

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE



Memoria de Experiencia Profesional

Prestación de Servicios Profesionales
“Producción de Jitomate Bajo Condiciones de Invernadero”.
2012 – 2014

Presentada por:

JOSÉ ÁNGEL CASTAÑEDA VENEGAS

Como requisito parcial para obtener el título de:
INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

Buenavista, Saltillo, Coah., México
Mayo de 2016.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

Prestación de Servicios Profesionales
"Producción de Jitomate Bajo Condiciones de Invernadero"
2012 – 2014.

Memoria de Experiencia Profesional
Presentada por:

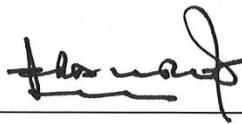
JOSÉ ÁNGEL CASTAÑEDA VENEGAS

QUE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN.

Aprobado por:



Dra. Manuela Bolívar Duarte
Asesor Principal

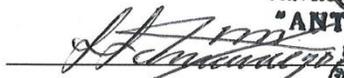


M.C. Luis Edmundo Ramírez Ramos
Asesor



Ing. Rolando Sandino Salazar

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"



Dr. Luis Samaniego More
Coordinador de la División de Ingeniería



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, 15 de Mayo de 2016.
Coordinación de Ingeniería

Dedicatoria:

A mis padres Josefina Venegas Mascorro (+) y José Castañeda, por su amor verdadero, por darme la oportunidad de tener una profesión, por su apoyo incondicional.

A mi esposa Beatriz Martínez Sosa, por su amor, confianza y apoyo cuando más la necesitaba.

A mis hijos Erika Azucena, Mario Alberto y Luis Ángel.

A mis nietos Ángel Yeudiel y Emiliano Sinuhe.

A mis hermanos María Esther, Javier, Carlos y Silvia

Agradecimientos:

A Dios, por la vida y las muchas y grandes bendiciones que he recibido día a día.

A la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, por la oportunidad de ser un profesionista.

A la Dra. Manuela Bolívar Duarte, por su apoyo incondicional y motivador para lograr tan preciado título profesional.

A todos los maestros y personal de mi Alma Mater, que con su apoyo y dedicación permitieron mi formación profesional.

A la empresa AGROSEMOSA, S. DE P. R. DE R. L. DE C. V., por su apoyo para la sistematización de esta memoria de experiencia profesional.

ÍNDICE

RESUMEN	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVO GENERAL.....	3
2.1 Objetivos específicos.....	3
III. JUSTIFICACIÓN	4
3.1 Proceso de certificación de competencia laboral.	6
IV. PROGRAMA DE TRABAJO.....	9
V. REVISIÓN DE LITERATURA	10
5.1 Invernadero.....	10
5.2 El cultivo de jitomate	11
5.2.1 Clasificación taxonómica del jitomate.....	12
5.2.2 Generalidades del jitomate.....	14
5.2.3 Elección del material vegetal	15
5.2.4 Valor nutrimental del jitomate	16
5.2.5 Importancia del cultivo	17
5.2.6 Producción de jitomate en México	18
5.3 Gestión de riego y fertirriego	19
5.3.1 Manejo de riego	20
5.3.2 La fertirrigación en agricultura protegida	21
5.3.3 Formulación de la solución nutritiva	25
5.4 Manejo integrado de plagas y enfermedades	34
5.4.1 Principales plagas y enfermedades de invernadero	35
VI. ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA UNIDAD DE PRODUCCIÓN.....	38
6.1 Descripción de la Finca	38
6.1.1 Descripción de la estructura de los invernaderos.....	39
6.1.2 Empacadora de jitomate.....	41
6.1.3 Semillero.....	41
6.1.4 Cuarto de fertirriego.....	42
6.1.5 Reservorio de agua para riego.....	44
6.2 Labores culturales	46
6.2.1 Subsuelo.....	46
6.2.2 Rastreo.	47
6.2.3 Formación de camas de cultivo.....	48
6.2.4 Incorporación de composta	48
6.2.5 Colocación de cintillas de riego	49
6.2.6 Colocación de acolchado plástico.....	50
6.2.7 Riego de trasplante de plántula	51
6.3 Sistema de plantación.....	51
6.3.1 Plantación de jitomate.....	53
6.3.2 Características del material vegetativo	53
6.4 Manejo de la planta	54

6.4.1	Entutorado.....	54
6.4.2	Poda.....	54
6.4.3	Polinización.....	58
6.4.4	Cosecha.....	59
6.5	Sistema de fertirrigación	60
6.5.1	Componentes del sistema de fertirrigación.....	61
6.5.2	Manejo de la nutrición del cultivo	62
6.5.3	pH de la Solución Nutritiva	73
6.5.4	La disolución de fertirrigación.....	74
6.6	Manejo del riego en el invernadero.....	75
6.6.1	Estrategia para definir la Demanda Hídrica en el invernadero.	76
6.7	Plagas que se presentaron en los invernaderos.....	79
6.7.1	Mosquita blanca.....	80
6.7.2	Paratrioza (<i>Bactericera cockerelli</i> Sulc.) (HOMOPTERA: PSYLLIDAE).....	82
6.7.3	Nematodos	83
6.8	Enfermedades fitopatógenos que se presentaron en los invernaderos.	88
6.8.1	Damping off.....	88
6.8.2	Marchitez del jitomate (<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i>).	89
6.8.3	Cenicilla del jitomate.....	90
VII.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	92
VIII.	DESARROLLO DE CAPACIDADES DEL CAPITAL HUMANO	94
IX.	CONCLUSIONES	96
X.	TRAYECTORIA PROFESIONAL	97
XI.	CERTIFICACIONES Y/O ESPECIALIZACIONES OBTENIDAS	99
XII.	LITERATURA CITADA	100
12.1	Bibliografía.....	100
12.2	Recursos electrónicos.....	102

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición química del jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.).....	17
Cuadro 2. Soluciones nutritivas estándar para jitomate bajo invernadero, basadas en investigaciones hechas por el Ministerio de Agricultura Holandés (1990); Terán <i>et al</i> (2007).....	26
Cuadro 3. Solución nutritiva en función del estado de desarrollo para jitomate, Fernández y Camacho, 2004.	27
Cuadro 4. Concentración de microelementos (ppm) en la solución nutritiva. Fernández y Camacho, (2008).	27
Cuadro 5. Concentración de la solución nutritiva para el cultivo de jitomate en suelo, en sus tres etapas de desarrollo y volumen de riego requerido, Castellanos y Ojodeagua (2009).....	28
Cuadro 6. Fertilizantes recomendados para la fertirrigación en suelo neutro-alcalino (6.5-.5) y en suelos ácido (4.5-6.5).....	31
Cuadro 7. Fuentes de fertilizantes utilizados en la preparación de soluciones nutritivas.....	32
Cuadro 8. Compatibilidad de los fertilizantes.....	33
Cuadro 9. Elementos esenciales de las plantas y su función principal.	34
Cuadro 10. Distribución de fertilizantes para preparar la solución nutritiva en depósitos de 1100 litros.	43
Cuadro 11. Fechas de plantación de tomate en los invernaderos.	53
Cuadro 12. Solución Nutritiva equilibrada iónicamente.....	67
Cuadro 13. Análisis químico del agua de riego.	68
Cuadro 14. Solución nutritiva equilibrada iónicamente calculada para tomate es la siguiente.	68
Cuadro 15. Procedimiento de cálculo para elaborar la solución nutritiva en forma manual en campo.....	68
Cuadro 16. Equilibrio iónico de la solución nutritiva.	69
Cuadro 17. Cantidades requeridas de fertilizante y ácidos por m ³ de agua.	70
Cuadro 18. Pesos atómicos (Pa), moleculares o iónicos (Pm) para los diferentes iones presentes en las aguas de riego y fertilizantes más frecuentes en agricultura, así como su peso equivalente (Pe) en función de la valencia (v).	71
Cuadro 19. Concentración de la solución nutritiva.....	72
Cuadro 20. Programa de riegos para los invernaderos.	76
Cuadro 21. Clasificación de hongos fitopatógenos en las plantas, causantes de Damping off.	88
Cuadro 22. Certificaciones logradas en el Consejo Nacional de Normalización y Certificación de	99
Cuadro 23. Listado de especializaciones logradas.....	99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa Funcional. Representación esquemática del programa de trabajo, establecido en la unidad de producción.....	9
Figura 2. Estados productores de jitomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) en México.....	19
Figura 3. Localización del municipio de Nombre de Dios, Durango.	38
Figura 4. Croquis de ubicación de invernaderos en la empresa AGROSEMOSA, S. DE P. R. DE R. L. DE C. V.....	39
Figura 5. Vista satelital de los invernaderos propiedad de la unidad de producción.....	40
Figura 6. Invernaderos tipo Diente de Sierra.....	40
Figura 7. Vista externa de la empacadora de tomate.....	41
Figura 8. Vista interna de la sala de selección y empaque de tomate.....	41
Figura 9. Invernadero utilizado como plantero.....	42
Figura 10. Depósitos de fertilizante en cuarto de fertirriego.....	43
Figura 11. Reservorio de agua, sección E, F y G.....	44
Figura 12. Análisis químico del agua del pozo profundo con que se irriga el cultivo de tomate.....	45
Figura 13. Subsuelo realizado en el invernadero.....	47
Figura 14. Doble rastreo en el invernadero.....	48
Figura 15. Aplicación de composta.....	49
Figura 16. Colocación de cintilla de riego.....	50
Figura 17. Fenología del sistema convencional del cultivo de tomate en invernadero.....	56
Figura 18. Actividad de deshoje y desbrote.....	57
Figura 19. Distribución de las hojas en una planta de tomate de crecimiento indeterminado.....	58
Figura 20. Esquema de un sistema de fertirrigación.....	61
Figura 21. Distribución de la solución nutritiva en el sistema de fertirrigación.....	72
Figura 22. Tensiómetros de 6", colocado en el invernadero para monitorear la humedad del suelo.....	78
Figura 23. Tensiómetro de 12", colocado en el invernadero para monitorear la humedad en el suelo.....	78
Figura 24. Tensiómetros de 6" y de 12" colocados en el invernadero para monitorear la humedad en el suelo.....	79
Figura 25. Paratricia (Bactericera cockerelli Sulc).....	82
Figura 26. Forma y tamaño de algunos géneros de nematodos fitoparasíticos. (Según Agrios 1996; Román y Acosta, 1984).....	84
Figura 27. Damping off en planta de tomate.....	88

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Crecimiento anual de la horticultura en invernaderos en México.	11
Gráfico 2. Rendimiento por semana de tomate tipo saladette (F1 el Cid), en suelo en la unidad de producción AGROSEMOSA, S. DE P. R. DE R. L. DE C. V., Nombre de Dios, Dgo....	92

RESUMEN

El presente trabajo de memoria de experiencia profesional se llevó a cabo en la empresa AGROSEMOSA, S. DE P. R. DE R. L. DE C. V., localizada en el municipio de Nombre de Dios, del estado de Durango, y cuyo objetivo primordial es la producción de hortalizas, principalmente el cultivo de jitomate (*Lycopersicon esculentum Mill.*), bajo agricultura protegida.

El servicio profesional otorgado de forma externa a la empresa a través de una asesoría técnica integral, considero las actividades operativas; manejo del invernadero, sistema de fertirriego, nutrición, control de plagas y enfermedades y además del desarrollo de capacidades del capital humano, mediante cursos de capacitación en campo. El servicio profesional, fue contratado por los productores, a través del Programa de Desarrollo Rural, componente de Extensión e Innovación Productiva (CEIP), de la SAGARPA y que hoy en día está enfocado por la institución, como Extensionismo Holístico, el cual considera el acompañamiento técnico al productor en toda la cadena de valor y sustentada en la gestión de la innovación y la certificación de las competencias laborales de los profesionistas demostrando sus valores, habilidades, capacidades y conocimientos, avalado por un certificado de competencias laborales otorgado por el Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias laborales (CONOCER).

