle es uno de los sustratos de mayor uso para la producción de hortalizas y flores sin suelo al mismo tiempo que es un recurso disponible a bajo costo con características físicas de baja densidad aparente que provee mayor porosidad y excelente aeración.

En las zonas periurbanas existen invernaderos que pueden ser aprovechados y que han sido abandonados principalmente debido a que los productores no logran la comercialización de sus productos, la falta de capacitación y que los subsidios del gobierno no son suficientes para poder mantener la siembra. La necesidad de encontrar una alternativa al jitomate con un producto rentable es la motivación de este trabajo experimental que se realizó en el invernadero del Campus Puebla del Colegio de Postgraduados.

Debido a la existencia de mercados potenciales como el de la Ciudad de México, el chile de agua tiene la oportunidad de ser producido en regiones cercanas a esos mercados. De acuerdo con INEGI (2003), Oaxaca es un estado que tiene una de las mayores tasas de migración del país, la población emigrante de Oaxaca hacia otras entidades del país asciende a 843,317 personas, y por otro lado, residían en la entidad en calidad de inmigrantes 201,099 habitantes. El investigador Vázquez Maya de la Universidad Autónoma Chapingo menciona que el chile de agua puede manejarse de mejor forma en invernadero y obtener el triple de rendimientos comparado con la producción a cielo abierto, pudiendo cultivarse en otras regiones que tengan climas similares (cálido seco) al de los Valles Centrales de Oaxaca y con el control de

temperatura y control nutricional se puede cultivar en zonas con características diferentes (2000Agro, 2006), como los Valles Altos del estado de Puebla.

Al proponer la adaptación del chile de agua en Valles Altos es necesario incorporar las características propias de la región debido a que se presentan como espacios vinculados fuertemente a las ciudades (periurbanos) por sus características específicas que giran en torno a presiones sobre el uso del suelo para la agricultura, casa habitación o establecimiento de industria y problemas en abastecimiento y uso sustentable del agua y en general a la sobreexplotación de los recursos naturales. Por esta situación la hidroponía es una alternativa de producción para la optimización del espacio y el menor consumo de agua.

4.2 Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en la comunidad de San Agustín Calvario, del municipio de San Pedro Cholula, Puebla es una zona periurbana por su proximidad a San Pedro Cholula y la Ciudad de Puebla a una altitud de 2200 m y se encuentra en las coordenadas: Latitud 19° 3'N y Longitud 98° 18'O (INEGI, 2013). El invernadero utilizado es de tipo túnel y cuenta con una superficie de 100 m² de acuerdo a Bastida (2008), se clasifica como de baja tecnología por su estructura plastificada de polietileno transparente de 10 milímetros de espesor (40, 000 galgas) que protege del viento, plagas y donde el control de temperatura se realiza manualmente durante el día. Por otro lado, considerando el sistema hidropónico es un invernadero de nivel tecnológico medio (Pieter de Rijk, 2008).

Se realizaron dos siembras para verificar el desarrollo rendimiento y calidad y la incidencia de enfermedades en el cultivo del chile de agua en dos periodos donde las temperaturas para el ciclo Primavera-Verano son similares a la región de Valles Centrales de Oaxaca y en el ciclo Otoño-Invierno las temperaturas descienden drásticamente hasta los cero grados centígrados. Además, el establecimiento de los experimentos respondió a que es viable

obtener producción durante todo el año mediante una supervisión y monitoreo constante de la nutrición y temperatura.

4.2.1 Semillero y trasplante

La siembra se llevó a cabo el 28 de junio del 2011 (ciclo Otoño-Invierno) y el 11 de enero del 2012 (ciclo Primavera-Verano). En el semillero se utilizaron 3 charolas de poliestireno de 200 cavidades que fueron desinfectadas con una solución de hipoclorito de sodio al 10%. En el llenado de las cavidades se utilizó el sustrato Peat Moss marca Sunshine™ (que contiene musgo Sphagnum y vermiculita) que proporciona la suficiente humedad y nutrientes para la germinación. Se depositaron dos semillas por cavidad a una profundidad de 1 a 1.5 centímetros, posteriormente se dio un riego saturando el sustrato de humedad, finalmente se colocaron las charolas una encima de otra y se cubrieron con un plástico de color negro. Una vez germinadas las semillas se les aplicó una fórmula de arranque a base de dos diferentes fuentes de nutrientes: NKP 24-7-15, NKP 11-60-0. El trasplante se realizó a los 36 días después de la germinación del ciclo Primavera-Verano (2 de marzo de 2012) y 51 días después de la germinación en el ciclo Otoño-Invierno (3 de agosto de 2011), se dejaron dos plántulas por bolsa y éstas se trasplantaron cuando las plántulas alcanzaron una altura promedio de 15 a 18 cm. Esta actividad se realizó durante la tarde para evitar el estrés por calor y humedad en las plantas (Cuadro 5)

Cuadro 5. Fechas de siembra y trasplante del chile de agua en invernadero en la zona de San Pedro Cholula.

Actividades	Experimento Otoño-Invierno	Experimento Primavera-Verano
Siembra de almácigo	28 de junio del 2011	11 de enero del 2012
Germinación	12 días después de germinar	16 días después de germinar
Fertilización con fórmula de arranque	13 días después de germinar	17 días después de germinar
Trasplante	51 días después de germinar	36 días después de germinar

4.2.2 Diseño experimental y soluciones nutritivas

El diseño experimental consistió en completamente al azar con 3 tratamientos y 4 repeticiones, las unidades experimentales fueron en 72 macetas (bolsas) distribuidas en un área de 25 m². (Figura 4 y 5). La población total de plantas fue de 144 plantas por ciclo productivo.

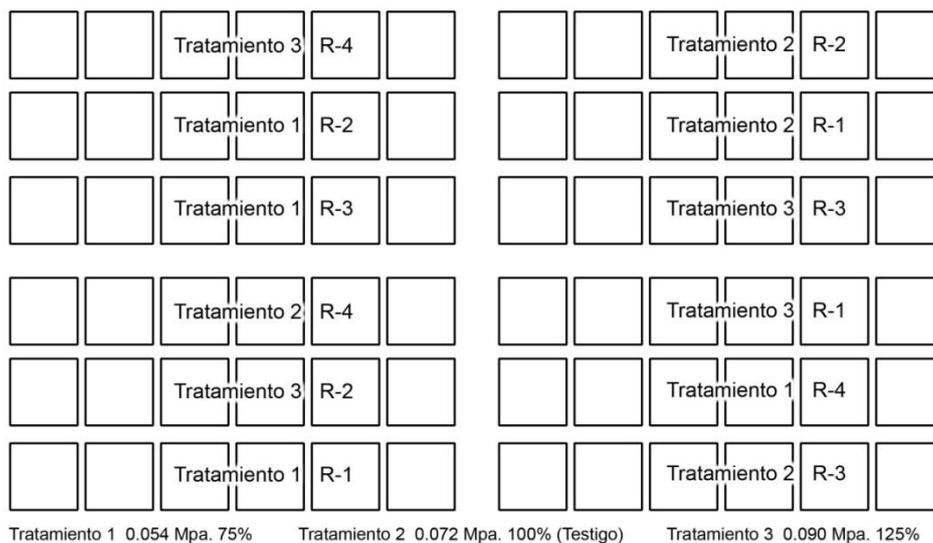


Figura 4. Disposición de las unidades experimentales en invernadero (completamente al azar) ciclo Otoño-Invierno 2011.

Las unidades experimentales fueron bolsas de polietileno color negro que contenían un promedio de 13 kg de arena de tezontle como sustrato con granulometría promedio de 0.1 a 10 mm y de 10 a 20 mm en la superficie.

Para la preparación de las soluciones nutritivas se utilizó la solución universal Steiner adaptando el nivel de aniones y cationes de acuerdo a la calidad del agua de la zona del Calvario (Cuadro 5).

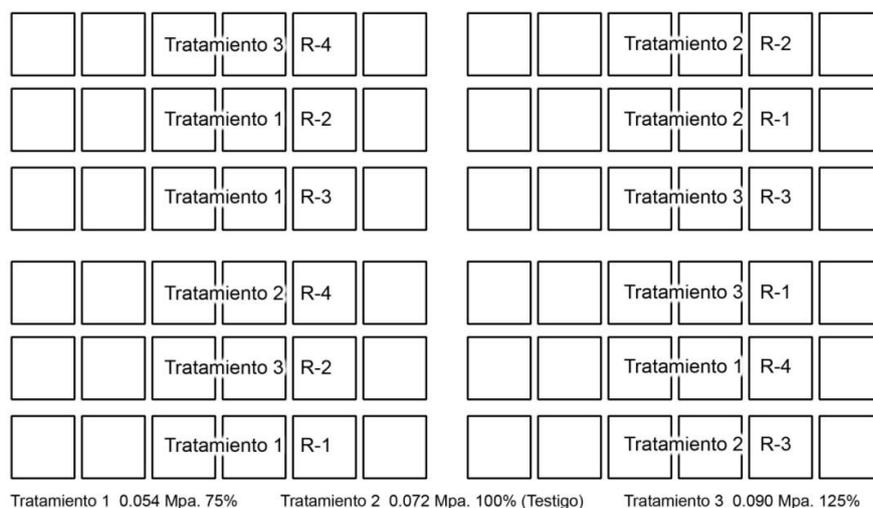


Figura 5. Disposición de las unidades experimentales en invernadero (completamente al azar) ciclo primavera-verano 2012.

El análisis de agua del pozo donde se abastece el invernadero de San Agustín Calvario, se realizó en el laboratorio de agua suelo y planta (nutrición vegetal) del Colegio de Postgraduados. (Cuadro 6).

Cuadro 6. Análisis de agua del pozo de San Agustín Calvario.

Determinación	pH	CE mS/m	(mg.L ⁻¹)	Aportación de agua (me.L ⁻¹)
pH	7.85			
C.E		0.79		
NO ³⁻			62.01	0.08
NH ₄ ⁺			18.02	0.28
H ₂ PO ₄ ⁻			15.49	0.41
K ⁺			39.10	0.077
Ca ²⁺			20.04	1.34
Mg ²⁺			12.16	4.43
SO ₄ ²⁻			3.00	3.00
Fe ²⁺			27.92	0
Mn ²⁺			27.47	0.004
Zn ²⁺			0	0
Cu ²⁺			0	0
B ³⁺			0	0
Cloruros			1.80	1.80
Carbonatos			0.20	0.20
Bicarbonatos			2.20	2.20
Na ⁺			37.80	1.64

Se utilizó la solución Universal Steiner como testigo al 100%: 0.072 Mpa y la misma se ajustó para obtener los tratamientos 1 al 75%: 0.054 Mpa y 3 al 125%: 0.090 Mpa (Cuadro 7). Como fuente de micro elementos se utilizó la mezcla comercial ULTRASOL[®] micro y se aplicaron 8 g por cada 200 litros de agua. Para obtener una buena absorción de nutrientes por el sistema radicular se ajustó el pH a 5.5, añadiendo ácido fosfórico basado en un rango de 10 a 12 ml por 200 litros de solución nutritiva.

Cuadro 7. Cantidad en meL^{-1} de iones para cada solución nutritiva.

Iones	meL^{-1}		
	125%	*100%	75%
NO_3^-	15	12	9
H_2PO_4^-	1,25	1	0,75
NH_4^+	1,25	1	0.75
SO_4^{2-}	8,75	7	5,25
K^+	8,75	7	5.25
Ca^{2+}	11,25	9	6,75
Mg^{2+}	5	4	3

*Tratamiento testigo

El agua utilizada en la producción se ajustó a los cambios de temperatura que se mostró durante cada ciclo, siendo el ciclo Primavera-Verano el de mayor consumo de agua (Cuadro 8).

Cuadro 8. Administración del agua en la producción de chile de agua en hidroponia.

Agua aplicada en Otoño-Invierno, 2011	Agua aplicada en Primavera-Verano, 2012
3 Agosto–5 Septiembre 18.5 L/día–610 L	2 Marzo–28 Marzo 20.2 L/día–525.2 L
6 Septiembre–24 Septiembre 23.9 L/día–430 L	29 Marzo–26 Abril 25.2 L/día–730.8 L
25 Septiembre–28 Octubre 27.5 L/día–907 L	27 Abril–28 Mayo 32.8 L/día–1,016.8 L
29 Octubre–15 Diciembre 29.8 L/día–1,400 L	29 Mayo–17 Julio 34.2 L/día–1,675.8 L
Total de agua aplicada 3,347 L: por cada solución se usaron 1,115.6 Litros de agua	Total de Solución Aplicada 3,948.6 L: por cada solución se aplicaron 1,316.2 litros de agua

Cuadro 9. Datos mensuales de temperatura en la ciudad de Puebla, México.

Medias y totales mensuales año 2011			Medias y totales mensuales año 2012				
	*T	**TM	***Tm		*T	**TM	***Tm
Agosto	18.3	25	11.5	Marzo	16.9	25.5	5.9
Septiembre	17.7	24.6	10.5	Abril	18.1	26.5	7.2
Octubre	15.9	23.8	7	Mayo	19.5	27.1	9.8
Noviembre	15.8	23.8	6.4	Junio	17.8	24.7	10.8
Diciembre	15	23.6	3.9	Julio	16.6	23.4	10.5

*Temperatura media

**Temperatura máxima

***Temperatura mínima

Fuente: Datos del experimento

Cuadro 10. Datos mensuales de temperatura en el invernadero de San Agustín Calvario, San Pedro Cholula, Puebla.

Medias y totales mensuales año 2011			Medias y totales mensuales año 2012				
	*T	**TM	***Tm		*T	**TM	***Tm
Agosto	21.2	30	14.5	Marzo	20.2	28.5	9.2
Septiembre	20.6	27.5	13.5	Abril	21.5	29	10.4
Octubre	19	27	10.5	Mayo	22.7	29.5	12.3
Noviembre	19.4	26.8	9.2	Junio	21.5	27.5	14
Diciembre	18	27	7.1	Julio	19.2	26.2	13.7

*Temperatura media

**Temperatura máxima

***Temperatura mínima

Fuente: Datos del experimento

4.2.3 Manejo de variables estudiadas

Se aplicaron 100 ml de solución nutritiva por planta/día en las primeras tres semanas y aplicando hasta 250 ml por día/planta en la etapas fenológicas de floración y crecimiento de frutos. Para contrarrestar la acumulación de sales en el sustrato se aplicó un riego por semana con agua de pozo. Las prácticas agronómicas realizadas en las plantas de chile fueron: 1) eliminación de las hojas viejas, 2) un raleo de frutos; dejando 15 frutos por planta, 3) las principales ramas se tutoraron usando hilo de rafia 4) se midió altura de planta, tamaño peciolo y 6) cantidad de agua aplicada.

Para el caso de las mediciones de los rendimientos, se establecieron 5 periodos de cosecha (el primero se hizo 155 días después del trasplante, después de este tiempo los frutos alcanzan la madurez comercial) registrando por planta el número y peso de frutos clasificados por calidad y tipo de solución nutritiva. La calidad del fruto se determinó con base a lo establecido por Carrillo (2007), midiendo el diámetro y el largo del fruto: en primera calidad más de 10.30 cm de largo y más de 4 cm de ancho, en segunda calidad entre 8.00 y 10.29 cm de largo y de 3.50 a 3.99 cm de ancho y en tercera calidad menos de 8.00 cm de largo y menos de 3.50 cm de ancho.

4.2.4 Análisis de los rendimientos

Se realizó un análisis de varianza para determinar el efecto de las tres soluciones nutritivas en el rendimiento promedio de cada una de las calidades de chile a un nivel de significancia del 95% ($\alpha \leq 0.05$). Formulando como Hipótesis nula: no hay efecto significativo entre los tratamientos estudiados ($H_0: T_1=T_2=T_3$) y como Hipótesis alterna: de que al menos uno de los tratamientos es diferente ($H_a: T_1 \neq T_2 \neq T_3$). Mediante el método de Tukey se determinó si había diferencia estadística significativa entre los tratamientos estudiados.

4.3 Resultados y discusión

4.3.1 Productividad de agua en el cultivo

En el trabajo experimental se usó un sistema hidropónico para una superficie de 25 m², la cantidad de agua utilizada se ajustó a una hectárea. En el Cuadro 11 se muestran los datos obtenidos de la productividad del agua en el ciclo Otoño-Invierno y Primavera-Verano. El concepto de productividad del agua se basa en obtener una mayor cosecha por volumen de agua aplicado o mayor producción de alimento por volumen de agua (Molden *et al.*, 2003).

Los resultados demuestran que en el ciclo Otoño-Invierno, existe un uso óptimo del recurso, teniendo una productividad de 9.51 kg/m³. En el trabajo sobre chile jalapeño de Ramos (2007), se muestra que utilizando un sistema de acolchado

y cintilla de riego se tiene un rendimiento promedio de 9115.86 kg por hectárea con un consumo total de agua de e 2,030.94 metros cúbicos, teniendo una eficiencia en el uso de agua de 4.49 kg/m³,

Cuadro 11. Eficiencia del uso del agua en la producción en invernadero de chile de agua en San Pedro Cholula.

	Agua aplicada O-I (m ³)	Agua aplicada P-V (m ³)	Rendimiento O-I (kg/ha ⁻¹)	Rendimiento P-V (kg/ha ⁻¹)	Productividad de agua ciclo O-I (kg/m ³)	Productividad de agua ciclo P-V (kg/m ³)
1 ha	1338.8	1579.2	12745.37	10281.28	9.51	6.51

Los cuadros deben discutirse solo se plantan en el texto sin análisis

Hoy en día, las percepciones relativas a la seguridad de agua están muy influenciadas por la idea relacionada con la escasez. Para el caso de la agricultura, el uso productivo del agua debe mejorar para satisfacer los objetivos de la producción de alimentos, el crecimiento económico y el ambiente. Esto requiere la progresiva modernización del manejo del agua en la agricultura y la hidroponía ofrece una mejor respuesta a la demanda y se adapta a las condiciones locales climatológicas y socioeconómicas. El uso sustentable del agua en la agricultura es un elemento clave para mantener la seguridad alimentaria y la generación de ingresos entre los agricultores de menores recursos (FAO, 2003). Queda claro que la implementación de sistemas hidropónicos es una alternativa viable para combatir este problema y tener así una mejor administración de este recurso.

4.3.2 Rendimientos en la cosecha Otoño-Invierno, 2011

La solución nutritiva Steiner concentrada al 125% destacó por generar los mayores rendimientos de fruto en primera y segunda calidad (Cuadro 12), y por ser la solución con menor rendimiento en frutos de tercera calidad.

Cuadro 12. Rendimientos de chile de agua producido en invernadero en el ciclo Otoño-Invierno de 2011.

Solución	Rendimiento (kg / 500m ²)			Total
	Primera Calidad	Segunda Calidad	Tercera Calidad	
75%	173.60	191.82	256.15	721.58
100%	149.06	200.41	225.78	575.25
125%	191.24	199.85	246.17	637.26

La solución concentrada al 100% se destacó por la menor producción de frutos de tercera calidad y por presentar igual producción de fruto en segunda calidad comparada con la solución al 125%.

Por medio del análisis de varianza se determinó que los rendimientos promedio de fruto de primera calidad no presentaron diferencias estadísticas significativas de acuerdo a la concentración de la solución nutritiva aplicada, entre los rendimientos promedio de fruto de segunda calidad tampoco existieron diferencias estadísticas significativas, presentándose la misma situación entre los rendimientos de fruto de tercera calidad (Cuadro 13).

De acuerdo con Castro (1998), donde se evaluaron 6 diferentes niveles de potencial osmótico en tomate de cáscara y partir de la solución nutritiva Universal Steiner, se observó que la producción promedio de fruto por planta aumentó con la disponibilidad nutrimental creciente; pero alcanza un valor máximo en las plantas establecidas en las condiciones nutrimentales de la solución nutritiva al 75%, a partir de ese punto el rendimiento disminuye.

Cuadro 13. Diferencia entre los rendimientos de chile de agua de producido en hidroponía el ciclo Otoño-Invierno, 2011.

Solución Steiner	Rendimiento promedio total de fruto en primera calidad		Rendimiento promedio total de fruto en segunda calidad		Rendimiento promedio total de fruto de tercera calidad	
	Promedio	Sig.	Promedio	Sig.	Promedio	Sig.
75%	723.36 a		799.27 a		1067.30 a	
100%	621.08 a	DMS=0.368	835.05 a	DMS=0.310	940.75 a	DMS=0.670
125%	796.85 a		999.25 a		1025.72 a	

Valores promedio con igual letra por tipo de calidad, no difieren de acuerdo a la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

*Rendimiento promedio con significancia

Nota: El rendimiento promedio esta expresado en gramos de chiles cosechados en una superficie de 25 m².

La prueba de comparación de medias de Tukey mostró que las tres concentraciones de solución nutritiva, tanto en primera, segunda, como en tercera calidad formaron grupos no diferenciables en rendimientos, lo que significó que los rendimientos promedio de fruto de primera, segunda y tercera calidad fueran similares, y que la concentración de la solución nutritiva aplicada no establece diferencias estadísticas significativas en el rendimiento.

Por tanto, se estimó que en el ciclo Otoño-Invierno del año 2011, la producción por hectárea en el sistema de hidroponia llegó a los 12.745 t ha⁻¹. En promedio un rendimiento cuatro veces mayor al encontrado por Ambrosio (2007), donde menciona que en la comunidad de Cuilapam existe un rendimiento promedio de 3 t ha⁻¹, así mismo datos obtenidos por López y Cano (2003), mencionan que en un módulo de fertirrigación se encontró un rendimiento promedio de 3.5 t ha⁻¹, esto es consecuencia de una alta incidencia y severidad de la enfermedad conocida como “marchitez”.

4.3.3 Rendimientos en la cosecha Primavera-Verano, 2012

En este ciclo el tratamiento con solución nutritiva Steiner concentrada al 125% produjo el mayor rendimiento de chile de agua de primera y segunda calidad, mientras que en tercera calidad de fruto esta concentración produjo el menor rendimiento de fruto (Cuadro 14). Por otro lado, la concentración de la solución nutritiva al 75%, arrojó rendimientos muy similares en segunda y tercera

calidad con respecto a los rendimientos obtenidos con la solución nutritiva concentrada al 125%.