Correo Electronico; José Ángel Castañeda Venegas, agi.durango@hotmail.com

Palabras Clave: Servicios Profesionales, Extensionismo Holístico, Agricultura Protegida,

Jitomate (*Lycopersicon esculentum Mill.*), Certificado de Competencias laborales.

I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de memoria de experiencia profesional, lo presento como medio de obtener mi título de Ingeniero Agrónomo de la especialidad de irrigación de la cual egrese en el año de 1983, de la generación 59. Soy originario del estado de Durango, y el motivo por el cual ingrese a la carrera de ingeniero agrónomo, fue primero, por un logro personal para ejercer como profesionista en el medio rural y segundo el desarrollar actividades en bien de los productores rurales de México.

La memoria de experiencia profesional, está basada como Prestador de Servicios Profesionales, en Agricultura Protegida del año 2012 al 2014, muy específicamente en la producción de jitomate indeterminado. La Prestación del Servicio Profesional fue realizada a la empresa AGROSEMOSA, S. DE P. R. DE R. L. DE C. V., empresa originaria del estado de Durango, cuyo objetivo es la producción de hortalizas bajo ambiente controlado. Entre las características que la distinguen se encuentra ser una empresa en constante evolución, determinada ésta por la incorporación de innovaciones en sus diversos procesos productivos y organizativos. A lo largo de su desarrollo en la empresa el proceso de gestión de la innovación ha sido constante y acumulativo, sumando para su adopción una serie de esfuerzos y actores que con sus contribuciones han permitido generar, aplicar y valorar una serie de cambios y mejoras novedosas en su equipo.

Las empresas son cada vez más conscientes del rol que la innovación juega en su futuro, así como en la necesidad de gestionar la innovación a fin de lograr una mayor competitividad, Igartua, (2009). Además menciona que la innovación es un factor de competitividad y como un

fenómeno social que expresa la creatividad, tanto de las personas, como de la sociedad en su conjunto. La innovación como factor de competitividad hace referencia a los procesos, incrementando la productividad; a los productos, permitiendo su diferenciación; y hace referencia a las organizaciones, incorporando nuevas formas de gestión.

Espejel, (2010), menciona que el conocimiento y la innovación se han constituido en la base del desarrollo económico y social de los países.

Para los países, empresas y agricultores que se encuentran a la vanguardia de la economía mundial, el balance entre *conocimientos* y recursos se ha desplazado hacia los primeros hasta el extremo de que han pasado a ser el factor más determinante del nivel de vida más que los recursos naturales, el capital y la mano de obra barata. Así, las economías más desarrolladas están firmemente basadas en *conocimientos*. En efecto, diversos estudios econométricos revelan que aproximadamente la mitad de las diferencias entre países en cuanto al ingreso per cápita y el ritmo de crecimiento son resultado de las diferencias en la productividad total de factores (PTF), generalmente atribuida al desarrollo tecnológico y a la capacidad innovadora. Estos términos deben entenderse en sentido amplio, en referencia no sólo a la capacidad de comprometerse en actividades de investigación y desarrollo que eventualmente pueden o no redundar en nuevos productos, sino también en referencia al uso eficiente de tecnologías y a la adopción y adaptación de otras nuevas (Ferranti *et al.*, 2003; Hall y Jones, 1999; Dollar y Wolf, 1997; Santoyo, *et al.*, 2011).

II. OBJETIVO GENERAL

Contribuir al desarrollo de la empresa con una asistencia técnica integral, basada en gestión de la innovación que permita incrementar la competitividad en el sistema de producción de jitomate bajo condiciones de invernadero.

2.1 Objetivos específicos

- Establecer un programa de labores culturales y de manejo de planta de jitomate.
- Gestionar un programa de fertirrigación considerando las etapas fenológicas del cultivo.
- Establecer un programa de sanidad vegetal en el cultivo de jitomate.
- Desarrollar las capacidades en el Capital Humano mediante cursos de capacitación de manera presencial grupal.

III. JUSTIFICACIÓN

El presente informe de memoria de experiencia profesional presentado por el pasante José Ángel Castañeda Venegas tiene como fin primordial, el lograr obtener el título de ingeniero agrónomo con especialidad en irrigación. Este proyecto de memoria de experiencia profesional, consiste en la descripción de las actividades desarrolladas como asesor técnico en la empresa AGROSEMOSA, S. de P. R. de R. L. de C. V., cuyo fin principal, es la producción de jitomate de tipo indeterminado bajo condiciones de invernadero para el mercado regional y nacional.

El informe está compuesto principalmente por las actividades operativas, manejo del invernadero, sistema de fertirriego, nutrición y control de plagas y enfermedades y además del desarrollo de capacidades del capital humano, mediante cursos de capacitación en campo.

El Servicio Profesional a la empresa productora de jitomates, se realizó de forma externa, a través de un contrato de prestación de servicios que se celebra entre las partes involucradas, llámese empresa el contratante y prestador de servicios profesionales el contratado. Los recursos económicos para solventar el contrato de prestación de servicios, son a través de una solicitud de subsidio federal y estatal al programa Integral de Desarrollo Rural, de la SAGARPA, componente, *Extensión e Innovación Productiva* (CEIP) cuyo objetivo específico del programa es: *Incrementar la producción de alimentos mediante incentivos para la adquisición de insumos, construcción de infraestructura, adquisición de equipamiento productivo; realización de obras y prácticas para el aprovechamiento sustentable de suelo y agua; proyectos integrales de desarrollo productivo; desarrollo de capacidades y servicios profesionales de extensión e innovación rural; fortalecimiento de las organizaciones rurales y esquemas de aseguramiento*

para atender afectaciones provocadas por desastres naturales, y el cual está publicado en el Diario Oficial de la Federación del día miércoles 18 de diciembre de 2013, específicamente, las reglas de operación de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

La población que atiende el programa son productores y grupos de personas; personas físicas y morales; que realizan actividades agrícolas, pecuarias, acuícolas y pesqueras; en zonas rurales y periurbanas. La prestación de los servicios profesionales en el medio rural en México, tuvo auge a partir del año del 2002, aunque fue promovida y publicada en el año del 2001, a través de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable en su título tercero, referido a “del Fomento Agropecuario y de Desarrollo Rural Sustentable”, capítulo III, “de la Capacitación y Asistencia Técnica”, menciona en su artículo 41:

Artículo 41.- Las acciones en materia de cultura, capacitación, investigación, asistencia técnica y transferencia de tecnología son fundamentales para el fomento agropecuario y el desarrollo rural sustentable y se consideran responsabilidad de los tres órdenes de gobierno y de los sectores productivos, mismas que se deberán cumplir en forma permanente y adecuada a los diferentes niveles de desarrollo y consolidación productiva y social. El gobierno federal desarrollará la política de capacitación a través del Sistema Nacional de Capacitación y Asistencia Técnica Rural Integral (SINACATRI), atendiendo la demanda de la población rural y sus organizaciones.

Las acciones y programas de capacitación, asistencia técnica y transferencia de tecnología, se formularan y ejecutaran bajo criterios de sustentabilidad, integralidad, inclusión y participación. Se deberán vincular a todas las fases del proceso de desarrollo, desde el diagnóstico, la planeación, la producción, la organización, la transformación, la

*comercialización y el desarrollo humano; incorporando, en todos los casos, a los productores y a los diversos agentes del sector rural, y atenderán con prioridad a aquellos que se encuentran en zonas con mayor rezago económico y social.*¹

3.1 Proceso de certificación de competencia laboral.

A la mayoría de los prestadores de servicios profesionales no les gusta pasar por un proceso de selección, ya que ello implica poner sus capacidades al descubierto. Por otra parte, es fácil comprender la dificultad con la que se encuentra la persona (o equipo) encargada de llevar a cabo esta selección, enfrentada a una serie de candidatos (a veces numerosos) y cada uno de ellos con la correspondiente argumentación afirmando ser el profesional más idóneo, Aguilar, *et al.*, 2010.

Gallart y Jacinto, 1995; López y Chaparro (2006), mencionan que las relaciones entre educación y trabajo, así como las relaciones laborales vienen recurriendo al enfoque de competencias, como recurso para enfrentar los desafíos que plantea el aumento de la competitividad y los crecientes requerimientos de profesionalizar la gestión del recurso humano.

CONOCER (2015), las competencias de las personas son los conocimientos, habilidades, destrezas y comportamientos individuales, es decir, aquello que las hace competentes para desarrollar una actividad en su vida laboral.

La certificación de competencias es el proceso a través del cual las personas demuestran por medio de evidencias, que cuentan, sin importar como los hayan adquirido, con los conocimientos, habilidades y destrezas necesarias para cumplir una función a un alto nivel de desempeño de acuerdo con lo definido en un Estándar de Competencia

¹Ley de Desarrollo Rural Sustentable publicado en el Diario Oficial de la Federación el 7/12/2001

El Certificado de Competencia es un documento oficial donde se acredita a una persona como competente de acuerdo a lo establecido en un Estándar de Competencia, y se encuentra en el Registro Nacional de Estándares de competencia. Un Certificado de Competencia reconoce el *saber hacer* de una persona independientemente de la forma en que se haya adquirido el saber, el saber hacer y el ser.

Un Estándar de Competencia es un documento oficial aplicable en toda la República Mexicana que sirve de referencia para evaluar y certificar la competencia de las personas.

Estándares de competencia

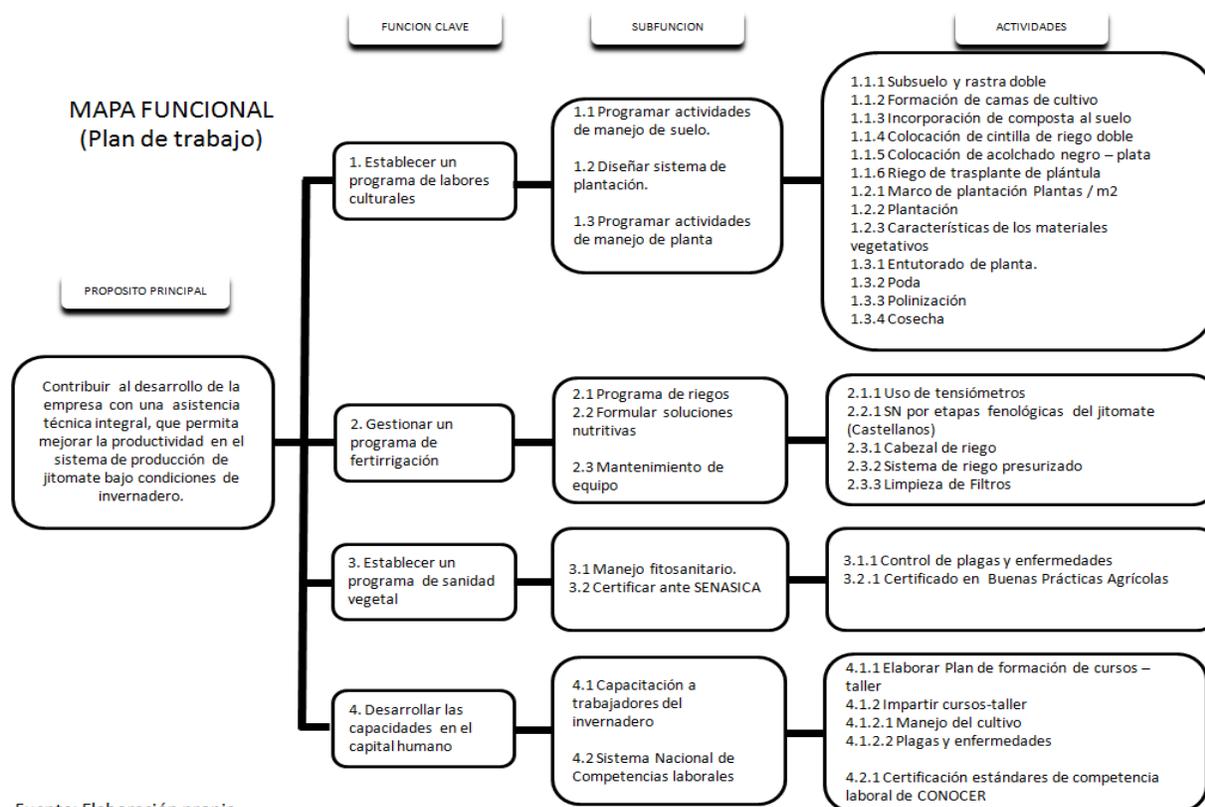
- EC-0217.- Impartición de cursos de formación del capital humano de manera presencial grupal.
- EC-0224.- Asesoría en el proceso de producción bovino leche
- EC-0020.- Formulación del Diseño de proyectos de inversión rural.
- EC-0069.- Consultoría a Empresas Rurales.
- EC-0070.- Coordinación de Acciones para la puesta en marcha de proyectos de inversión del sector rural.
- EC-0076.- Evaluación de la competencia de candidatos con base en estándares de competencia.
- EC-0222.- Asesoría, asistencia técnica y capacitación en el sistema bovino de doble propósito.
- EC-0225.- Asesoría en los procesos de producción del sistema producto bovinos carne.
- EC-0301.- Diseño de cursos de formación del capital humano de manera presencial grupal, sus instrumentos de evaluación y manuales del curso.