Cuadro 14. Rendimientos de chile de agua producido en hidroponía I ciclo Primavera-Verano de 2012

Solución	Rendimiento (kg / 500m ²)			
	Primera Calidad	Segunda Calidad	Tercera Calidad	Total
75%	125.09	161.41	217.04	503.54
100%	102.60	151.97	230.86	485.43
125%	136.96	161.19	215.90	514.05

De acuerdo al análisis de varianza realizado éste mostró una diferencia estadística significativa en el rendimiento obtenido de fruto de primera calidad (Cuadro 15), mientras que en la segunda y en la tercera calidad no se encontraron diferencias estadísticas significativas en los rendimientos conforme la concentración de la solución nutritiva aplicada.

Cuadro 15. Diferencia entre los rendimientos promedio de chile de agua I ciclo Primavera-Verano, 2012.

Solución Steiner	Rendimiento promedio en primera calidad		Rendimiento promedio en segunda calidad		Rendimiento promedio en tercera calidad	
	Promedio	Sig.	Promedio	Sig.	Promedio	Sig.
75%	625.47 b		807.07 a		1100.17 a	
100%	513.02 a	DMS=0.018*	759.85 a	DMS=0.939	1154.30 a	DMS=0.844
125%	684.84 b		800.64 a		1079.50 a	

Valores promedio con igual letra por tipo de calidad, no difieren de acuerdo a la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

*Rendimiento promedio con significancia

Nota: El rendimiento promedio esta expresado en gramos de chiles cosechados en una superficie de 25 m².

La prueba de Tukey indicó que las diferencias estadísticas significativas encontradas en el rendimiento de frutos de primera calidad conforman dos grupos: el primer grupo formado por la solución concentrada al 100% y el segundo grupo formado por las soluciones concentradas al 75 y al 125%.

Por tanto, en el ciclo Primavera-Verano del año 2012, los rendimientos alcanzaron las 10.281 t ha⁻¹.

Cabe mencionar que en los dos ciclos productivos se presentaron enfermedades a causa de hongos: *Leveillula taurica* y *Alternaria* sp. Dichos problemas no repercutieron en la producción de Otoño-Invierno, pero si en la producción Primavera-Verano, ocasionando, que la producción se redujera hasta en un 19%.

Cuadro 16. Análisis de Varianza

Peso del fruto x calidad x ciclo		Suma de cuadrados	gl	Cuadrado Media	Fc	p valor
Peso_Fruto_de Primera_2011	Tratamientos	62339.247	2	31169.623	1.118	.368 ns
	Error	250965.355	9	27885.039		
	Total	313304.602	11			
Peso_Fruto_de Segunda_2011	Tratamientos	90975.322	2	45487.661	1.338	.310 ns
	Error	305875.268	9	33986.141		
	Total	396850.589	11			
Total_Peso_Fruto_ Tercera_2011	Tratamientos	33285.512	2	16642.756	.419	.670 ns
	Error	357512.898	9	39723.655		
	Total	390798.409	11			
Total_Peso_Fruto_ Primera_2012	Tratamientos	60922.549	2	30461.275	6.493	.018*
	Error	42222.564	9	4691.396		
	Total	103145.113	11			
Total_Peso_Fruto_ Segunda_2012	Tratamientos	5811.602	2	2905.801	.069	.934 ns
	Error	377656.563	9	41961.840		
	Total	383468.164	11			
Total_Peso_Fruto_ Tercera_2012	Tratamientos	13865.562	2	6932.781	.198	.824 ns
	Error	314591.587	9	34954.621		
	Total	328457.149	11			

Intervalos de confianza a un nivel de significancia del 95%.

De acuerdo a los p valores para el ciclo 2011, no se rechaza la Hipótesis nula (Ho) de que todos los promedios de peso del fruto son iguales. Pero en el caso del p valor encontrado en el peso del fruto en el ciclo 2012 = 0.018, se rechaza la Hipótesis nula (Ho) de que todas las medias son iguales.

Las diferencias de promedios del peso (Figura 6) de los frutos en el ciclo 2012 se explican por la merma a causa de mayor incidencia de la enfermedad causada por los hongos *Leveillula taurica* y *Alternaria* sp. conocido comúnmente como “marchitez”.

4.4 Conclusiones

Para los dos ciclos evaluados, la solución nutritiva Steiner en su concentración más alta (125%), proporcionó los mejores rendimientos.

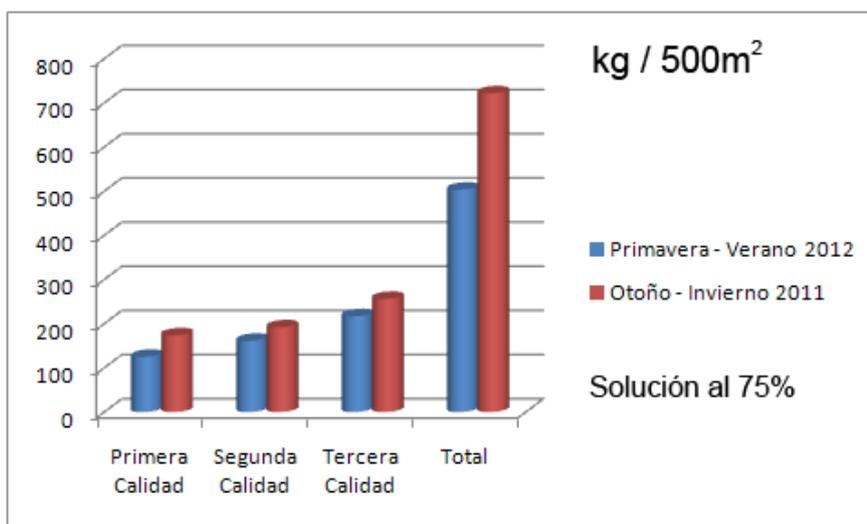
En el ciclo Otoño-Invierno del 2011, los tratamientos evaluados (tres soluciones nutritivas) no presentaron efecto significativo a rendimientos en ninguno de sus tres niveles de calidad, pero fue la solución con una concentración al 125% la que generó la producción más alta en cuanto a primera y segunda calidad.

En el ciclo Primavera-Verano del 2012, el análisis mostró un efecto significativo a rendimientos pero solo en primera calidad, siendo el tratamiento con la concentración de 125% el mejor.

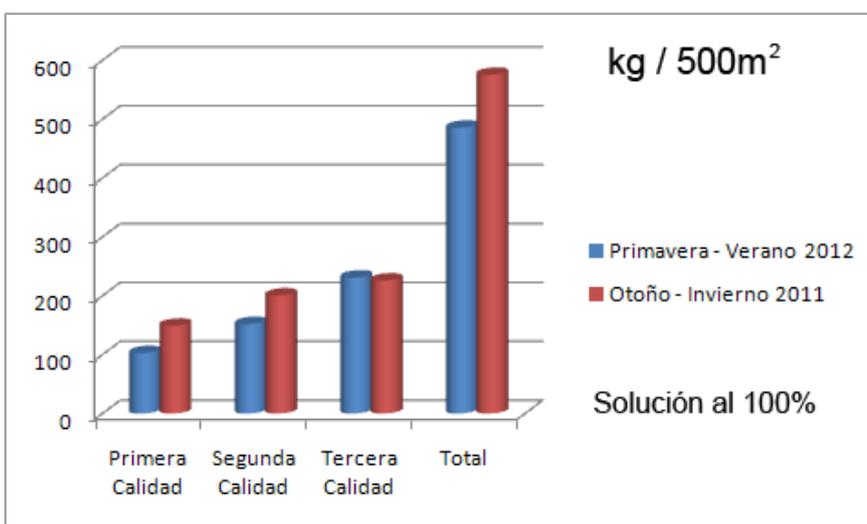
El rendimiento promedio fue mejor en el ciclo Otoño-Invierno en las tres soluciones nutritivas, solo destacó la solución al 100% del ciclo Primavera-Verano para tercera calidad.

kilogramos

k
i
l
o
g
r
a
m
o
s



k
i
l
o
g
r
a
m
o
s



k
i
l
o
g
r
a
m
o
s

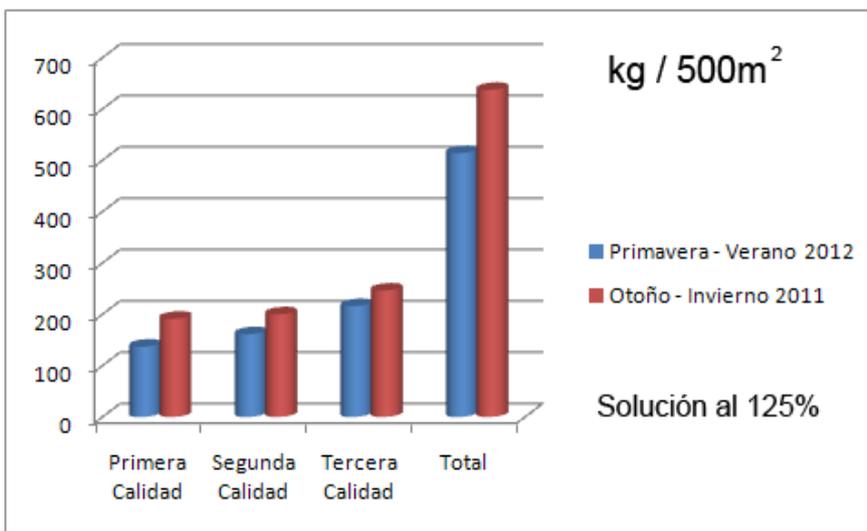


Figura 6. Rendimiento de chile de agua en las tres concentraciones de solución Steiner en los ciclos Primavera-Verano y Otoño-Invierno.

V. COMPARACIÓN DE LOS INGRESOS EN EL SISTEMA PRODUCTIVO DE CHILE DE AGUA: TRADICIONAL E HIDROPONIA (CICLO OTOÑO-INVIERNO 2011)

En este capítulo se da a conocer el contraste de los rendimientos, costos y los ingresos de la producción de chile de agua a cielo abierto e hidroponia bajo invernadero.

5.1 Rendimientos, costos e ingresos en la producción a cielo abierto

En los Valles Centrales de Oaxaca con el sistema tradicional de producción de chile de agua, generalmente se establece un solo ciclo productivo durante el año, donde los rendimientos por 500 m² promedian en 195 kg, con un costo promedio de \$1.022.00 y una ganancia promedio de \$2,000.00 pesos.

5.2 Rendimientos en el sistema de producción hidroponia

A partir de que se eligió la concentración de la solución nutritiva Steiner al 125% como la que proporciona los mayores rendimientos en primera calidad, produciendo en el ciclo Otoño-Invierno 635 kg/500 m², mientras que en el ciclo Primavera-Verano los rendimientos alcanzaron las 514 kg/500 m².

5.3 Costos en el sistema de producción hidroponia

A continuación se describen los principales costos de producción en invernadero.

5.3.1 Costo de la mano de obra

El tiempo de trabajo invertido por día en las etapas de almacigo, trasplante, producción y cosecha es de 3 a 4 horas. Si el trabajo no lo realizara el productor y se contratara mano de obra, el costo de la mano de obra puede llegar a representar los \$6,000.00 pesos en un ciclo productivo de 4 meses.

Para una superficie de 500 m². Por lo que los costos ascienden a \$12,000 pesos al año produciendo en dos ciclos.

Cuadro 17. Costos promedios totales de producción de chile de agua para invernadero.

Concepto	Material	Costos al menudeo*
Costo del almacigo	Charolas de 200 cavidades	\$50.00
	Sustrato Peat Moss	\$95.00
	Semilla	\$50.00
	Fórmula de arranque (24-7-15 y 11-60-0)	\$4.00
Costo del trasplante	Bolsas de polietileno	\$400.00
	Sustrato (tezontle)	\$1,043.70
	Criba cernidor	\$25.00
	Desinfección del sustrato con Hipoclorito de sodio al 10%	\$2.00
Costos en producción	Consumo de agua por ciclo	\$200.00
	Cantidad de solución al 125%	\$1461.00
	Rafia para el Tutoreo	\$2.00
Total	Costo por ciclo productivo en 500 m ²	\$3332.70

*Los costos se estimaron para los ciclos Otoño-Invierno y Primavera-Verano para una superficie de 500 m².

5.3.2 Costos de invernadero, sistema de riego y equipos

Como la evaluación de rendimientos de chile de agua se realizó en un invernadero de aproximadamente 100 m² caracterizado de baja tecnología según Pieter de Rijk (2008), a continuación se exponen los costos de la infraestructura y de equipos.

Cuadro 18. Costos de invernadero y equipo

Material	años de vida útil	Costo	Costo para 500 m ²
Invernadero de baja tecnología: estructura de hierro y cubierta de polietileno	5	\$100 x m ²	\$10,000.00
Sistema de riego:	5	\$1,800.00x100 m ²	\$9,000.00
Fumigadora	5	\$590.00	\$118.00
Termómetro	10	\$300.00	\$30.00
Medidores de pH y C.E	5	\$2500.00	\$500.00
Total por año			\$35,548.00
Total por ciclo			\$17,774.00

Nota: El costo del sistema de riego ésta referido a una superficie de 500 m² e incluye: Cintilla, bomba de ½ HP (Horse power/caballos de fuerza), válvula de seguridad, llaves de paso, filtros, inyectores, líneas surtidoras, reloj de presión y control.

Se debe de tener en consideración que dentro del sistema de riego, la cintilla se renueva cada año, y en el caso del plástico de invernadero, con un buen manejo se debe renovar cada tres años. Adicionalmente, al costo del invernadero, el sistema de riego y equipo, debe destinarse un costo para el mantenimiento. Por otro lado estos costos se compensan debido a que a medida que se invierte para una mayor superficie de 100 m² a 500 m², los costos tienden a disminuir.

5.3.3 Comparación de las ganancias en la producción hidroponia y cielo abierto

De acuerdo con la evaluación en la comparación de estos dos sistemas de producción; las utilidades que se pueden obtener en la producción de chile de agua en el sistema hidropónico son 2.33 veces más que en sistema a cielo abierto (Cuadro 19 y 20). Sin embargo, por la presencia de daños considerables en las plantas bajo invernadero a causa de la enfermedad *Alternaria* sp, los rendimientos pueden disminuir alrededor de 125 kg/500 m² (considerando que en el ciclo Otoño-Invierno como ya se mencionó se produjeron 637 kg/500 m², mientras que en el ciclo Primavera-Verano se

obtuvieron 514 kg/500 m²) lo que merma las utilidades y por tanto las utilidades en el sistema de producción de hidroponía son similares a las de cielo abierto.

Cuadro 19. Utilidad en el ciclo Otoño-Invierno, 2011.

Concepto	Invernadero	Cielo abierto
Ingresos por 500 m ²	\$6273.87	\$1969.00
Costos por 500 m ²	\$3332.70	\$1009.90
Utilidad bruta por 500 m ²	\$2941.17	\$982.50
Ingresos por m ²	\$12.54	\$3.94
Costo insumos por m ²	\$6.66	\$2.02
Utilidad bruta por m ²	\$5.88	\$1.96

Nota: Los cálculos, de la utilidad se realizaron con los costos de insumos a precios de menudeo.

En la estimación de la utilidad bruta de los dos ciclos productivos evaluados no se incluyó el costo del invernadero, sistema de riego y otros equipos. Pero de acuerdo a la vida útil de la infraestructura y equipos, se siguen generando ganancias superiores a las de cielo abierto al establecer dos ciclos productivos por año.

Cuadro 20. Utilidad en el ciclo Primavera-Verano, 2012.

Concepto	Invernadero	Cielo abierto
Ingresos por 500 m ²	\$5158.78	\$1969.00
Costos por 500 m ²	\$3338.70	\$1009.90
Utilidad bruta por 500 m ²	\$1820.05	\$982.50
Ingresos por m ²	\$10.32	\$3.93
Costo insumos por m ²	\$6.67	\$2.02
Utilidad bruta por m ²	\$3.65	\$1.96

Nota: Los cálculos, de la utilidad se realizaron con los costos de insumos a precios de menudeo.

5.3.4 Conclusiones

En los Valles Centrales de Oaxaca por lo general se siembra un ciclo al año, debido a la alta pérdida de la producción ocasionado por la enfermedad conocida como “Marchitez” o secadera en los meses de lluvia (Primavera-Verano).

El cultivo bajo invernadero e hidroponia, permite tener dos ciclos productivos al año, teniendo un mejor control con las enfermedades.

El sistema hidropónico tiene una inversión mayor al sistema tradicional, sin embargo las ganancias aumentaron en promedio tres veces más.

En ambos ciclos la ganancia útil por m² fue mayor para el sistema hidropónico comparado con el sistema tradicional a cielo abierto, sin embargo para el ciclo 2011 (otoño-invierno), las ganancias fueron mayores debido a que no hubo presencia de enfermedades.

VI. DISCUSIÓN GENERAL

A partir de la información obtenida sobre la producción de chile de agua, tanto en Valles Centrales Oaxaca, como la producción experimental en hidroponía bajo invernadero, es posible el contraste entre rendimientos, costos, beneficios económicos y problemas de manejo para determinar la adaptabilidad de éste cultivo por familias campesinas en zonas cuyas características establecidas por la interacción en zonas de Valles Altos que, se definen como áreas periurbanas.

Se realizó la investigación partiendo del estudio sobre la caracterización de los productores y su producción realizada a cielo abierto en los Valles Centrales de Oaxaca, porque el chile de agua es endémico de esa región y por lo tanto su manejo responde a las características culturales, sociales y climáticas de la región y a las características de calidad que exigen los consumidores, Ambrosio (2007), menciona que los factores sociales y culturales son determinantes para preservar el agroecosistema, debido a que la transmisión de los conocimientos de generación en generación.

En los últimos años, se ha tenido una sobreoferta de jitomate en el mercado nacional, esto abrió y sigue abriendo oportunidades para incursionar en investigaciones y trabajos viables con otros cultivos en invernadero considerando las limitantes de los pequeños productores tanto de zonas rurales como de zonas periurbanas. Puebla cuenta con 835.298 hectáreas de invernaderos según INEGI (2010), y el 80% concentran la producción de jitomate en sus diversas variedades. Puebla es una entidad que está creciendo enormemente en relación a la entrega de apoyos emitidos por el Programa de Activos Productivos de SAGARPA y SDR, esto quiere decir una saturación de jitomate en mercados y un precio inestable del producto.

La información generada con base en a la producción de chile de agua a cielo abierto permitió conocer la situación del cultivo: sus principales problemas, el potencial productivo y limitantes en la mejora de la producción en ese contexto

de una tecnología que conjuga elementos de manejo empírico, escaso conocimiento técnico y aplicación de una tecnología basada principalmente en uso de fertilizantes y agroquímicos para el combate de enfermedades poco eficientes. Al mismo tiempo se conoció la importancia que tiene este producto en la región, ya que a pesar de que el crecimiento de las grandes ciudades ha ido tomando terrenos agrícolas, las tradiciones y cultura en la región siguen teniendo un fuerte impacto entre los habitantes, de acuerdo con Ambrosio (2007), menciona que en la comunidad de Cuilapam de Guerrero todavía se mantienen fuertes rasgos culturales como, el vestido original que se deja ver en las personas adultas, las fiestas y ceremonias y prácticas agrícolas tradicionales. Con el cúmulo y sistematización de ésta información primaria se planteó adaptar la producción con un modelo experimental conformado por un sistema de hidroponía, solución nutritiva y supervisión constante para contrastar variables y proponer una alternativa viable de ser adoptada por pequeños productores. Una gran ventaja que contribuyó a la investigación es que el cultivo del chile de agua se adapta fácilmente al clima de la región de Valles Altos.

Por la forma peculiar de producción tradicional (que es la base de conocimiento empírico que permite el manejo adecuado a las condiciones del medio), recursos limitados y escasa asesoría técnica, los productores de los Valles Centrales generan una producción con ganancias. Sin embargo, al establecer el cultivo de chile de agua en un ambiente donde algunas variables son controladas eficazmente, se aplica solución nutritiva y se tiene una supervisión contante sobre el desarrollo de la planta, los rendimientos se triplican. Madrid (2007), nos dice que conocer el cultivo tradicional y el hidropónico es parte fundamental del desarrollo de una propuesta de estrategia, esto nos ayudará a entender y conocer mejor cual opción ofrece mayores oportunidades de crecimiento, mejorar la inversión y por ende obtener mayores ganancias.

Un factor en contra de la obtención de buenos rendimientos y que es común en los sistemas de producción cielo abierto e hidroponía bajo invernadero es la incidencia de plagas y enfermedades. En México, los hongos patógenos de la

raíz causan severos daños en las plantas de Chile. Los géneros más estudiados son *Phytophthora*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Pythium* y *Phymatotrichum*, debido al amplio rango de plantas hospedantes a las que ataca. Las pérdidas económicas pueden ser de tipo cuantitativo (producción) o cualitativo (sabor, textura, color y forma), (Agris, 1997).

La disminución de la productividad en Valles Centrales de Oaxaca es debido al poco control y desconocimiento para combatir plagas y enfermedades, principalmente, *Leveillula taurica* y *Alternaria* sp. Pero aún en el sistema de hidroponía bajo invernadero se sigue teniendo fuerte incidencia de las enfermedades ya mencionadas. No obstante, como la producción de hidroponía se estableció en dos ciclos productivos, se observó que las enfermedades se presentaron en una muy baja proporción en el ciclo Otoño-invierno y fue en el ciclo Primavera-Verano donde los problemas por enfermedades son mayores y repercuten en los rendimientos por planta.

Como ya se mencionó, los productores de los Valles Centrales producen Chile de agua con la administración de los recursos que tienen a la mano y con algunos otros que pueden gestionar. Estos productores enfrentan año con año subidas en los insumos y los fertilizantes representan el mayor costo a cubrir en su producción. Para el caso del Chile de agua en hidroponía, también los mayores costos son los derivados por la aplicación de solución nutritiva; sin embargo, y en relación a manejar mayores superficies de producción superiores a los 100 m² (preferentemente entre los 400 m² y 500 m²) los costos de éste insumo son mejor manejados porque implica realizar gastos al mayoreo y no al menudeo como cuando se tienen superficies pequeñas. Si un productor maneja junto con otros productores la compra de insumos de tal forma que se compre mayor cantidad de los insumos utilizados, se puede bajar el costo de la fertilización hasta un 40% (Castaño, 2001).

Los productores al conocer esta alternativa de producción y aplicarla, tendrán una perspectiva más amplia de las ventajas y desventajas en cuanto a la producción de hortalizas bajo techo al manejar los insumos, costos y métodos agronómicos en el cultivo de Chile de agua en hidroponía (FAO, 2010).