Además del incentivo económico que como política de la SAGARPA les otorga a los PSP's o extensionistas por el hecho de estar certificados les ofrece otros beneficios como aseguramiento de la calidad del trabajo realizado, aumenta las posibilidades de contratación en las empresas más competitivas del país, incrementa las oportunidades de aumento salarial o promoción del puesto, los conocimientos y metodologías adquiridas en el proceso de certificación pueden ser transferidas a otros campos de actividad laboral, y aumenta la seguridad profesional al desempeñar labores en el trabajo realizado elevando su competitividad. SAGARPA (2015), en sus reglas de operación 2015; capítulo 2, Programa Integral de Desarrollo Rural; sección VI, componente de Extensión e Innovación Productiva, en su artículo 145, considera que el monto máximo mensual para el pago de los extensionistas será de \$20,000.00 (Veinte mil pesos 00/100 m. n.); para extensionistas con posgrado o *certificado de competencias* será de \$24,000.00 (Veinticuatro mil pesos 00/100 m. n.)

IV. PROGRAMA DE TRABAJO

El programa de trabajo desarrollado en la empresa, se presenta a continuación y esta esquematizado a través de un mapa funcional.

Un *Mapa Funcional* (MP) es la representación gráfica del conjunto estructurado de las funciones laborales (programa de trabajo) que se requieren para alcanzar los resultados previstos en una función global denominada Propósito Principal.²



Fuente: Elaboración propia

Figura 1. Mapa Funcional. Representación esquemática del programa de trabajo, establecido en la unidad de producción.

² Guía técnica para el desarrollo del mapa Funcional. Sistema Nacional de Competencia Laboral. CONOCER. 2010

V. REVISIÓN DE LITERATURA

5.1 Invernadero

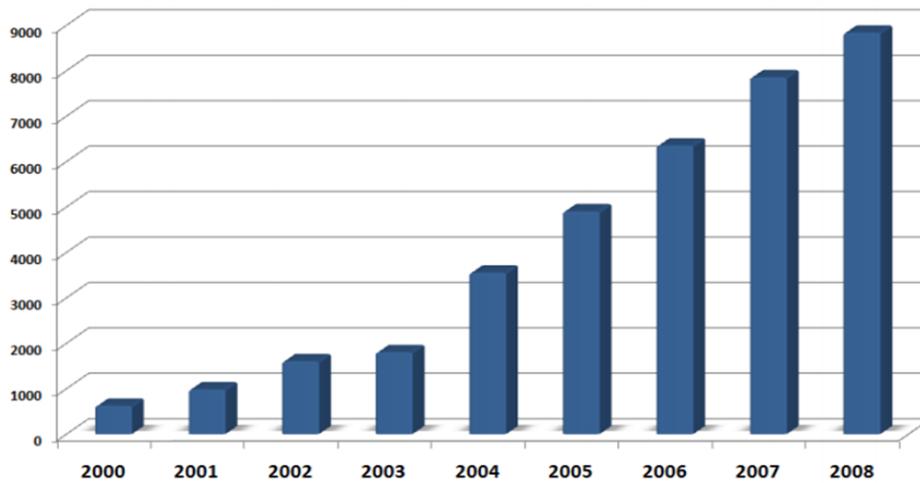
La horticultura protegida se define como el sistema de producción que permite modificar el ambiente natural en el que se desarrollan los cultivos hortícolas, con el propósito de alcanzar un crecimiento óptimo y con ello, un alto rendimiento (Castellanos y Borbón, 2009). Por otra parte, Muñoz (2009), define al invernadero, desde el punto de vista como proyecto y construcción, de acuerdo a la norma de la Unión Europea: UNE-EN-13031-1, “el invernadero es una estructura usada para el cultivo y/o protección de plantas y cosechas, el cual optimiza la transmisión de radiación solar bajo condiciones controladas, para mejorar el entorno del cultivo y cuyas dimensiones posibilitan el trabajo de las personas en su interior”.

La agricultura protegida, es un sistema de producción realizado bajo diversas estructuras, con la finalidad de proteger los cultivos, al minimizar las restricciones y efectos que imponen los fenómenos climáticos (Moreno *et al.*, 2011; Trejo, 2014).

De acuerdo con Castañeda *et al.*, (2007), Gutiérrez 2011, el sistema de producción en invernadero ofrece la ventaja de que establece una barrera entre el medio ambiente externo y el cultivo. Esta barrera crea un microclima que permite protegerlo del viento, granizo, heladas, plagas, enfermedades, hierbas y animales. Esta protección además permite controlar la temperatura, la cantidad de radiación solar, la humedad y hacer un control químico y biológico efectivo para proteger el cultivo, con lo que se puede lograr rendimientos más altos que en el sistema tradicional a campo abierto.

Una de las principales características de la producción en invernadero, es que se puede regular el crecimiento por medio del control del clima (temperatura, humedad relativa, etc.), así como tener una mejor eficiencia en el manejo y aplicación del agua de riego, de la nutrición, control de plagas y enfermedades, además de que si se cultiva bajo el sistema de hidroponía se facilita el manejo de la planta y se pueden hacer ciertas labores especiales, esto con el propósito de que el genotipo exprese su máximo potencial de rendimiento y calidad (Zarate, 2007).

Castellanos, y Borbón, (2009), mencionan que en una encuesta con una serie de actores de la agricultura protegida en México, se estimó que la superficie de invernaderos, incluidas las casas sombras, asciende a 8,934 ha, superficie estimada al mes de junio de 2008.



Fuente: Intagri; Panorama de la Horticultura Protegida en México (2009)

Gráfico 1. Crecimiento anual de la horticultura en invernaderos en México.

5.2 El cultivo de jitomate

El jitomate es uno de los cultivos hortícolas más redituables en el mundo (Hilhorst *et al.*, 1998, Zarate, 2007), México está considerado a nivel mundial como el centro más importante de

domesticación del jitomate. Esta hortaliza fue llevada a Europa en 1551, empezando a comercializarse en Estados Unidos hacia el año 1835 (Ojo de agua, 2007; Zarate, 2007).

Muñoz, (2009), menciona que considerando la superficie dedicada a su cultivo y el valor de la producción, el jitomate es la hortaliza número uno en el mundo.

En una agricultura tradicional un productor de jitomate llega a producir en promedio 75 t ha⁻¹/año, con una gran cantidad de agua utilizada y desperdiciada por evaporización e infiltración. En invernadero es posible producir más de 200 t ha⁻¹ aprovechando al máximo el agua, esto, siempre y cuando los productores utilicen tecnología sofisticada y tengan los conocimientos necesarios (Garza y Molina, 2008; Saucedo, *et al.*, 2014).

La alta demanda en los mercados y su valor comercial, además de la posibilidad de sembrar en épocas en condiciones climáticas desfavorables, justifica la importancia de la inversión en el desarrollo de proyectos de este tipo bajo ambiente protegido (Jaramillo, *et al.*, 2007; Rosas, *et al.*, 2014).

5.2.1 Clasificación taxonómica del jitomate

Botánicamente el jitomate fue descrito por primera vez en 1753 por Linneo como *Solanum lycopersicon* L., pero sería Miller, en 1786, quien lo designaría *Lycopersicon esculentum*, vigente casi hasta nuestros días. En la actualidad, la nomenclatura botánica propuesta por el Sistema de Información Taxonómica Internacional (del inglés ITIS, una asociación internacional conformada por Estados Unidos de América, Canadá y México, y aceptada es *Solanum lycopersicum* L. (Fernández, *et al.*, 2007; Rentería, 2013). En México esta propuesta ha sido avalada por la comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de Biodiversidad (CONABIO) (San Martín, 2011; Rentería, 2013).

El origen del género *Lycopersicon* se localiza en la región andina que se extiende desde el Sur de Colombia al Norte de Chile y desde la costa del Pacífico (incluidas las islas Galápagos) a las estribaciones orientales de los Andes, comprendiendo los países de Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Chile (Esquinas- Alcázar y Nuez, 1995; Matas, 2005)). Sin embargo, parece que fue en México donde se originó el cultivo del jitomate, muy probablemente a partir de *L. esculentum* var. *cerasiforme*, único *Lycopersicon* silvestre que crece como mala hierba y que se encuentra fuera del área de distribución del género. A la llegada de los españoles a América, el jitomate estaba integrado en la cultura azteca y en la de otros pueblos del área mesoamericana, existiendo diversidad de tamaños, formas y colores del fruto por lo que se considera que se había formado un centro de diversificación secundario de la especie. El vocablo jitomate no se introdujo en la lengua castellana hasta 1532, procedente del náhuatl *tomatl*, aplicado genéricamente para plantas con frutos globosos o bayas, con muchas semillas y pulpa acuosa. Para precisar la especie se empleaba un prefijo calificativo, así para *L. esculentum* se usa *xitomatl* (jiljitomate) mientras que la especie más apreciada y empleada por los aztecas, *Physalis philadelphica* Lam., se denominaba *miltomatl*, jitomate de milpa o simplemente jitomate (Matas, 2005).

Nuez, (1999); Lacarra y García (2011), mencionan que el jitomate es una planta perteneciente a la familia de las solanáceas, denominada científicamente *Lycopersicum esculentum* Miller, potencialmente perenne y muy sensible a heladas, lo que delimita su ciclo anual, de distinta duración según la variedad. A continuación se describe su taxonomía.

Taxonomía de la planta de jitomate

Clase: *Dicotyledoneas* Orden: *Solanales* (Personatae) Familia: *Solanaceae* Subfamilia: *Solanoideae* Tribu: *Solaneae* Género: *Lycopersicon* Especie: *esculentum*, Vallejo y Estrada (2004); Lacarra y García (2011).

5.2.2 Generalidades del jitomate

La semilla del jitomate es de forma lenticular con dimensiones aproximadas de 5 x 4 x 2 mm y está constituida por el embrión, el endospermo y la testa o cubierta seminal. El embrión lo forman una yema apical, dos cotiledones, el hipocótilo, y la radícula. La testa o cubierta seminal es de un tejido duro e impermeable (Muñoz, 2009).

Su sistema radicular es potente, con una profunda raíz principal y numerosas raíces secundarias, además emite con gran facilidad raíces adventicias en el tallo cuando entra en contacto con el suelo. Su tallo es anguloso y cubierto de pelos glandulares. El hábito de crecimiento del cultivo de jitomate puede ser determinado o indeterminado, las variedades de crecimiento determinado son las que una vez emitidos un número determinado de racimos florales, la planta emite un último racimo floral, dando por terminado el crecimiento de la planta; las de crecimiento indeterminado emiten continuamente en su punto de crecimiento racimos florales y la finalización del cultivo se da por decisión del productor o considerando las ventanas comerciales ya sean nacionales o internacionales. Las hojas son alternadas e imparipinadas, con un número de 7-9 foliolos, e igualmente están cubiertas con pelos glandulares. Con respecto a la floración, está formada por racimos simples, donde aparecen de 3-10 flores en jitomate bola. El fruto es una baya de forma globosa y, por lo general, de color rojo cuando madura, pudiendo ser su superficie lisa o asurcada (Jiménez- Borjas, 2009; Muñoz-Ramos, 2009; Villasana, 2010).