Debido a que la producción de chile de agua bajo un sistema hidropónico es tres veces mayor a la de cielo abierto, y que de acuerdo con López (2003), este cultivo no ha sido probado en gran escala bajo el mismo sistema, hace que sea una opción, ya que se pueden manejar dos ciclos y la época de cosecha para obtener un precio mejor, sobretodo en ciclo otoño-invierno que no hay producción a ciclo abierto.

Como la viabilidad del cultivo no solo abarca la obtención de mayores rendimientos, sino que también requiere de puntos de consumo, los mercados potenciales son dos grandes ciudades: Puebla y ciudad de México. La diversidad de formas para vender el chile de agua es un punto relevante para la comercialización. Principalmente se vende en fresco diferenciando tres calidades. Por otro lado, el estudio de Pazos (2012), da a conocer que la transformación de este producto es otra alternativa en diversificación de una posible forma de comercialización ya que al hacer pruebas sensoriales del chile de agua ya procesado en forma de pasta, tuvo una gran aceptación de la población muestra a la que se aplicó la degustación.

VII. CONCLUSIONES GENERALES

Sobre el objetivo y la hipótesis generales:

- El objetivo general de este trabajo se cumplió, determinar el rendimiento y realizar un análisis económico del chile de agua en un sistema hidropónico bajo condiciones de invernadero y realizar la comparación con un sistema tradicional a cielo abierto de los Valles Centrales. Así mismo, es factible realizar una estrategia de adopción de tecnología con el cultivo de chile de agua para las zonas periurbanas de los Valles Altos.
- Al mismo tiempo no se encontró evidencia para rechazar la hipótesis general que se planteó el inicio del trabajo. La producción de chile de agua en invernadero bajo condiciones de hidroponía, es rentable en la relación costo beneficio en comparación con un sistema a cielo abierto. Es posible realizar una recomendación para la adopción de tecnología en el cultivo de chile de agua en las zonas periurbanas de los Valles Altos con la información recabada en el trabajo. Se confirma que el chile de agua tiene una excelente adaptación en Valles Altos, cuando se produce en invernadero e hidroponía.

De acuerdo con la información recabada en los Valles Centrales de Oaxaca con los productores de chile de agua a cielo abierto se puede concluir lo siguiente:

- Debido al incremento de plagas y enfermedades en los últimos años para este cultivo, muchos productores han destinado sus tierras para la siembra de otros cultivos que generen mayores ingresos y que no requieran una gran inversión inicial y otros más han destinado menos terreno para su producción. Sin embargo, la mayoría de los productores entrevistados aseguran que es un cultivo rentable si se tiene un buen manejo, además de pertenecer a la canasta básica en la región, Con esto se cumple el segundo objetivo específico planteado en esta investigación y de acuerdo con los datos recabados, la primera hipótesis específica formulada no se rechaza.

Respecto a la producción de chile de agua en hidroponia bajo invernadero se puede concluir que:

- La comparación de rendimientos entre un sistema a cielo abierto y el sistema hidropónico, es que este último genera mayores rendimientos, teniendo así un rendimiento promedio de 195 kg/500 m² para cielo abierto y 625 kg/500 m² para el sistema hidropónico, al mismo tiempo, el ahorro del recurso agua es un punto clave. Con esto se cumple el primer objetivo específico planteado en esta investigación y de acuerdo a la evidencia científica encontrada, la segunda hipótesis específica formulada no se rechaza.

Una vez realizado un análisis socioeconómico para este cultivo en un sistema hidropónico comparado con un sistema a cielo abierto se puede concluir lo siguiente:

- Se realizó el análisis económico el ciclo Otoño-Invierno ya que fue el que generó mejores ingresos y mayores rendimientos en comparación con la producción a cielo abierto. De esta forma se cumple la tercera hipótesis específica planteada en esta investigación y no se rechaza.

VIII. ESTRATEGIA PROPUESTA PARA ZONAS PERIURBANAS DE VALLES ALTOS, EL CULTIVO CHILE DE AGUA EN HIDROPONIA E INVERNADERO

De acuerdo con los datos obtenidos y la información recabada en el trabajo, se muestran las ventajas y beneficios de un cultivo bajo invernadero con hidroponia, siendo posible establecer líneas de acción que por su relación proponen una estrategia viable para las familias de zonas diferentes al lugar de origen del cultivo de Chile de agua.

La estrategia está orientada como alternativa de producción que genera beneficios económicos y que puede ser adoptada por los pequeños productores. Además de que la técnica de la hidroponia contribuye a un mejor uso del suelo por la disminución de la salinización, permite el ahorro de agua y tener un menor desecho de agua residual que pueda contaminar las fuentes de agua de la región.

8.1 Fortalezas y debilidades en las zonas periurbanas

Las zonas periurbanas como es el caso donde se estableció el módulo experimental de producción en hidroponia con invernadero, representan un espacio de transición donde conviven actividades urbanas y agrícolas. Dicha convivencia se da en la competencia por los recursos naturales de la región en el establecimiento de actividades agrícolas, industriales y de comercio, pero que por las características de aglomeración de población, cercanías entre ciudad y pueblos conforma un mercado potencial tanto para la adquisición de insumos como para la venta de chile de agua.

8.2 Definición de objetivos

El objetivo específico de la estrategia es “Buscar que con el sistema productivo de chile de agua se genere beneficios económicos para las familias de zonas periurbanas de Valles Altos”.

En el Cuadro 21, se muestra la matriz de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que se aplica al objetivo de “Aumentar la productividad del chile de agua bajo invernadero con hidroponía en comparación a cielo abierto y generar beneficios económicos para las familias de zonas periurbanas”.

8.3 Estrategia propuesta para “Promover el cultivo del chile de agua bajo invernadero e hidroponía como alternativa de producción para zonas periurbanas de los Valles Altos y así generar mayores beneficios económicos”

En el Cuadro 21, se muestra los objetivos y estrategias para el uso eficiente y adecuado de una producción de chile de agua en invernadero con un sistema hidropónico.

Considerando que la estrategia es un conjunto de acciones prioritarias que establecen el camino elegido para alcanzar un objetivo (Silva-Lira, 2003). En el Cuadro 2,1 se muestran las acciones propuestas para el cumplimiento de dicho objetivo, y así alcanzando estos logros pueden influir en un mejor ingreso económico para los productores y sus familias.

Cuadro 21. Matriz de objetivos y estrategias.

<p>OBJETIVO GENERAL: “Promover el cultivo del chile de agua bajo invernadero e hidroponia como alternativa de producción para zonas periurbanas de los Valles Altos y así generar mayores beneficios económicos”</p>	
Objetivo específico	Estrategias
<p>“Buscar que con el sistema productivo de chile de agua genere beneficios económicos para las familias de zonas periurbanas de Valles Altos.”</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1.- Realizar un programa de siembra del cultivo para cosechar en fechas donde el producto alcanza el precio máximo de mercado, obteniendo ingresos considerables mayores a otras fechas durante el año. 2.- Proponer la integración de varias familias para aumentar la superficie a 500 m² y bajar costos en la comprar de insumos por mayoreo ya que la mayoría de familias cuentan con invernaderos de 100m². 3.- Evaluar con precisión las bondades económicas de este cultivo en diferentes épocas del año para hacer un plan integral de siembra que de mejores ingresos a las familias. 4.- Iniciar programas de capacitación para productores que integren este sistema hidropónico. 5.- Elaboración de manuales sobre la incorporación del sistema hidropónico para chile de agua que sea práctico y sencillo para los productores.

Cuadro 22. Causas y efectos del problema central identificado.

OBJETIVO GENERAL	"Promover el cultivo del chile de agua bajo invernadero e hidroponia como alternativa de producción para zonas periurbanas de los Valles Altos y así generar mayores beneficios económicos"
OBJETIVO ESPECIFICO	"Buscar que con el sistema productivo de chile de agua genere beneficios económicos para las familias de zonas periurbanas de Valles Altos."
RESULTADOS	<ol style="list-style-type: none"> 1.- Aplicación de la solución nutritiva óptima hidropónica: Steiner al 75% para el cultivo. 2.- Programas y manuales para capacitar a productores. 3.- Supervisión permanente en cada etapa del cultivo.
ACTIVIDADES	<ol style="list-style-type: none"> 1.- Realizar más trabajos de investigación para este cultivo. 2.- Generar una asociación de productores para obtener de forma más fácil ayuda por parte de gobierno y conseguir insumos a mejores precios. 3.- Elaboración de folletos y manuales para el manejo adecuado del sistema hidropónico. 4.- Realizar parcelas demostrativas en centros de investigación, a donde se invite a los productores ver resultados del sistema hidropónico. 5.- Capacitación a productores clave, para difundir el conocimiento.

Cuadro 23. Matriz de análisis FODA.

<p>OBJETIVO ESPECIFICO:</p> <p>Buscar que con el sistema productivo de chile de agua genere beneficios económicos para las familias de zonas periurbanas de Valles Altos.</p>	<p>FORTALEZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gran aceptación de nuevas tecnologías por parte de las familias en zonas periurbanas. - Cercanía a mercados locales. - Mayor vida de anaquel de productos. 	<p>DEBILIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> - Poco conocimiento sobre técnicas hidropónicas. -Gran inversión inicial. -Poco espacio disponible para la instalación de invernaderos. - Falta de integración de la información existente, producto de investigaciones.
<p>OPORTUNIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> - El chile de agua es un producto redituable en relación costo-beneficio - Extender el chile de agua a mercados nuevos - Tener más información de este producto bajo el sistema hidropónico que arroje mayores y mejores resultados. - Tener dos ciclos al año en comparación a cielo abierto que en su mayoría es uno por la alta incidencia de enfermedades. 	<p>POTENCIALIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> - Existe un mercado potencial principalmente en el DF. y EU., que deben ser explorados. - Mercados alternos para el producto en seco. - Integración de la información ágrafa de los productores en la zona de Valles Centrales de Oaxaca. - La transformación del producto es una alternativa de alcanzar nuevos mercados. 	<p>DESAFIOS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lograr la integración por parte de productores, asociaciones y centro de investigaciones para generar más conocimiento y crear nuevas oportunidades de venta del chile de agua. - Controlar de forma eficiente los problemas por enfermedades en la etapa de producción, ya que puede causar principalmente en el ciclo de Primavera-Verano pérdidas altas al grado de no generar ganancias e inclusive recuperar la inversión de los insumos ocupados.
<p>AMENAZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desinterés de productores por adoptar el sistema hidropónico como una alternativa de producción -Producción de baja calidad. -Poco apoyo institucional para mejorar el programa de producción 	<p>RIESGOS</p> <ul style="list-style-type: none"> - No tener un seguimiento por parte de los capacitadores. -No tener un mercado seguro. 	<p>LIMITACIONES</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pocos recursos económicos, humanos y espaciales para el establecimiento de un sistema hidropónico por ser zonas periurbanas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 2000Agro. (2006). Chile de agua. Sección Agroindustria, Octubre 1. <http://www.2000agro.com.mx/agroindustria/chile-de-agua/>
- Abad B, M. y P. Noguera M. (2000). Los sustratos en los cultivos sin suelo. pp. 137-183. En: M. Urrestarazu G. (ed). Manual de cultivo sin suelo. Mundi Prensa. Almería, España.
- Agrios, G., N. (1997). Fitopatología. Ed. Limusa, México, D. F. Pp.28-40
- Aguilar, V., H., Corona, P. López, L. Latournerie, M., Ramírez, H., Villalón, J., Aguilar, A. (2010). Los Chiles de México y su distribución. SIN-AREFI, Colegio de Postgraduados, INIFAP, IT-Conkal, UNAL y UAN. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 114 p.
- Ambrosio S.,F. (2007). Análisis de los aspectos socio-culturales y económicos del agroecosistema chile de agua (*Capsicum annum* L.) en Cuilapam de Guerrero, Oaxaca. Tesis de Maestría, Oaxaca, México. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. 22-49 p.
- Alba V., C. (2001). Las empresas integradoras en México, Comercio Exterior, Vol. 51, No 2, México, diciembre. 45p.
- Allen, A. (2003). La interface periurbana como escenario de cambio y acción hacia la sustentabilidad del desarrollo. Cuadernos del Cendes. V. 53, Caracas 88-102 p.
- Allen, A. (2004). Governance and service delivery in the peri-urban context: Towards an analytical framework. Informe inédito para el proyecto de investigación Service provision governance in the peri-urban interface of metropolitan areas, Development Planning Unit, University College London 55-76 p.
- Álvarez, L., R. (2006). Las rutas, los productos y el comercio prehispánicos en el sur y sureste de Mesoamérica: un enfoque arqueológico. Instituto de Investigaciones Sociológicas de la Universidad. 88-45 pp.
- Álvarez, G., Martínez V. y Díaz C. (1985). La utilización de la tecnología en dos comunidades del Plan Mixteca Alta, estado de Oaxaca; el caso de las recomendaciones para el maíz de temporal. Agrociencia 61: 113-123.
- Altieri, M. A. (2000). The ecological impacts of transgenic crops on agroecosystem health. Ecosystem Health 6: 19-31.
- Archenti, A. y Ringuélet. R. (2000), La otra ciudad. Oficios Terrestres. Número 7/8. Año VI. 133-145 pp.