5.2.3 Elección del material vegetal

Muñoz (2009), Considera que la producción final del cultivo tiene mucho que ver con la decisión que se haya tomado a la hora de elegir el material, aspecto que es de gran trascendencia. En primer lugar, la variedad tiene que ser del tipo de jitomate que demande el mercado y buen comportamiento en vida de anaquel. Además, debe ser productiva tanto cuantitativa como cualitativamente bajo las condiciones de clima, suelo, sistema de cultivo e infraestructura y medios de que se dispongan. Además considera que en México, el 80 por ciento de la producción de jitomate se destina al consumo interno y principalmente los jitomates son del tipo Saladette. Mientras que para la exportación, los jitomates “bola” o tipo Beaf (grandes y carnosos) son los que demanda el consumidor norteamericano y en pequeña escala algunos consumidores selectos de México, como restaurantes y ciertas cadenas de comida rápida (Mc Donald, Burguer King, etc.). Independientemente del mercado de destino, los frutos de la variedad a plantar deben tener buena conservación, característica que influye en una mejor comercialización y venta posterior.

Variedades de tipo indeterminado. Pueden crecer indefinidamente si se encuentran en condiciones óptimas, se caracterizan por desarrollar tallos largos y mucho follaje. Los extremos del tallo están formados por yemas terminales vegetativas. Son los preferidos para el cultivo bajo el sistema de estancado. En cultivares de crecimiento indeterminado la primera inflorescencia suele aparecer tras la 7^a a la 11^a hoja (Geisenberg y Stewart, 1986; 1995; Zarate, 2007)

Los sistemas convencionales de producción de jitomate que se utilizan en los Estados Unidos de América y Europa consisten en la utilización de cultivares tipo bola de crecimiento indeterminado, en donde se tienen densidades de 2 a 3 plantas·m² que llegan a crecer más allá de 3 m de altura. En estos ciclos se logran cosechar a 20 racimos o más por planta por año, lo que implica ciclos que llegan a durar hasta 10 meses desde el trasplante hasta el fin de cosecha.

De esta manera es posible obtener hasta $300 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ /año, siendo el problema principal que se requiere de tecnología, infraestructura y equipo muy sofisticado (Hanan, 1998; Resh, 2002; Bastida 2012).

Santiago, *et al.*, (1998), menciona que es de suma importancia seleccionar para cada zona ecológica específica, los genotipos que se encuentren en su óptima adaptación, para lograr un considerable incremento en los rendimientos por unidad de superficie. La importancia agrícola del cultivo es la gran adaptabilidad que posee para obtener elevadas producciones, ya que permite que se exploten tanto en climas tropicales como en templados de diversas regiones del país.

5.2.4 Valor nutrimental del jitomate

Para el consumidor la calidad de un jitomate viene determinada por los atributos como su apariencia externa, el sabor y características nutritivas. Las variaciones en la calidad de un fruto son numerosas y se deben al tipo de fertilización aplicada (Mullins y Wolt, 1993; González, *et al.*, 2004), características genéticas y fisiológicas (Cuartero y Cubero, 1982; González, *et al.*, 2004) y a los factores ambientales (Gull, *et al.*, 1984; González, *et al.*, 2004).

En la composición química del jitomate se dan grandes variaciones según el cultivar, las condiciones del cultivo, la época de producción, el grado de madurez, el almacenamiento etc. (Vela, 2010).

Cuadro 1. Composición química del jitomate
(*Lycopersicon esculentum* Mill.)

Compuesto	Cantidad
Calorías	21.0
Agua	94.3 g
Carbohidratos	3.3 g
Grasa	0.1 g
Proteínas	0.9 g
Fibra	0.8 g
Ceniza	0.6 g
Sodio	9 mg
Calcio	7 mg
Fosforo	19 mg
Hierro	0.7 mg
Vitamina A	1100 U. I.
Tiamina	0.05 mg
Riboflavina	0.02 mg
Niacina	0.6 mg
Ácido ascórbico	20 mg

Fuente: www.fao.com; citado por (Vela, 2010)

5.2.5 Importancia del cultivo

Con la entrada en vigor del tratado de libre comercio, se han generado una serie de cambios y ajustes mayores en el sector agrícola nacional. Esto se debe a las grandes asimetrías que existen entre la economía de México y las de Estados Unidos y Canadá, y cuyas diferencias resultan de las políticas gubernamentales de largo plazo, del apoyo a este sector. Entre tales diferencias destacan: a) el sistema de financiamiento a la producción, tanto en la disponibilidad de crédito, como en tasas de interés, b) el nivel de desarrollo tecnológico, c) las estrategias de transferencia de tecnología, d) condiciones climáticas para la producción de granos, e) los precios de los insumos y finalmente, f) las políticas de subsidio que ocurren en estos países. (Castellanos, 2004).

Estados Unidos y Canadá demandan anualmente 2.2 millones de ton de jitomate y en México se producen un promedio de 200 t ha⁻¹ bajo invernadero con un 60 por ciento de producto exportable (120 t ha⁻¹), siendo el consumo per cápita de 8.0 kg, por año sería necesario establecer 18,333 has de invernadero para cubrir esa demanda (Grijalva, *et al.*, 2010).

Coria, (2010), considera que de acuerdo con las cifras de la USDA (2008), México exportó en 2003 aproximadamente 903,384 ton de jitomate rojo a Estados Unidos convirtiéndose en el principal exportador de jitomate rojo a la unión americana acaparando con ello el 50 por ciento de las importaciones de jitomate rojo en Estados Unidos, ya en 2007 se reportó que estas exportaciones se incrementaron con lo que México exportó alrededor de 1.1 millones de ton de jitomate rojo a Estados Unidos, lo que represento el 44 por ciento del mercado estadounidense.

Además de su importancia económica recientemente el consumo de jitomate ha demostrado ser benéfico para la salud, debido a su contenido de fotoquímicos como el licopeno y el beta – caroteno, flavonoides, vitamina C y muchos nutrientes esenciales (Beutner, *et al.*, 2001; Rentería 2013).

5.2.6 Producción de jitomate en México

El jitomate es el principal producto agroalimentario de exportación de México con un valor promedio anual de \$899 millones de USD en periodo 2000-2009; Norteamérica es su principal mercado con el 95 por ciento (Estados Unidos y Canadá). En México la oferta de jitomate es sustentable con producción de 2 millones de ton promedio al año con activos rurales de un poco más de 70 mil hectáreas dedicadas a la siembra de jitomate. Los tipos de jitomate más importantes producidos, tanto a campo abierto como en agricultura protegida, son: Saladette (el que más se produce), seguido por los tipos Bola, Cherry, Racimo, y otras especialidades como Mimi y Campari. (SAGARPA)

La lista de los principales estados productores es encabezada por Sinaloa, que en 2008 tuvo una producción de 852,700 ton equivalentes al 36.6 por ciento de la producción nacional. Baja California ocupa el segundo lugar, con una producción en 2008 de 206,200 ton. Le sigue Michoacán con 175,700 ton en el mismo año (Financiera Rural, 2011; citado por Bastida 2012).



Figura 2. Estados productores de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en México.

La producción de jitomate en el país es de gran importancia económica; además de ser el principal producto hortícola de exportación, la intensidad del uso de la mano de obra en su cultivo representa una de las fuentes de empleo rural más importantes (Muñoz *et al.*, 1995; Gómez, 2012).

5.3 Gestión de riego y fertirriego

El crecimiento de un cultivo se encuentra fundamentalmente determinado por las variables climáticas del entorno en el que se encuentra y por la cantidad de agua y fertilizantes que se le aplican mediante el riego; por tanto, controlando estas variables se podrá controlar el crecimiento del cultivo. Por esta razón, un invernadero es ideal para cultivar, ya que al ser un recinto cerrado,

se pueden manipular estas variables para alcanzar un crecimiento y desarrollo óptimo de las plantas (Rodríguez, 2002).

El agua constituye la mayor parte de la materia vegetal y por ello puede ser uno de los factores limitantes de la producción agrícola (Jolliet, *et al.*, 1993); Salas y Urrestarazu (2004), mostraron que se produce un incremento en el rendimiento del cultivo proporcional al incremento relativo del ritmo de transpiración. De la disponibilidad del agua para la planta depende, en gran parte, el resultado del cultivo.

5.3.1 Manejo de riego

El riego es la aplicación de agua a los cultivos en forma artificial, oportuna y uniforme. De esta definición se desprende que para regar no basta aplicar agua a los cultivos a través de cualquier metodología, sino que es necesario hacerlo en forma oportuna, manejando las frecuencias y los tiempos de aplicación de acuerdo a las características del cultivo, clima y suelo.

La programación del riego localizado se realiza a partir del cálculo de la demanda bruta de agua del cultivo (Db). Para calcular la (Db) se debe considerar la evapotranspiración de referencia (Eto), el estado de desarrollo en que se encuentre el cultivo (Kc) y la eficiencia del método de riego (Efa), (Ferreira, *et al.*, 2005).

Según la FAO, (2006), considera que la evapotranspiración (ET), es la combinación de dos procesos separados por los que el agua se pierde a través de la superficie del suelo a través de la evaporación y por otra parte mediante transpiración del cultivo. Asimismo, considera que estos procesos ocurren simultáneamente y no hay una manera sencilla de distinguir entre ellos. INIFAP, 2015, el término de evapotranspiración se utiliza para englobar tanto el proceso físico de pérdida de agua por evaporación como el proceso de evaporación del agua absorbida por las

plantas (transpiración). Las unidades usuales son las de mm/día ó mm/mes (equivalentes a L/m^2 día -ó L/m^2 mes-) y las de m^3/ha día.

Para el cálculo de la evapotranspiración, es necesario en base a las variables climatológicas radiación, temperatura del aire, humedad atmosférica y velocidad del viento, determinar la evapotranspiración de referencia (ET_o). INIFAP, 2015, menciona que como resultado de una consulta de expertos realizada en mayo de 1990, el método de FAO Penman-Monteith ahora se recomienda como el único método estándar para la definición y el cálculo de la evapotranspiración de referencia (ET_o), posteriormente, a fin de calcular la evapotranspiración del cultivo (ET_c), es necesario considerar el coeficiente de cultivo (k_c) en cada una de sus etapas de desarrollo.

La cantidad de agua requerida para compensar la pérdida por evapotranspiración del cultivo se define como necesidades de agua del cultivo. La necesidad de riego básicamente representa la diferencia entre la necesidad de agua del cultivo y la precipitación efectiva.

El requerimiento de agua de riego también incluye agua adicional para el lavado de sales, y para compensar la falta de uniformidad en la aplicación de agua.

5.3.2 La fertirrigación en agricultura protegida

La fertirrigación es el suministro de nutrientes a la planta mediante el agua de riego; los objetivos de la fertirrigación son disminuir la pérdida de los nutrientes, incrementar la absorción de los mismos y aumentar la producción y la rentabilidad, Terán, *et al.*, (2007).

La fertirrigación es una técnica eficaz para aumentar la eficiencia del uso del agua y de fertilizantes, pero es necesario conocer los requisitos hídricos y nutricionales de la planta, así como los elementos asimilables en suelo y las propiedades químicas del agua de riego para

lograr y desarrollar eficazmente esta técnica (Papadopoulos, 1993; citado por Guzmán, *et al.*, 2006).

La fertirrigación es una herramienta para satisfacer la demanda diaria de agua y de nutrientes por parte de las plantas, según los requerimientos de su etapa específica del crecimiento a través del desarrollo para alcanzar la máxima eficiencia del fertilizante aplicado, (Kafkafi y Tarchitzky, 2012).