- Arias, J. y Melgarejo, L. M. (2000). Ají. Historia, diversidad y usos. Instituto Amazónico de investigaciones científicas Sinchi. Minambiente y Colciencias. 29 p.
- Armar, M. (2000). Urban agriculture and food security, nutrition and health. In: N. Bakker *et al.*, Eds. Growing cities, growing food, urban agriculture on the policy agenda. Felding, Germany: DSE, 99–118.
- Arvizu B., E. (2013). Mercados regionales de Huixcolotla y Zacapoaxtla, Puebla: un enfoque de desarrollo rural. Tesis de Doctorado, Montecillo, Texcoco, Edo. De México. Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. 51-120 p.
- Asher C., J., y Edwards D.,G., (1983)., Modern solution culture techniques. En Pirson A, Zimmermand MH (Eds). Encyclopedia of Plant Physiology. Vol. 15-A. pp 94-119.
- Aspers, P., y Beckert, J. (2008). Märkte. Handbuch der Wirtschaftssoziologie, 225-246.
- Ávila, H. (1997). Agricultura, urbanización y cambios territoriales en el estado de Morelos, en Geografía y Desarrollo (México: Colegio Mexicano de Geógrafos), Núm.14.
- Ávila, H. (2001). Ideas y planteamientos teóricos sobre los territorios periurbanos. Las relaciones campo-ciudad en algunos países de Europa y América: En: Investigaciones Geográficas. UNAM. Núm. 45, México, DF.
- Ávila, H. (2004). La agricultura en las ciudades y su periferia: un enfoque desde la geografía. Investigaciones Geográficas. UNAM. Núm. 53, México, DF p. 25-55
- Banco Mundial. (2010). Informe sobre el desarrollo mundial 2010. Desarrollo y cambio climático. World Bank, Estados Unidos. 60 p.
- Banzo, M. (2005). Del espacio al modo de vida: la cuestión periurbana en Europa Occidental ponencia presentada en el *Seminario Internacional de Estudios Urbano-Rurales*. Cuernavaca: 19-20 febrero
- Barsky, A. (2005). Experiencias de intervención territorial en el cinturón hortícola de Buenos Aires. Análisis de la implementación del programa PRO.A.A.S. En el partido de Pilar. En: Apuntes de Investigación del CECYP, Vol. 1, N° 16.
- Bastida T., A. (2004). Tipificación estructural de invernaderos de láminas flexibles en la zona central de México. Departamento de mecanización y tecnología agraria, Universidad Politécnica de Valencia, España. Universidad de Guanajuato, México. 80 p.

- Bastida T., A. (2006). Manejo y operación de invernaderos agrícolas. UACH AGRIBOT. 238 p.
- Bastida T., A. (2007). Invernaderos: Fábrica de alimentos Imagen agropecuaria www.imagenagropecuaria.com (consulta Diciembre 10, 2012).
- Bastida T., A. (2008). Panorama de los invernaderos en México y en el mundo. In: Módulo II. Diseño Agronómico y Manejo de Invernaderos. Primer Curso de Especialización en Horticultura Protegida. Universidad Autónoma de Chapingo, Departamento de Fitotecnia. Chapingo, México. 143-166 p.
- Bravo P. (2000). Márgenes de comercialización de la carne de res proveniente de la cuenca del Papaloapan, en el mercado de la Ciudad de México. Tesis de Maestría. Centro de Economía. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo de México. 45-78 p.
- Bukasov, S., M. (1981). Las plantas cultivadas de México, Guatemala y Colombia. Trad. Jorge León. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 168 p.
- Caetano, A. y Mendoza, M. (1991). Estrategias de transferencia de tecnología para programas productivos de cultivos básicos en México. En: Comunicaciones para el cambio técnico en la agricultura. CIFAP – México. Chapingo, Edo. De México. 96-112 p.
- Caldentey A., P. y Haro, T. (2004). Comercialización de productos agrarios. 5ª Ed. Editorial Agrícola Española, S.A. Madrid, España. Pp: 354.
- Calderón, S. (2001). Que son los cultivos hidropónicos y el porqué de la hidroponía, [en línea], Noviembre 22 del 2012, disponible en http://www.drcalderonlabs.com/Publicaciones/Presentacion_De_La_Hidroponia.htm
- Carrasco, G., Izquierdo, J. (1996). La empresa hidropónica de mediana escala: la técnica de la solución nutritiva recirculante (NFT). FAO/Universidad de Talca, Chile. Pp. 21-32.
- Carravedo, M. (2005). Variedades autóctonas de tomate de Aragón. Ed. Centro de investigación de Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA). Gobierno de Aragón. Zaragoza. ISBN: 84-7753-436-5. Pp. 23-55
- Carrillo, E. (2007). Caracterización, evaluación y selección de colectas en base a producción, calidad de fruto y semilla en chile de agua (*Capsicum annuum* L.). Tesis de Doctorado. Montecillo, Texcoco, Edo. De México. Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. 45-90 p.
- Carrillo, J. (2001). Mercados de trabajo en la industria maquiladora, Ed. Plaza y Valdéz y El Colegio de la Frontera Norte, Segunda Edición, México. 48-99 pp.

- Castañeda H., E.; Ambrosio S., F.; Lozano T., S. Díaz Z., G. O. (2005a). Análisis sociocultural del agroecosistema chile de agua (*Capsicum annuum* L.). En: Cuilapam de Guerrero, Oaxaca; México. Oaxaca, México. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca.
- Castañeda H., E., E. Sandoval C., M. Aliphath F. y L. Salazar L. (2005). Análisis socioeconómico y estructural de las unidades de producción en Cuilapam de Guerrero, Oaxaca. Pp. 143-161. *In: Agricultura, ganadería, ambiente y desarrollo sustentable*. M.A. Tornero C., S.E. Silva G., R. Pérez A. y N. Bonilla y F. (eds.). BUAP, Puebla, México.
- Castaño, R., Raigosav E., Blanca E. (2001). Mercados populares mayoristas de alimentos en la zona andina central de Colombia. Manizales. Centro Editorial Universidad de Caldas. Primera edición. Colombia 31 p.
- Castellanos, J. Z. y Borbón, C. M. (2009). Panorama de la Horticultura protegida en México, En: Manual de Producción de Tomate en Invernadero (Eds.). Intagri. Guanajuato, México pp. 1-18
- Castillo P., T. (1990). Los sistemas agrícolas de los Valles Centrales de Oaxaca. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Centro de Edafología. Montecillos, México. p. 16, 70-71, 93-95 y 124.
- Castro. B., R. (1998). Índices nutrimentales en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Tesis de Maestro en Ciencias. Especialidad de Edafología. Instituto de Recursos Naturales. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México, México. 87 p.
- CNA (Comisión Nacional del Agua). (2008). Estadísticas del Agua en México 2008. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (ed.). México, D.F. 233 p.
- Consultora Ambiental GSA, S.A, (2009). Información Básica sobre Hidroponía, [en línea] consultado en Octubre 12 2012, disponible en http://hidroponia.gcaconsultora.com.ar/info_hidrop.html.
- Cucho C., L., F. (2007). Centro de difusión de agricultura urbana, actividades de difusión en el CDAU. Proyecto Profesional, Lima Perú. Centro de difusión de agricultura urbana. 34-49 p.
- Damián H., M. A.; Ramírez V. B.; Parra I., F.; Paredes S., J. A.; Gil M., A.; López O., J. F. y Cruz L., A. (2009). Estrategias de reproducción social de los productores de maíz de Tlaxcala. *Estudios Sociales XVII* (34): 111-146.
- Davis, B. (2004). Nuevos instrumentos normativos y métodos de evaluación en el desarrollo rural y agrícola en América Latina y el Caribe. CUREMIS. FAO. Roma. 2-35 p.