5.3.2.1 Sistema de riego localizado

Fernández – Camacho (2008), definen al sistema de riego localizado de alta frecuencia, como aquel sistema que para conseguir mantener el agua en la zona radicular en las condiciones de utilización más favorable para la planta, aplica el agua gota a gota. De esta forma el agua es conducida por medio de conductos cerrados desde el punto de toma hasta la misma planta, a la que se aplica por medio de dispositivos que se conocen como goteadores, goteros o emisores.

Consideran que las características más notables son las siguientes:

- El agua se aplica al terreno desde una fuente que puede considerarse puntual y al infiltrarse se mueve tanto en dirección horizontal como vertical. En esto difiere en gran medida del riego tradicional de a pie, en el que hay un predominio de las fuerzas de gravedad, y por tanto el movimiento de agua y de sales es diferente.

- No se moja todo el suelo sino parte del mismo, proporción que depende de las características del suelo, caudal del gotero y tiempo de aplicación. En esta parte húmeda la planta concentrara sus raíces y se alimentara.

- Consecuencia del punto anterior es el requerimiento del cultivo en fertilización de un modo adecuado, respondiendo a las extracciones de las cosechas, como técnica del cultivo intensivo que es.

- El mantenimiento del nivel óptimo de humedad en el suelo implica una tensión constante y baja de agua en el mismo. El nivel de humedad que se mantiene en el suelo es inferior a la capacidad de campo, lo cual es muy difícil de conseguir con otros sistemas de riego, ya que implicaría el regar diariamente y se produciría encharcamiento con el consiguiente problema de asfixia radicular.

- Se debe fertilizar frecuentemente, ya que los continuos movimientos de agua en el bulbo pueden producir un excesivo lavado de nutrientes.

La adopción de métodos de riego por goteo con el mojado parcial del suelo llevó adelante la transición hacia sistemas radiculares restringidos solamente a la zona de mojado. Estos sistemas radiculares limitados modificaron considerablemente el manejo de la fertilización tradicional. Este cambio desde la aplicación de fertilizantes al voleo en toda la superficie a una fertilización en bandas y a fertilizantes agregados al agua de riego fue desarrollado para satisfacer las necesidades de nutrientes a cultivos regados por goteo. Cronológicamente, la fertirrigación fue el resultado del riego localizado (Kafkafi y Tarchitzky, 2012).

Según Etchevers (1998), Miranda (2001), Pérez (2000) y Montero, *et al.*, 2008; en investigaciones realizadas con la tecnología de fertirriego se reportan entre otras informaciones, las ventajas que tiene con relación a la fertilización tradicional. Entre estas se encuentran, el ahorro de fertilizantes de un 25 a 50%, mayor eficiencia en su uso debido a que se aplican en la zona próxima a las raíces de las plantas, así como una menor contaminación del medio ambiente por la reducción de pérdidas de fertilizantes.

5.3.2.2 Automatización del sistema de fertirrigación

Cruz, (2007), menciona, que los últimos desarrollos significativos en el uso y economía del agua y fertilizantes ha sido el desarrollo de programadores de riego e inyectores de fertilizante, que varían en precio y complejidad, para realizar la fertilización en los cultivos. Sin embargo, para el óptimo aprovechamiento de las ventajas que ofrece la fertirrigación es necesaria su automatización, mediante un eficiente programa (software) y de dispositivos para calcular la cantidad exacta de agua y nutrimentos a aplicar, de acuerdo a las necesidades del cultivo. Asimismo, la automatización tiene que proporcionar una completa y permanente información de cuanto acontece en el sistema, como tiempo y volumen de agua, elementos fertilizantes aplicados, regularidad, gastos y desperfectos entre otros.

El sistema de fertirrigación se compone de varios dispositivos que sirven para filtrar el agua, comprobar la presión e incorporar los fertilizantes. Arviza (2001), citado por Cruz, (2007), menciona que dependiendo del modelo de fertirrigación, se puede requerir equipos adicionales, pero en general se compone de los siguientes elementos:

- Depósitos para la solución fertilizante
- Sistema de agitación mecánico, neumático o soplantes).
- Elementos de filtración.
- Dispositivo de inyección.
- Dispositivo de maniobra, control y protección.
- Dispositivo de automatización del funcionamiento.

5.3.3 Formulación de la solución nutritiva

Una solución nutritiva (SN) consta de agua con oxígeno y de todos los nutrimentos eventualmente, de algunos compuestos orgánicos tales como los quelatos de fierro y de algún otro micronutriente que puede estar presente (Steiner, 1968; Favela, *et al.*, 2006). Una SN verdadera es aquella que contiene las especies químicas indicadas en la solución, por lo que deben de coincidir con las que se determinen mediante el análisis químico correspondiente (Steiner, 1961; Favela, *et al.*, 2006). Además consideran que los parámetros que caracterizan la SN son: el pH, la presión osmótica y las relaciones mutuas entre los aniones y los cationes.

Las soluciones nutritivas que se quieren aportar al cultivo pueden elaborarse de distintas formas. Las características particulares de cada explotación determinaran la elección de un sistema u otro. La mayoría de las situaciones se resuelven con autómatas de fertirrigación más o menos sofisticados pero muchas otras pueden resolverse de forma más sencilla. Muchas de las situaciones de campo requieren tener los fertilizantes concentrados en depósitos individualizados, o mezclados de acuerdo a su compatibilidad. Un autómata de fertirrigación permite la preparación de la disolución nutritiva en el momento de la ejecución del riego. El caso más general y ampliamente extendido es aquel en que una sonda de pH y otra de conductividad eléctrica miden continuamente los valores del agua de riego (Moreno, 2004).

Bar-Yosef (1991); Cruz, (2007), menciona que para programar correctamente el fertirriego se debe conocer el consumo de nutrientes a lo largo del ciclo del cultivo que resulta en el máximo rendimiento y calidad. Pero en la práctica, el ciclo de crecimiento del cultivo se divide según las etapas fenológicas y se definen las concentraciones o cantidades de nutrientes a aplicar, con sus respectivas relaciones.

Terán, *et al.*, (2007), considera la siguiente solución nutritiva adaptada a condiciones de Laboratorio de Fertilidad de Suelos del Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales de la Universidad Jorge Tadeo Lozano, ubicado en la Sabana de Bogotá, Colombia.

Cuadro 2. Soluciones nutritivas estándar para jitomate bajo invernadero, basadas en investigaciones hechas por el Ministerio de Agricultura Holandés (1990); Terán, *et al.*, (2007).

ELEMENTO	HRI,LITTLE-HAMPTON (1994) (para hidroponía)	MIN. AGRICULTURA HOLANDES CITADO Y ADAPTADO POR UJTL (1990) (para suelo bajo invernadero)	
	ppm (mg *1 ⁻¹)	mmol *1 ⁻¹	Ppm (mg*1 ⁻¹)
N-NH ₄	20	0.5	7
NO ₃	200	9.4	132
N TOTAL	220	9.9	139
P	30	1	32
K	400	5	195
Ca	200	2	80
Mg	75	1.5	36
S		1.05	34
Fe	10	15	3.9
Mn	0.8-1.0	25	1.4
Cu	0.3-0.4	1.2	0.08
Zn	0.3-0.4	4	0.26
B	0.3-0.4	30	0.3
Mo	0.1	0.5	0.05
CE	3.5-4.0 dS*m ⁻¹	1.25 dS*m ⁻¹	

Fuentes: FUBJTL, CIAA (2001) y Urrestarazu, M. (2004); Terán et al., (2007)

Fernández y Camacho (2004), Consideran dos criterios para la nutrición de la planta. El primero es el de aportarle a la planta los nutrientes, de modo que se aplicara la cantidad que la planta consume para su crecimiento y desarrollo a lo largo de todo su ciclo de cultivo. Son muchas las referencias existentes en nuestra bibliografía donde se nos dice que 1 tonelada de cosecha extrae “x” cantidad de nitrógeno, “y” de fosforo, “z” de potasio, etc., Además consideran con este primer criterio de nutrición, que se adopta una decisión de incorporación de nutrientes a la planta, en función de una producción esperada a la que no sabemos si llegaremos o nos pasaremos.

El segundo criterio de fertilización al cultivo que menciona Fernández y Camacho (2004), es a través de una *solución iónica* donde hayamos equilibrado iónicamente los elementos nutritivos que aportamos a la planta, es un criterio más de fisiología de la misma, este criterio es el que se emplea en los cultivos sin suelo y poco a poco se ha ido extendiendo a todos los cultivos en que se fertirriga en la horticultura intensiva. Además consideran que en la fertirrigación, a excepción de sistemas “solo agua”, como pueden ser el NFT o el NGS, todos los demás, incluidos perlita y lana de roca, a las pocas semanas se han convertido en sustratos orgánicos, igual que lo es el suelo. Consideran la siguiente solución nutritiva en función del estado de desarrollo para jitomate:

Cuadro 3. Solución nutritiva en función del estado de desarrollo para jitomate, Fernández y Camacho, 2004.

Mmol/L	NO_3^-	H_3PO_4^-	$\text{SO}_4^{=}$	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}
Siembra a floración de 2° racimo	8	2.5	2.5	5	4	2
De 2° racimo a 5° racimo	11	2	2	7.5	6	2
De 5° racimo a 10° racimo	14	1.5	2	8.5	5	2
Ultimo racimo cuajado hasta el final del cultivo	14	1.5	1.5	7	4	2

Cuadro 4. Concentración de microelementos (ppm) en la solución nutritiva. Fernández y Camacho, (2008).

Microelemento	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Mo
ppm (mgL^{-1})	1.5-2.0	0.8	0.06	0.15	0.4	0.05

Fuente: Manual práctico de fertirrigación en riego por goteo

Castellanos y Ojodeagua, (2009), consideran que la solución nutritiva en suelo va menos concentrada que en sustrato pues al tener menos pérdidas de drenaje los nutrientes se aprovechan con mayor eficiencia. Eso significa la oportunidad de ahorrar en fertilizantes y agua.

Consideran la siguiente concentración de la solución nutritiva para el cultivo de jitomate en suelo, en sus tres etapas de desarrollo y volumen de riego requerido:

Cuadro 5. Concentración de la solución nutritiva para el cultivo de jitomate en suelo, en sus tres etapas de desarrollo y volumen de riego requerido, Castellanos y Ojodeagua (2009).

Nutrimento	Etapas previas a cosecha 0-75 DDT	Inicio de producción 75-125 DDT	125 DDT a fin de cosecha
meL^{-1}			
NO_3^-	6-8	8-10	7-9
H_2PO_4	0.6-1.0	0.6-1.0	0.6-1.0
$\text{SO}_4^{=}$	3-6	3-6	3-6
K^+	4-5	5-6	5-6
Ca^{++}	5-6	5-6	5-6
Mg^{++}	1.5-2.0	1.8-2.5	1.5-2.5
C.E. dS/m	1.1-1.3*	1.2-1.4*	1.1-1.3*
Vol. de riego y fertilizante	8 a 30 $\text{m}^3/\text{día}/\text{ha}$	30 $\text{m}^3/\text{día}/\text{ha}$	30 $\text{m}^3/\text{día}/\text{ha}$
*La conductividad eléctrica no considera el efecto del sodio del agua DDT: Días después del trasplante			

5.3.3.1 Unidades de concentración de la solución nutritiva

Hay muchas formas de expresar la salinidad de una solución; una consiste en expresar la cantidad de sales disueltas en un volumen de solución, donde como unidad de medida se utiliza el gramo por litro (gL^{-1}); otra es indicar el número de miliequivalentes por litro (meqL^{-1}). La forma simple y suficiente para muchos efectos es expresar la salinidad de una solución por medio de su conductividad eléctrica (CE) (Gómez y Montoya, 2001; Cruz, 2007).

La conductividad eléctrica ha sido el parámetro más extendido y el más ampliamente utilizado en la estimación de la salinidad. Se basa en la velocidad con que la corriente eléctrica

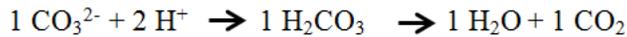
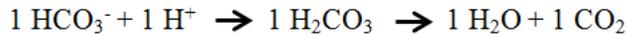
atraviesa una solución salina, la cual es proporcional a la concentración de sales en solución (a mayor concentración de sales, mejor conduce la electricidad). Hasta hace unos años se expresaba en mmhos cm^{-1} , hoy día las medidas se expresan en dS m^{-1} (dS = deciSiemens por metro), siendo ambas medidas equivalentes ($1 \text{ mmhos cm}^{-1} = 1 \text{ dS m}^{-1}$); por tanto la CE refleja la concentración de sales solubles en la solución. La CE es una medida indirecta y empírica de la presión osmótica (PrOs); puede obtenerse al multiplicar $\text{CE} \times 0.36$ y expresarse en atmosferas (atm), o bien, $\text{CE} \times -0.036$ para expresarse como potencial osmótico (PO) en megapascuales (MPa) (Aguilera y Martínez, 1996; Cruz, 2007).

5.3.3.2 El pH en la solución nutritiva

El pH indica el grado de acidez o alcalinidad de una solución. Si una solución es ácida, su valor es menor a 7, si es alcalina, su valor es mayor a 7 y si es neutra su valor es de 7. La disponibilidad de nutrientes varía de acuerdo al pH de la solución nutritiva, por eso es recomendable mantenerlo dentro de un rango que va de 5.5 a 6.5 en el cual los nutrientes están disponibles para la planta, (Licea, 2012).

Fernández y Camacho, (2008), consideran que la mejor absorción de los nutrientes por las plantas se produce cuando la solución de que se alimenta tiene un pH entre 5.5 y 6.5. La gran mayoría de las aguas que se utilizan para riego tienen un pH superior, como consecuencia, en casi todos los casos, de que en su composición tienen carbonatos y/o bicarbonatos. La destrucción de esos iones se consigue con la incorporación de un ácido (H^+) al bicarbonato (HCO_3^-) o al carbonato (CO_3^{2-}), esa adición produce ácido carbónico, compuesto muy inestable, que se transformara inmediatamente en agua y dióxido de carbono.

Las reacciones se resumen del siguiente modo



Muñoz, (2003), Considera que el pH está relacionado con la calidad del agua (HCO_3^-) y las características del fertilizante. El control del pH es necesario para evitar que se precipiten los nutrientes en forma de sales insolubles que obturen el sistema de goteo.

El pH de la SN se controla con el fin de neutralizar la presencia de los bicarbonatos en el agua de riego, ya que estos iones producen un elevado pH, y un alto contenido de ellos en la zona radical provoca la inmovilización del P, Mn y Fe (Rincón, 1997; Favela, *et al.*, 2006); además, con un alto pH en la SN, el Ca y el Mg pueden precipitar con el HPO_4 (De Rijck y Schrevens, 1998; Amiri y Sattary, 2004; Favela, *et al.*, 2006).

5.3.3.3 Fertilizantes solubles.

La composición química y el contenido de nutrientes de los fertilizantes solubles simples y compuestos producidos por la industria son casi los mismos en todo el mundo. Por una parte, el uso de estos fertilizantes es altamente sitio-específica, dependiendo del tipo del suelo, las condiciones climáticas y la calidad del agua (Kafkafi y Tarchitzky, 2012). También consideran que un amplio rango de fertilizantes, tanto sólidos como líquidos, es adecuado para la fertirrigación, dependiendo de las propiedades fisicoquímicas de la solución fertilizante. Para operaciones de gran escala a campo, las fuentes de fertilizantes sólidos son normalmente una alternativa menos cara que las formulaciones líquidas. Las solubilidades de estos fertilizantes varían sensiblemente. Cuando se cambia a una fuente fertilizante sólida, pueden evitarse problemas en los tanques nutritivos asegurándose de que haya suficiente agua agregada a la

solución madre. Deben considerarse cuatro factores principales al elegir fertilizantes para fertirrigación:

- Tipo de cultivo y estadio de crecimiento.
- Condiciones del suelo.
- Calidad de agua.
- Disponibilidad y precio del fertilizante.

Cuadro 6. Fertilizantes recomendados para la fertirrigación en suelo neutro-alkalino (6.5-8.5) y en suelos ácido (4.5-6.5).

Nutriente	Suelos neutros-básicos pH 6,5 - 8,5	Suelos ácidos-neutros pH 4,5-6,5
Nitrógeno	Nitrato de amonio (NH_4NO_3)	
	Nitrato potasio (KNO_3)	
	Nitrato de calcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$)	
	Urea	
	Sulfato de amonio ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$)	
	Fosfato de amonio ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$)	
Fósforo	Fosfato monopotásico (KH_2PO_4)	
	Polifosfato de amonio	
	Ácido fosfórico (H_3PO_4)	
Potasio	Muriato (cloruro) de potasio (KCl)	
	Sulfato de potasio (K_2SO_4)	
	Nitrato de potasio (KNO_3)	
Nutrientes secundarios	Nitrato de calcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$)	
	Nitrato de magnesio ($\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$)	
	Sulfato de potasio (K_2SO_4)	
Micronutrientes	B como ácido bórico	
	Mo como molibdato de sodio	
	Complejos de EDTA con Cu, Zn, Mo, Mn	
	Fe-EDDHA	Fe-EDTA
	Fe-DTPA	

Fuente: International Potash Institute, 2012

Vázquez-Gómez, *et al.*, (2014), consideran las siguientes fuentes de fertilizantes que se usan en la elaboración de la solución nutritiva:

Cuadro 7. Fuentes de fertilizantes utilizados en la preparación de soluciones nutritivas.

Fertilizante	Fórmula	Peso miliequivalente, mg/me
Nitrato de calcio	[Ca(NO ₃) ₂ ·0.2 NH ₄ NO ₃ ·H ₂ O]	100*
Nitrato de potasio	KNO ₃	101
Sulfato de potasio	K ₂ SO ₄	87.2
Cloruro de potasio	KCl	74
Cloruro de calcio	CaCl ₂	55
Nitrato de magnesio	MgNO ₃ ·6H ₂ O	128.2
Ácido nítrico	HNO ₃	63
Ácido fosfórico	H ₃ PO ₄	98
Ácido sulfúrico	H ₂ SO ₄	49
Nitrato de amonio	NH ₄ NO ₃	80
Sulfato de amonio	(NH ₄) ₂ SO ₄	66
Sulfato de magnesio	MgSO ₄ ·7H ₂ O	123.1
Fosfato monopotásico	KH ₂ PO ₄	136.1
Fosfato monoamónico	NH ₄ H ₂ PO ₄	115

Fuente: Fertilab, (2014)

5.3.3.4 Compatibilidad de fertilizantes utilizados en fertirriego

Teran, *et al.*, (2007), mencionan sobre la compatibilidad de los fertilizantes: La fertirrigación está indicada para fertilizantes en solución o para aquellos que sean solubles. No es apropiada cuando se utilizan fertilizantes poco solubles e insolubles; además, algunos fertilizantes no pueden ser mezclados, pues pueden producir interacciones químicas no deseadas o precipitaciones que puedan dañar o taponar las tuberías o los goteros.

Cuadro 8. Compatibilidad de los fertilizantes.

	Urea	Nitrato de amonio	Sulfato de amonio	Nitrato de calcio	Nitrato de potasio	Cloruro de potasio	Sulfato de potasio	Fosfato de amonio	Sulfato de Fe, Zn, Cu, Mn	Quelatos de Fe, Zn, Cu, Mn	Sulfato de magnesio	Acido fosfórico	Acido sulfúrico	Acido nítrico
Urea	√													
Nitrato de amonio	√	√												
Sulfato de amonio	√	√	√											
Nitrato de calcio	√	√	x	√										
Nitrato de potasio	√	√	√	√	√									
Cloruro de potasio	√	√	√	√	√	√								
Sulfato de potasio	√	√	R	x	√	R	√							
Fosfato de amonio	√	√	√	x	√	√	√	√						
Sulfatos de Fe, Zn, Cu, Mn	√	√	√	x	√	√	R	X	√					
Quelatos de Fe, Zn, Cu, Mn	√	√	√	R	√	√	√	R	√	√				
Sulfato de magnesio	√	√	√	x	√	√	R	x	√	√	√			
Acido fosfórico	√	√	√	x	√	√	√	√	√	R	√	√		
Acido sulfúrico	√	√	√	x	√	√	R	√	√	√	√	√	√	
Acido nítrico	√	√	√	√	√	√	√	√	√	x	√	√	√	√

√ = compatible x = incompatible R = compatibilidad reducida

Fuente: International Potash Institute, 2012

5.3.3.5 Elementos esenciales de las plantas y su función principal.

Cuadro 9. Elementos esenciales de las plantas y su función principal.

ELEMENTO	FORMA DISPONIBLE PARA LAS PLANTAS	MASA DE LOS TEJIDOS SECOS	FUNCIONES PRINCIPALES
MACRONUTRIENTES			
Carbono	CO ₂	45%	Componente principal de los compuestos orgánicos vegetales.
Oxígeno	CO ₂	45%	Componente principal de los compuestos orgánicos vegetales.
Hidrógeno	HO ₂	6%	Componente principal de los compuestos orgánicos vegetales.
Nitrógeno	NO ₃ , NH ₄	1.5%	Componente de ácidos nucleicos, proteínas, hormonas, clorofila, coenzimas.
Potasio	K	1.0%	Cofactor que participa en la síntesis de proteínas; principal soluto necesario para el equilibrio de agua; funcionamiento de los estomas.
Calcio	Ca ²⁺	0.5%	Importante para la formación y estabilidad de las paredes celulares y para el mantenimiento de la estructura y permeabilidad de las membranas; activa a algunas enzimas; regula muchas respuestas de las células a los estímulos.
Magnesio	Mg ²⁺	0.2%	Componente de la clorofila; activa muchas enzimas.
Fósforo	H ₂ PO ₄ , HPO ₄ ²⁻	0.2%	Componente de los ácidos nucleicos, fosfolípidos, ATP, varias coenzimas.
Azufre	SO ₄ ²⁻	0.1%	Componente de proteínas, coenzimas.
MICRONUTRIENTES			
Cloro	Cl ⁻	0.01%	Necesario para la fotólisis del agua en la fotosíntesis, funciona en el equilibrio del agua.
Hierro	Fe ³⁺ , Fe ²⁺	0.01%	Componente de los citocromos; activa a algunas enzimas.
Manganeso	Mn ²⁺	0.005%	Activa la formación de aminoácidos; activa algunas enzimas; necesario para la fotólisis del agua en la fotosíntesis.
Boro	H ₂ BO ₃	0.002%	Cofactor en la síntesis de clorofila; puede participar en el transporte de hidratos de carbono y en la síntesis de ácidos nucleicos, desempeña un papel en el funcionamiento de la pared celular.
Zinc	Zn ²⁺	0.002%	Activo en la formación de la clorofila; activa a algunas enzimas.
Cobre	Cu ⁺ , Cu ²⁺	< 0.001%	Componente de muchas enzimas de reacciones redox y de biosíntesis de lignina.
Níquel	Ni ²⁺	< 0.001%	Cofactor de una enzima que funciona en el metabolismo del nitrógeno.
Molibdeno	MoO ₄ ²⁻	< 0.0001%	Esencial en la relación simbiótica con bacterias picadoras de nitrógeno; cofactor que funciona en la reducción de nitrato.

Fuente: Alva, 2011.

5.4 Manejo integrado de plagas y enfermedades

El uso excesivo de productos químicos en la agricultura preocupa a los consumidores por el nivel de contaminantes que los frutos pudiera contener, los problemas ambientales y la presencia de compuestos residuales en los suelos agrícolas (Eskenazi, *et al.*, 2004; Hernández *et al.*, 2004, Rodríguez, *et al.*, 2008).

En el marco de la sustentabilidad de los sistemas agrícolas, el Manejo Integrado de Plagas propone utilizar todas las técnicas y métodos disponibles y compatibles entre sí, para mantener a la población de una plaga en niveles por debajo de aquellos que causan daño económico, (Gugole, 2012).