- Drescher, A. (2001). Agricultura urbana ¿una respuesta a la crisis?", Revista Agricultura Urbana, núm. 1, Quito. Ecuador. 56-66 p.
- De Rijck G., Schrevens E., (1997). pH Influenced by the Elemental Composition of Nutrient Solutions. J. Plant Nutr.20: 911-923.
- Díaz, V. (2000). Evolución de los precios, insumos y márgenes de comercialización del trigo, de la harina y del pan. Chile: Universidad de Talca, Facultad de Ciencias Agrarias. (Tesis de Ingeniero Agrónomo) 60 p.
- Ellis, F. y Sumberg, J. (1998). Food Production, Urban Areas and Policy Responses. World Development, Vol. 26, Nº 2, pp. 213-225. Elsevier Science Ltd. Great Britain.
- Entrena, F. (2005). Procesos de periurbanización y cambios en los modelos de ciudad. Un estudio sobre sus causas y consecuencias. Papers, núm. 78, Universidad de Granada, España. 44-82 p.
- FAO. (1996). El Estado Mundial de la agricultura y la alimentación. Análisis Mundial. III Cuestiones escogidas. Roma, Italia. p. 43-57.
- FAO. (1999). La agricultura urbana y periurbana, Comité de agricultura, 15 periodo de sesiones, <http://www.fao.org/DOCREP/MEETING/006/Y8500S.HTM>
- FAO. (1999). Análisis del carácter multifuncional de la agricultura y la tierra. Documento preparado para la conferencia FAO/Países Bajos, Maastricht, Holanda. 22-29 p.
- FAO. (2003). Rethinking the approach to groundwater and food security. AGL Water Publication No.24. Rome 1-18 p.
- FAOSTAT. (2009). Exportaciones: País por producto. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma, Italia. Disponible en: <http://faostat.fao.org/site/342/de-fault.aspx> (consultado en Enero 2013).
- FAOSTAT (2005). Base de datos de estadísticas agrícolas (verificado el 29 de noviembre de 2012). <http://faostat.fao.org/site/340/DesktopDefault.aspx?PageID=340>.
- Fisher, S. (1989). Homesickness, cognition, and health. London: Erlbaum 240-260 pp.
- Galindo, C. y Delgado, J. (2006) Los espacios emergentes de la dinámica rural-urbana en: Problemas del Desarrollo, vol. 37, núm. 147,. México, DF. Pp. 68-99

- Galindo G., G. (2007). El servicio de asistencia técnica a los productores de Chile en Zacatecas. *Convergencia: Revista de ciencias sociales*, ISSN 1405-1435, N° 43 pp.137-165
- García E. (1973). Modificaciones al sistema de Clasificación Climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 2ª. Ed., Universidad Nacional Autónoma de México, D.F. 58-79 p.
- García M., R. (1982). Comercialización del maíz: márgenes de comercialización en México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México.
- García M., R., G. García D. y R. Montero H. (1990). Mercados y comercialización de productos agrícolas. Centro de Economía. Colegio de Postgraduados, Montecillos, Edo. de México. Pp. 120-200.
- García M.,R., García S., A., García S., R. (2003). Teoría del Mercado de Productos Agrícolas. Colegio de Postgraduados, Montecillos, Edo. de México. 99-114 p.
- Gariglio, N. F. y R. Marano. (1997). Fertilización. En: Cultivos bajo invernaderos. Centro de Publicaciones Universidad Nacional del Litoral. Segunda edición. Editorial Hemisferio Sur, S. A. Buenos Aires, Argentina. pp 151-170.
- Garza B., L., E. (2010). Conversión del trabajo en el objeto de estudio. Colegio de Postgraduados y Financiera Rural. Colección Formación para el Financiamiento del Desarrollo Rural, No. 6. 66-84 p.
- Gaytán E., F. (1970). Identificación de los principales problemas, líderes y medios de información actuales y preferidos del ganadero en el estado de Nuevo León. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Escuela de Agricultura y Ganadería, México. 50-68 p.
- Gómez G G; JL Ruiz G y S Bravo G. (1998). Tecnología tradicional indígena y la conservación de los recursos naturales. Documento de Conferencia presentada en el Encuentro Latinoamericano sobre Derechos Humanos y Pueblos Indios en Universidad de San Carlos, Guatemala. 22 pp
- Guigón, L., C. y González P., A. (2001). Estudio regional de las enfermedades del Chile (*Capsicum annuum* L.) y su comportamiento temporal en el sur de Chihuahua, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 19: 49-56.
- Grosso J., C. (1996). Indios, campesinos y mercado. la región de Puebla a finales del Siglo XVIII. Vol. 46, No 2. El Colegio de México. 245-278 p.
- Grupo ETC. (2009). ¿Quién nos alimentará? Preguntas sobre la crisis alimentaria y climática. Artículo consultado en www.etcgroup.es consultado el 17 de Noviembre de 2012.

- Hernández, V., B. (2010). Estrategias de reproducción social en grupos domésticos periurbanos. Un estudio comparativo en tres localidades poblanas. Tesis de Doctorado. EDAR. Colegio de Postgraduados-Campus Puebla. Puebla, Puebla, México. 35-60 p.
- Hernandez, X, E. (1985). Agricultura tradicional y desarrollo. Universidad Autónoma Chapingo, Xolocotzia. Tomo I. Revista de Geografía Agrícola. UACH. p. 419 -421.
- Holman, M. R. y Wilfred W., R. (1961). Botánica general. Traducido en español por Enrique Beltrán. Ed. UTEHA, México. D. F.
- Hunziker, A., T. (1979). South American Solanaceae. A synoptic survey in: Hawkes, J. G., Lester, R. N. y Skelding, A. D. The biology and taxonomy of the solanaceae. Academic Press. London: 49-85 p.
- INEGI. (2003). Anuario Estadístico Oaxaca. Tomo I y II. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Gobierno del Estado de Oaxaca. Aguascalientes, Ags. México. 50-75 p.
- INEGI. (2010). INEGI. Censos Económicos 2010. Resultados definitivos ,[en línea], Enero 23 del 2013, disponible en <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/censos/ce2010/saic/>
- INEGI (2013). México en cifras: geografía de San Pedro Cholula Puebla <http://www.inegi.org.mx/movil/MexicoCifras/mexicoCifras.aspx?em=21140&i=e&tema=geo>
- Juárez H, M. J., G. A. Baca C., L. A. Aceves N., P. Sánchez G., J. L. Tirado T., J. Sahagun C. y M. T. Colinas L. (2006). Propuesta para la formulación de soluciones nutritivas en estudios de nutrición vegetal. *Interciencia*. 31(4):246-255.
- Lara F., S. y Chauvet, M. (1996). Introducción del volumen, en la inserción de la agricultura mexicana en la economía mundial, México, Plaza y Valdés. 77-80 pp.
- Lara H., A. (1998). Soluciones nutritivas para cuatro etapas fonológicas del jitomate. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 88-120 p.
- Latournerie, M. L., J. L. Chávez, M. Pérez, C. F. Hernández, R. Martínez, L. M. Arias y G. Castañón. (2001). Exploración de la diversidad morfológica de chiles regionales en Yaxcabá, Yucatán, México. *Agronomía Mesoamericana*. 12: 41-48.
- León G, M. H., y Martínez T. (2004). Producción de fresa en invernadero. En: Narváez M. G., V. (Ed). *Hidroponía, una nueva cultura agrícola*. Chihuahua, Chihuahua. Pp 151-163.

- Lindón V. Alicia, (2001). De la vida cotidiana a los modos de vida; Cultura y territorio, Identidades y modos de vida; Editorial RNIU, pp. 15, 16, 17 y 24.
- Lombrera, M., M. (2007). Buscan el mercado de la nostalgia. <http://www.eluniversal.com.mx/finanzas/60494.html>. Consultado el 19 de Julio de 2012.
- López, L., P. (1986). El proceso del Chile de agua en la comunidad de San Sebastián Abasolo, Tlacolula, Oax. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca (ITAO 23). Oaxaca. 80 p.
- López L., P. S y Castro, G. F. H. (1989). Al rescate de la diversidad del chile (*Capsicum spp.*) en Oaxaca. Avances del proyecto. Publicación especial. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. INIFAP. Oaxaca, México. 7 p.
- López, L. P. (2002). Manual para la identificación de las Enfermedades postcosecha de los productos: chile, limón, mango, melón, papaya, sandía y tomate, en los Estados de Oaxaca y Guerrero. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). México. 150 p.
- López L., P. y Cano G., M. A. (2003). Módulo demostrativo de fertirriego en los Valles Centrales de Oaxaca. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGARPA)– Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)– Centro de Investigación Regional Pacífico Sur (CIRPS)- Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca (CEVCO). 31 p.
- Losada, A., Hirano, M. y Hirano, T. (1998). Identification of Xenopus SMC protein complexes required for sister chromatid cohesion. *Genes Dev.* 12, 1986-1997.
- Madrid C., J. A. (2007). Cultivo de jitomate mediante hidroponía. Una alternativa viable de inversión. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Del Estado De Hidalgo. 88.90 pp.
- Marulanda, C. y J. Izquierdo. (2003). La Huerta Hidropónica Popular: Manual Técnico. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe 3ª. Edic. Santiago, Chile. 131 pp.
- Marschner H. (1995)., Mineral Nutrition of Higher Plants. 2a ed. Academic Press. San Diego, CA, EEUU. 889 pp.
- Marshall, A. (1879). The Pure Theory of Domestic Values, en IDEM, The Early Economic Writings of Alfred Marshall, 1867-1890, vol.2, editado por J. K. Whitaker, Londres, MacMillan Press, 1975, pp.170-220.

- Mendoza M., S. (1979). Rendimientos de cultivos y necesidades de información técnica de ejidatarios, colonos y pequeños propietarios del Valle del Yaqui, Sonora. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, México. 60-65 p.
- Molden, H., Sakthivadivel y Makin. (2003). Water Productivity Framework for Understanding and Action, In: J. W. Kijne, Randolph Barker, D. J. Molden, Water productivity in agriculture: limits and opportunities for improvement, Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture Series, Cabi Publishing. 210-223 pp.
- Montes, O. (2000). Cultura, etnicidad y migración: los zapotecos en Los Ángeles, California. Cuadernos Agrarios, No. 18, julio-diciembre 2000. México, 2000. p. 49.
- Mougeot, J., A. (2000). Urban agriculture: definition, presence, potentials and risks'. In Bakker, N., Dubbeling, M., Gundell, S., Sabel-Koschella, U. and de Zeeuw, H. (eds.), Growing cities, Growing food: Urban agriculture on the policy agenda. A reader on urban agriculture. Deutsche Stiftung fur Internationale Entwicklung (DSE), Germany. Pp. 225-265
- Navarro, H. (2003). Multifuncionalidad social de la agricultura periurbana: elementos metodológicos para su conocimiento y desarrollo, Seminario Agricultura Periurbana Multifuncionalidad Social y Reconstrucción Territorial, febrero 2003, México, DF. 80-115 pp
- Navarro, H. (2005). Transformaciones de los territorios periurbanos y sus agriculturas: el uso de recursos de interés público en el Valle de México. En: Lo urbano-rural, nuevas expresiones territoriales. Ávila S. H. (Coord.) Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias-UNAM.
- Namesny A. (2006). Pimientos. Compendios de Horticultura 16. 2da Ed. De Horticultura, Barcelona, España. 2006. 167.
- Nuez F., R. Gil O., Costa J. (2003). El cultivo de pimientos, chiles y ajíes. Reimpresión. Ediciones Mundi-Prensa. Barcelona España. 611 p.
- Oiedrus. (2010). Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable de Oaxaca, Estadística básica agrícola 2010. Consultado en http://www.oiedrus-portal.gob.mx/oiedrus_oax/ el Jueves 27 de Septiembre 2012.
- Olmedo, C.,B. (2007). II Seminario-taller de la Unidad de Investigación en Economía Industrial del Instituto de Investigaciones Económicas (IIEc), UNAM, Los grandes problemas de la industria en México, IIEc, UNAM, Ciudad Universitaria, D.F, México.