5.4.1 Principales plagas y enfermedades de invernadero

Las plagas y enfermedades son los principales problemas que impactan al cultivo de jitomate, incrementando los costos de producción por el uso de productos químicos para su control

Medina y Ríos, 2011; Sañudo, 2013, consideran que en los últimos años, la superficie dedicada al cultivo de jitomate ha disminuido gradualmente, debido a diversos factores; entre ellos, la incidencia creciente de plagas y enfermedades.

Las plagas más comunes en el cultivo de jitomate son; insectos chupadores como afidos; *Aphis gossypii*, *Aulacorthum solani*, *Macrosiphum euphorbiae* y *Myzus persicae*, mosquita blanca (*Bemisia tabaci*), el psílido: paratrioza (*Paratrioza cockerelli*) minadores de la hoja (*Liriomyza spp.*) y trips, acaros tales como: el acaro blanco (*Polyphagotarsonemus latus*) y la araña roja (*Tetranychus urticae*) y nematodos (Jones, 2001; Vallejo y Estrada, 2004; Lacarra y García, 2011).

Dentro de los insectos masticadores destacan: gusano alfiler (*Keiferia licopersicella*), gusano del cuerno (*Manduca quinquemaculata*) (*manduca sexta*), gusanos trozadores (*Agrotis ípsilon*; *Feltia subterranea*), gusano del fruto (*Heliothis virescens*, *Heliotis spp.*), gusano soldado (*Spodoptera frugiperda*, *Spodoptera exigua*), (Jones, 2001; Vallejo y Estrada, 2004; Lacarra y García, 2011). Además consideran que las principales enfermedades del jitomate se dividen en enfermedades bacterianas como: cáncer bacteriano (*Clavibacter michiganensis*), mancha

bacteriana (*Xanthomonas campestris* sp v), y mancha negra del jitomate (*Pseudomonas syringae*); enfermedades fungosas como: antracnosis (*Colletotrichum* sp.), alternaría (*Alternaria* sp.), cenicilla (*Leveillula taurica*, *Erysipheorontii* y *Oidium lycopersicum.*), fusarium (*Fusarium oxysporum*), tizón temprano (*Alternaria solani*), y tizón tardío (*Phytophthora infestans*); enfermedades virales: virus del mosaico del tabaco (TMV), virus del mosaico del jitomate (TOMV) y chino del jitomate (CdTV).

El psílido de la papa, *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Psyllidae), o Paratrioza, se ha convertido recientemente en motivo de gran preocupación debido a su impacto destructivo sobre papa, jitomate y otros cultivos de solanáceas en los Estados Unidos, México, América Central y Nueva Zelanda (Liu y Trumble, 2006; Munyanesa, *et al.*, 2007 a, b; Liefiting, *et al.*, 2007; Granados, 2010).

Algunos estudios realizados en México. A través de técnicas moleculares y biológicas, demostraron que *B. cockerelli* está asociado con algunos fitopatógenos y que puede transmitirlos en plantas de chile, *C. annuum*; jitomate. *S. lycopersicum*, tomatillo *Physalisixo carpa* Brot. Y papa, *S. tuberosum* (Leyva-López, *et al.*, 2002, Munyaneza, *et al.*, 2007, Santos-Cervantes, *et al.*, 2007, Garzón-Tiznado, *et al.*, 2009; Granados, 2010).

En la región de El Bajío, México, Garzón-Tiznado (1984); Granados, (2010), reporto por primera vez la enfermedad denominada “permanente del jitomate” durante el ciclo primavera – verano en la década de los 1980’s. Este autor señalo que esta enfermedad es provocada por un fitoplasma y transmitida por *B. cockerelli*, pero recientemente se propuso que un patógeno causante de esta sintomatología en otros países es la bacteria *Candidatus Liberibacter psyllaourous* que es transmitida por este psílido (Hansen, *et al.*, 2008; Granados, 2010).

(González, *et al.*, 2013), menciona que en resultados obtenidos de plántulas de jitomate en la región norte del estado de Veracruz se detectó que el complejo de hongos fitopatógenos que ocasionan la enfermedad conocida como *Damping-off* es causada por (*Fusarium*, *Phytium*, *Rhizoctonia* y *Phytophthora*). Los productos biorracionales Mancozeb (Raksha), Sulfato de cobre pentahidratado (Sistemyc), *T. harzianum* (Tricho- Sin), *B. subtilis* (Agrobac), aplicados una vez por semana son efectivos en la prevención y control del *Damping-off* reducen la incidencia de la enfermedad de marchitez de plántulas, estas estrategias pueden ser utilizadas en el manejo integrado de plagas.

Las enfermedades más comunes son: la podredumbre gris (*Botrytis cinerea*), tizón temprano (*Alternaria solani*), cenicilla polvorienta (*Oidiopsis taurica*) (León-Gallegos 1998; Félix-Gastélum, *et al.*, 2012) y el tizón tardío (*Phytophthora infestans*) (Félix, 1993; Félix-Gastélum, *et al.*, 2012); citados por Sañudo, 2013).

VI. ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA UNIDAD DE PRODUCCIÓN.

6.1 Descripción de la Finca

La experiencia profesional de producción de jitomate bajo invernadero, fue realizada en los invernaderos de la empresa AGROSEMOSA S. DE P. R. DE R. L. DE C. V., con dirección fiscal en calle Miguel Gutiérrez No. 429 en fraccionamiento Domingo Arrieta, Victoria de Durango, Dgo.

Los invernaderos se ubican en la localidad La Parrilla, del municipio de Nombre de Dios, estado de Durango, a $23^{\circ} 49' N$ y $104^{\circ} 08' O$ y a una altura de 1879 m sobre el nivel del mar.

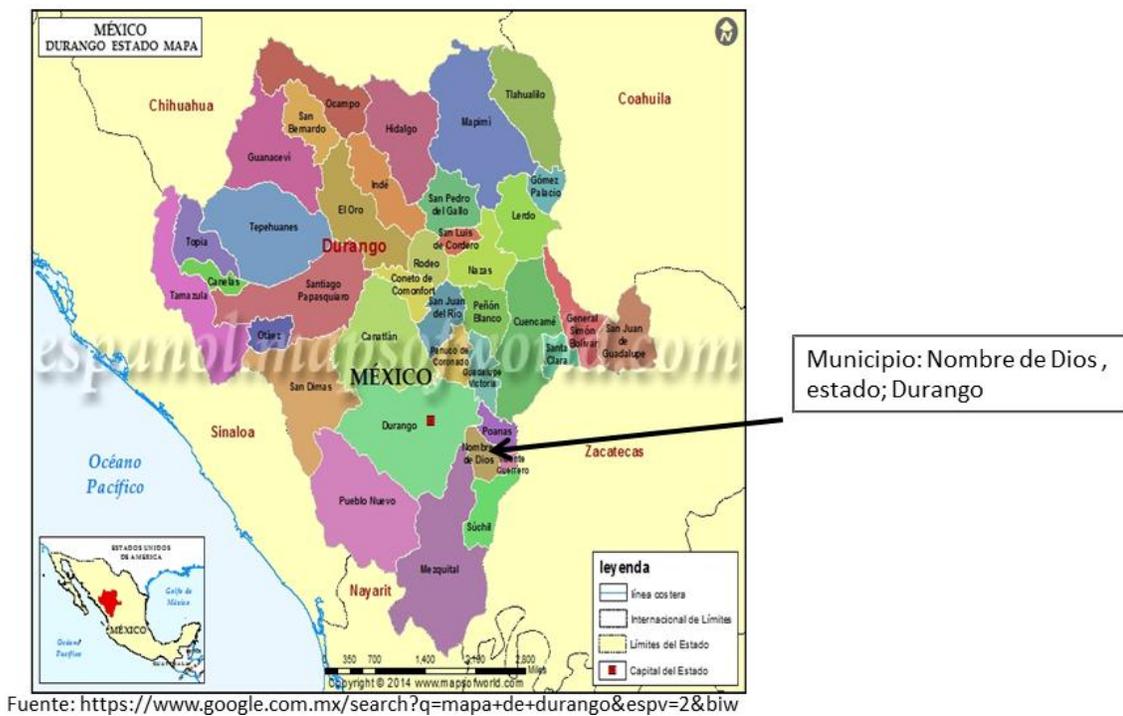


Figura 3. Localización del municipio de Nombre de Dios, Durango.

6.1.1 Descripción de la estructura de los invernaderos

Es un módulo de invernaderos tipo diente de sierra de la marca Metaliser, y se componen de 5 invernaderos con una superficie total de 3.5 hectáreas, los cuales se describen a continuación: Los invernaderos marcados como 1, 2, 4 en la figura 4, son de 5000 m²; los invernaderos 3 y 5, también de la figura 4, cuentan con 10,000 m². A continuación se presenta el croquis de ubicación de los invernaderos, así como también se puede observar una imagen satelital obtenida vía google earth.

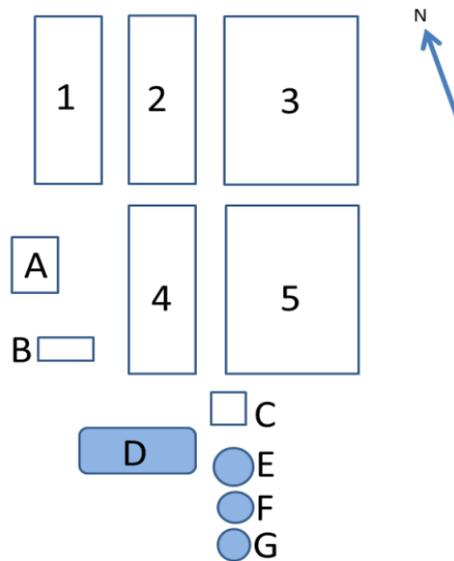


Figura 4. Croquis de ubicación de invernaderos.



Fuente. Google earth

Figura 5. Vista satelital de los invernaderos propiedad de la unidad de producción.



Figura 6. Invernaderos tipo Diente de Sierra.

Este tipo de invernadero, cuenta con 8.5 m de ancho de gablete, 3.60 m de distancia entre columnas, 4.50 de altura a la canaleta, 1.6 m de altura de ventilación cenital. La altura total del invernadero es de 6.10 m.

6.1.2 Empacadora de jitomate

La sección “A” de la figura 4, (en la imagen satelital de la figura 5, aun no se visualiza la infraestructura), corresponde a una empacadora con frigorífico de reciente adquisición, la cual es de la marca, Corporación Industrial Uruapan (CIU), con una capacidad de 4 ton por hora.



Figura 7. Vista externa de la empacadora de tomate.



Figura 8. Vista interna de la sala de selección y empaque de tomate.

6.1.3 Semillero

La sección B, de la figura 4, corresponde a un semillero o invernadero para la producción de plántula de jitomate, fue adquirido en este año 2015. El invernadero es tipo gótico con

ventilación cenital, en donde se tiene contemplado la producción de la plántula de jitomate requerida para la totalidad de los invernaderos.



Figura 9. Invernadero utilizado como plantero.

6.1.4 Cuarto de fertirriego

La sección C, de la figura 4, corresponde al cuarto del fertirriego, y almacén de insumos requeridos tanto para cubrir las necesidades de nutrición, como para almacenar insecticidas, fungicidas y otros productos.

El cuarto de fertirriego, contiene un cabezal de riego con sistema de dosificación de fertilizantes por inyección directa de la marca Priva NUTRIJET. El sistema inyecta las soluciones fertilizantes directamente en el caudal o flujo de riego principal. Los sensores más frecuentes instalados para el control de la disolución nutritiva que se conduce a la zona de cultivos son: un sensor de pH y otro de conductividad eléctrica (CE), éstos regulan el control de la entrada del tanque de ácido y disolución madre al tanque de mezcla o a la distribución de fertirriego.

Contiene tres tanques con capacidad de 1100 litros para la disolución de Los fertilizantes y un tanque de 1100 litros para adicionar los ácidos:

Cuadro 10. Distribución de fertilizantes para preparar la solución nutritiva en depósitos de 1100 litros.