- Papadopoulos A., P. (2004). Manejo del ambiente y de los factores nutrimentales para la producción de tomate de alta calidad en invernaderos. En: Narváez M. G., V. (Ed). Hidroponía, una nueva cultura agrícola. Chihuahua, Chihuahua. Pp 151-163.
- Paré, L. (1975). Tianguis y economía capitalista. Nueva Antropología. Revista de Ciencias Sociales, (2), 85-94.
- Pavón, G. (2004). Caracterización Morfológica Y Revisión Taxonómica de *Capsicum* spp. (Ajíes) y *Cucurbita* spp (Calabazas) en la Granja de la UNORCAC, Cantón Cotacachi. Tesis, Universidad Técnica del Norte. Instituto de Post-Grado, Maestría en Manejo de Recursos Naturales. Ibarra.
- Pazos M., W., A. (2012). Caracterización fisicoquímica del fruto y producto postcosecha para dar valor agregado al chile de agua (*Capsicum annuum* L.) Reporte de estadía, Universidad Tecnológica de Puebla, Puebla, México. ,8-25 p.
- Pérez, E. (2004). Recetario Mixe de Oaxaca. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, México, D.F. 155 p
- Pérez G., M., y R. Castro B. (1999). Guía para la producción intensiva de jitomate en invernadero. Boletín de divulgación # 3. Programa Universitario de Investigación y Servicio en Olericultura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. 58 p.
- Pérez, M.L., Durán. M., R. Ramírez., P.J. Sánchez R. y Olalde P. (2003). Compatibilidad fisiológica y sensibilidad a fungicidas de aislamientos de *Phytophthora capsici* Leo. Revista Mexicana de Fitopatología 21: 19-25.
- Pérez G., I. y Aguilar S., A. (2011). Tiempo Severo en México, Fenómenos Meteorológicos Extremos. Centro de Ciencias de la Atmosfera, UNAM, México. 51-67 pp.
- Perry L, K. y Flannery V. (2007). Precolumbian use of chili peppers in the Valley of Oaxaca, Mexico. Proc. Nat. Acad. Sci. USA 104:11905-11909 65-77 pp.
- Pieter de Rijk. W. (2008). Evolución del sector de agricultura protegida en México. <http://www.amhpac.org/contenido/plan> consulta: (Diciembre 10, 2012).
- Phillips, David, Keith W., Gavin A., Judith C., Matt C., Phillip K., David S., Katie W., Ian B., Kegang W. and Annie H. (1999). Literature review on periurban natural resource conceptualization and management approaches, Final Technical Report, DFID Natural Resources Systems Programme, Project R6949, University of Nottingham and University of Liverpool, pages 5–6.
- Postel, S. L. (2003). Securing water for people, crops, and ecosystems: New mindset and new priorities. Natural Resources Forum 27(2): 89–98.

- Ramírez, B. (2003). La vieja agricultura y la nueva ruralidad: enfoques y categorías desde el urbanismo y la sociología rural, en: *Sociológica*, Año 18, Núm. 51.
- Ramos, F. (2007). Módulos de capacitación en cultivo de chile (*Capsicum annuum* L.) con acolchado plástico y riego por goteo en campos de productores. Investigación y Ciencia. Universidad autónoma de Aguascalientes. Número 39, septiembre-diciembre 2007.
- Raviv, M., Wallach, A. Silber y Bar A. (2002). Substrates and their analysis.. En: D. Savvas and H. Passam (eds). *Hydroponic production of vegetable and ornamental*. Embryo publications. Athens, Greece. p 25-101.
- Resh, H.M. (1997). *Cultivos Hidropónicos*, 4th ed., Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. 509 p.
- Resh, H. M. (2001). *Cultivos hidropónicos, Nuevas técnicas de producción*. 5ª Edición. Ediciones Mundi Prensa. 558 p.
- Rosegrant, M., Cai, X. (2002). Global water demand and supply projections part 2: Results and prospects to 2025. *Water International* 27(2): 170–182.
- Rodríguez D., A. (2004). Formulación de soluciones nutritivas. In: Narváez M. G., V. (Eds). *Hidroponía, una nueva cultura agrícola*. Chihuahua, Chihuahua pp 41-58.
- Rodríguez G., G., Gil, F.G. y García, J.E. (1999). Metodología de la investigación cualitativa. Ediciones Aljibe. 2ª Ed. Maracena, Granada. 377 p.
- Rodríguez J., Peña O., B.,V., Gil M. A., Martínez C., B., Manzo F y Salazar L. (2007). Rescate in situ del chile poblano en Puebla, México. *Revista de Fitotecnia Mexicana* 30 (1): 1- 9.
- Ruiz O. M., D. Nieto R. y I. Larios R. (1949). *Tratado Elemental de Botánica*. Ed. Purria, México, D. F. 726 p
- Sánchez, C., F. (2005). *Perspectivas de la agricultura protegida. Notas del diplomado internacional en agricultura protegida*. Instituto de horticultura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 251 p.
- SAGARPA. (2012). *Agricultura protegida*. <http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Paginas/Agricultura-Protegida2012.aspx> (Consulta Noviembre 2012).
- Savvas, D. (2001). Nutritional management of vegetables and ornamental plants in hydroponics. In: Dris, R., R. Niskanen, and S.M. Jain (eds). *Crop Management and Postharvest Handling of Horticultural Crops*. Volume I: Quality Management. Science Publishers, Enfield, N.H., U.S.A.: pp. 37-87.

- Segal B., G. (1989). *Chemistry: Experiment and Theory*. Wiley. Nueva York, EEUU. 1008 pp.
- Seminis, (2006). *Pepper EggPlant Disease Guide*. CA. USA. 32 p.
- Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2012). *Producción agrícola por cultivo*. Disponible en línea: <http://www.siap.gob.mx>. Consultado el 12 de Octubre de 2012.
- Schnitzler, W.H., Holmer, R.J., y Heinrich, V.B. (1998). Urban agriculture-an essential element in feeding the world's cities. *Development and cooperation*, 5, 26–27.
- Shepherd C., S. (1946). *Marketing para productos*. Iowa State College Press, Ames. Pag 151.
- Shepherd C. (2003). *Estudio de mercados agroindustriales. Guía de extensión en comercialización 3. Servicio de mercadeo y finanzas rurales*. FAO.Roma, Italia en www.fao.org
- Silva L., I. (2003). *Metodología para la elaboración de estrategias de desarrollo local*. Serie Gestión Pública No. 42. ILPES-CEPAL, Santiago de Chile, 64 pp.
- Smith G., Johnston C. y Cornforth I. (1983). Comparison of Nutrient Solutions for Growth of Plants in Sand Culture. *New Phytol.* 94: 537-548.
- Steiner A., A. (1961). A Universal Method for Preparing Nutrient Solutions of a Certain Desired Composition. *Plant Soil.* 15: 134-154.
- Steiner A., A. (1966). The Influence of the Chemical Composition of a Nutrient Solution on the Production of Tomato Plants. *Plant Soil.* 24: 434-466.
- Steiner A., A. (1968). Soilless culture. En *Proc. 6th Colloq. Int. Potash Inst. Florence, Italy.* pp. 324-341.
- Steiner A., A. (1984). The universal nutrient solution. In: *Sixth International Congress on Soilless Culture. Proceedings International Society for Soilless Culture*. Lunteren, The Netherlands pp 633-650.
- Steiner A.,A. (1973). The Selective Capacity of Tomato Plants for Ions in a Nutrient Solution. En *Proc. 3rd Int. Cong. Soilless Cult. Sassari, Italy.* pp. 43-54.
- Steiner A., A. (1980). The Selective Capacity of Plants for Ions and its Importance for the Composition and Treatment of the Nutrient Solution. En *Proc. 5th Int. Cong. Soilless Cult.. Wageningen, Holanda.* pp. 83-94.
- Steiner A., A. (1984). The Universal Nutrient Solution. En *Proc 6th Int. Cong. Soilless Cult.* pp. 633-649.

- Thompson, H. C. y Kelly, W. C. (1957). Vegetable Crops. Editorial Mc Graw Hill Book, New York-Toronto-London. 110-135 pp.
- Thurber, W., C. (2007). Preventing and treating homesickness. Child and Adolescent Psychiatric Clinics of North America, 16(4), 112-120 pp.
- Titos M., A. (1978). Márgenes de industrialización y distribución de productos agroalimentarios. Agricultura y Sociedad. Octubre pp. 207-232.
- Tomek, W., y K. Robinson. (1990). Agricultural Product Prices. 3a. ed. Cornell University Press. Ithaca, New York. pp: 82
- Torres, P., J., E. (2000a). Evaluación económica y agronómica de cuatro sistemas de producción de chile dulce (*Capsicum annuum* L.) bajo macrotúnel, en El Zamorano, Honduras. 87-99 pp.
- Torres, P., J., E. (2000b). Sustentabilidad y agricultura urbana. Torres (Coord.). Procesos metropolitanos y agricultura urbana, UAM, México. 20-51 pp.
- Treminio C., R. (2004). Experiencias en agricultura urbana y peri-urbana en América Latina y el Caribe. Necesidades de Políticas e Involucramiento Institucional. Documento de trabajo de RLCP/TCA. N° 001. FAO.
- Ugalde, A., F., J. Tosquy, V., O., H. López, S., E. (2009). Producción de frijol con fertirriego para incrementar la productividad y rentabilidad del cultivo en Veracruz. Folleto Técnico Núm. 46. SAGARPA. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, México. 31 p.
- Vargas T. P. (2007). Caracterización física, química y biológica de polvo de coco y tezontle como sustratos. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 93 p.
- Vargas, T. P.; Castellanos, R. J. Z.; Muñoz, J. J.; Sánchez, G. P.; Tijerina, Ch. L; López, R. R. M.; Martínez, S. C. y Ojo de agua, A. J. L. (2008). Efecto del tamaño de partícula sobre algunas propiedades físicas del tezontle de Guanajuato, México. Agric. Téc. Méx. 34(3):323-331
- Velásquez H, J.C. y Mata, G. B. (2008). Desarrollo Endógeno campesino: Análisis, crítica y perspectiva. UACH, Chapingo, México, 272 p.
- Velásquez, V.R., A.M.M. Medina y R.J.J. Luna. (2001). Sintomatología y géneros de patógenos asociados con las pudriciones de la raíz del chile (*Capsicum annuum* L.) en el norte centro de México. Revista Mexicana de Fitopatología 19: 175-181.
- Verdaguer, C. (2010). La agricultura periurbana como factor de sostenibilidad urbano-territorial. Conclusiones preliminares del estudio de casos desde la perspectiva del planeamiento urbanístico. Monografía (Informe Técnico). E.T.S. Arquitectura (UPM), Madrid, España. 41-64 pp.

Weber, M. (1985). Economía y sociedad. México: FCE. , vol. 1, pp. 5-45.

Zárate C. A. A. (2005). Presión Osmótica de la Solución Nutritiva para Producción de Jitomate Cherry (*Lycopersicum esculentum* Mill Var. Cerasiforme Alef.) en Hidroponía. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo México. 111 pp.

<http://www.diariocomo.com/noticiacom.php?&tid=79459&articulo=Puebla%20exporta%20500%20mil%20toneladas%20de%20jitomate%20rojo>(Revisado el 16 de Marzo de 2012).

ANEXOS

Anexo 1. Costo de la solución Steiner en concentración 125% para un área de 500 m²: ciclo Otoño-Invierno y Primavera-Verano (expresadas en gr y ml).

Producto	Solución 125%	
	Otoño-Invierno (gr.)	Primavera-Verano (gr.)
Nitrato de Potasio	9022,8	10645,4
Nitrato de Calcio	18134,8	21395,8
Sulfato de magnesio	1566,2	1847,8
Ácido fosfórico	110 mL	110 mL
Sulfato de potasio	8929,2	10534,8
Fosfonitrato	3552,2	4190,6
Micronutrientes	892,4	892,4
Precio	\$ 33074,8	\$ 38861,4



Anexo 2. Producción de plántula



Anexo 3. Diseño experimental



Anexo 4. Plantas en crecimiento



Anexo 5. Cosecha de chile de agua