Fertilizante	Fórmula	Tanque 1	Tanque 2	Tanque 3	Tanque 4
Ácido nítrico	HNO_3				
Ácido fosfórico	H_3PO_4				
Nitrato de calcio	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$				
Nitrato de potasio	KNO_3				
Sulfato de potasio	K_2SO_4				
Sulfato de magnesio	MgSO_4				
Nitrato de magnesio	MgSO_4				
Fosfato mono potásico	KH_2PO_4				
Microelementos (7.5 por ciento hierro)					



Figura 10. Depósitos de fertilizante en cuarto de fertirriego.

6.1.5 Reservorio de agua para riego

La sección “D”, de la figura 4, es una olla de agua recubierta con geomembrana, en donde se almacenan 2,400 m³ de agua para el riego del cultivo de jitomate en los invernaderos. El agua es proveniente del pozo profundo que se ubica a escasos 300 m, y que es propiedad ejidal.

La sección “E”, de la figura 4, es un tanque metálico con un diámetro de 9.14 m, y 3.82 m de altura. El volumen de almacenamiento es de 250 metros cúbicos.

Finalmente las secciones “F”, y “G”, también de la figura 4, corresponde a tanques de membrana con tapa y doble malla galvanizada, los cuales, almacenan 200 metros cúbicos de agua de riego.



Figura 11. Reservorio de agua, sección E, F y G.

6.1.5.1 Análisis de agua

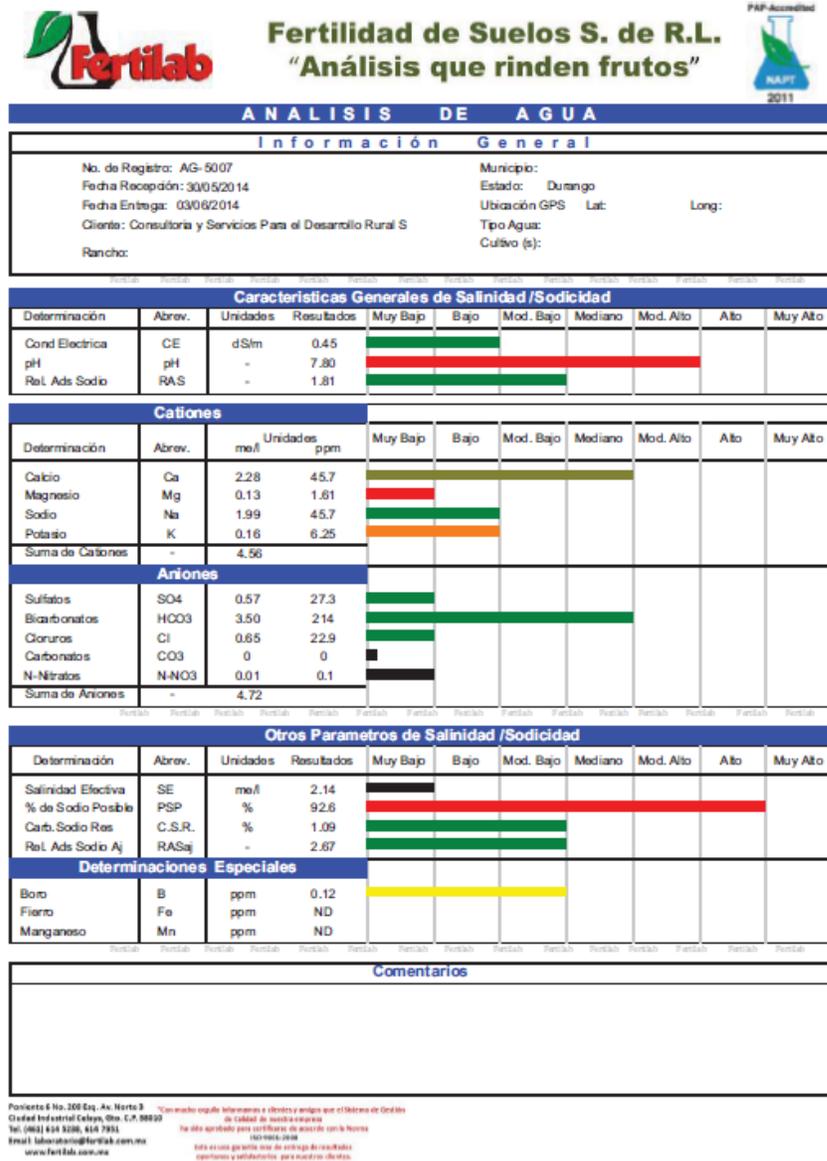


Figura 12. Análisis químico del agua del pozo profundo con que se irriga el cultivo de tomate.

Al disponer del correspondiente análisis de agua se puede eliminar de la solución nutritiva final que se suministrara al cultivo, aquellos nutrientes en forma de iones que ya aporta el agua al tenerlos disueltos, (Urrestarazu, 2004).

6.2 Labores culturales

La preparación del suelo tiene como finalidad, mejorar su estructura, evitando la compactación. Se recomienda un barbecho, doble rastreo, y preparación de camas. Antes de iniciar la preparación del suelo se deben desinfectar los implementos, una vez terminado el trazo se debe colocar la cintilla de riego por goteo al centro de la cama y el acolchado plástico.

Las labores de cultivo fueron iniciadas el día 01 de marzo de 2014. El programa considerado para estas actividades, fue primero con los invernaderos que no tienen problema de nematodos en el suelo, siendo estos el invernadero 2, 3, y 4; los invernaderos 1 y 5, fueron programados al final ya que la infestación de nematodos es fuerte. Esta estrategia fue sugerida para evitar la infestación de nematodos a través de los implementos de labranza.

6.2.1 Subsuelo.

Ayuda significativamente a reducir la compactación con lo cual se recupera la porosidad de las diferentes capas del suelo, logrando condiciones más favorables para el crecimiento del sistema radicular del cultivo a través de conseguirse una mayor conductividad hidráulica y mejor drenaje de los excesos de agua, una mayor aireación del suelo y una reducción de los principales problemas fitosanitarios del suelo.



Figura 13. Subsuelo realizado en el invernadero.

6.2.2 Rastro.

Se hicieron dos pasos de rastra (cruzado), para dejar libre el terreno de terrones y bien mullidos con el fin de posteriormente levantar las camas a una altura de aproximadamente 30-40 cm y que los acolchados plásticos queden en contacto directo con la superficie del suelo, para eliminar el efecto chimenea, que consiste en corrientes de aire muy caliente a través de los espacios entre el suelo y el plástico, que afectan seriamente a las plántulas de jitomate.



Figura 14. Doble rastreo en el invernadero.

6.2.3 Formación de camas de cultivo

Se construyeron 5 camas de cultivo de 0.6 m de ancho por 0.3 m de alto, a una distancia de centro a centro de las camas de 1.7 m, el largo de las camas fue de 66.4 m.

6.2.4 Incorporación de composta

Se aplicó composta a razón de 7.5 ton por hectárea, a fin de mejorar la estructura del suelo, la capacidad de intercambio catiónica y la actividad microbiológica del suelo.



Figura 15. Aplicación de composta.

6.2.5 Colocación de cintillas de riego

El método de riego fue por goteo con cintas de la marca Netafim, modelo 06SL5638.2-08 cuya eficiencia de uniformidad es de 92 por ciento. Las características nominales son: diámetro interno de 16.2 mm, calibre 0.13 mm, flujo de 0.79 L h^{-1} , espacio entre emisores de 0.2 m, y presión máxima de 10 PSI.



Figura 16. Colocación de cintilla de riego.

Se ubicaron doble cintilla por cama de cultivo. El número de goteros establecidos por metro cuadrado de superficie útil del invernadero fue de 6 goteros/m².

6.2.6 Colocación de acolchado plástico

Las camas de cultivo fueron cubiertas por un acolchado plástico negro plata, con perforaciones para la plantación de 40 X 40 cm., con la finalidad de proteger al cultivo y al suelo de los agentes atmosféricos, promover cosechas precoces, mejorar rendimientos y calidad de los productos.

Rojas y Fernández, (2010), consideran que este plástico presenta gran reflexión fotosintética hacia el follaje de la planta, incrementando el proceso de fotosíntesis y ahuyentando sobre todo a los insectos que habitan en el envés de las hojas como es el caso de mosquita blanca. El paso de luz al suelo es mínimo, por lo tanto, evita el calentamiento excesivo del mismo y el desarrollo de malezas debajo del plástico. Estos acolchados absorben en gran medida

la energía calorífica recibida, por lo cual se tiene mayor precocidad, rendimiento y calidad de las cosechas.

Gómez y Sánchez, (2003), consideran que se tiene un ahorro de 7.35 por ciento en el consumo de solución nutritiva en el tratamiento en que se usó acolchado plástico, mejorando la eficiencia del uso del agua.

6.2.7 Riego de trasplante de plántula

Esta actividad fue desarrollada en base a las aportaciones en conocimientos de Castellanos y Ojo de Agua (2009), los cuales consideran que es recomendable hacer un lavado de sales y formar el bulbo de humedad antes de iniciar el trasplante. Para ello recomiendan aplicar una serie de pulsos de riego de 2 a 3 horas cada uno, hasta completar 300-500 m³/ha, el cual no lleva fertilizante. Cuando la humedad del bulbo ha llegado a la orilla del pasillo es el momento de suspender el riego y realizar el trasplante. Mencionan que una vez realizado el trasplante se da un riego de sello de 80-120 m³/ha. Suspendiendo el riego hasta por 4 días.

6.3 Sistema de plantación

La densidad de plantación y la poda de frutos en tomate bajo invernadero son una de las prácticas de manejo que determinan la productividad del cultivo. Las densidades de plantación baja, pero con podas de frutos en las cuales se vayan reduciendo gradualmente el número de frutos que se dejan por racimo, tienen una probabilidad de alcanzar productividades más altas en comparación con densidades de plantación más altas y con podas de frutos en las cuales se reduce drásticamente el potencial productivo de la planta (Martínez, 2012).

Una adecuada densidad y disposición de las plantas, que aproveche adecuadamente la interceptación de radiación, permitirá incrementar la fotosíntesis para, con posterioridad y

mediante técnicas de cultivo adecuadas, derivar la distribución de asimilados, en lo posible, al fruto o aquellas partes de la planta destinadas a cosecha comercial (Castilla, 1994; González, *et al.*, 2004). Para ello hay que maximizar la radiación dentro del invernadero.

La planta de jitomate es exigente en luz desde el primer momento de cultivo, perjudicándole las limitaciones de iluminación debidas a cubiertas sucias o sombreadas. La producción se reduce linealmente con la falta de radiación (se ha descrito que una reducción de un 1 por ciento de radiación supone una pérdida de un 1 por ciento de la producción) (Cockshull, 1988; Graves y Cavem, 1992; citados por González, *et al.*, 2004).

El marco de plantación establecido en los invernaderos fue de 2.7 plantas/m², considerando las siguientes cuestiones:

1. Largo de la cama es de 66.4 m, y la distancia entre plantas acorde al acolchado colocado (tresbolillo) es de 0.4 m., de tal forma que el número de plantas establecidas por línea es de 166 plantas, y considerando que en la cama de cultivo se colocaron dos líneas, el número total de plantas por cama de cultivo es de 332 plantas de jitomate.
2. Por cada túnel, se construyeron 5 camas de cultivo, y por lo tanto tenemos 1,660 plantas por túnel.
3. En los invernaderos de una hectárea, según el modelo Diente de Sierra, se cuentan con 16 túneles, de tal manera que el total de plantas de jitomate por hectárea es de 26,560. Dividiendo esta cantidad entre los metros cuadrados que tiene una hectárea, nos da un valor aproximado de 2.7 plantas por metro cuadrado de invernadero (superficie útil).

6.3.1 Plantación de jitomate

El trasplante de jitomate en los invernaderos, se realizó en las siguientes fechas:

Cuadro 11. Fechas de plantación de tomate en los invernaderos.

Invernadero núm.	Fecha de trasplante
1	25 de marzo de 2014
2	25 de marzo de 2014
3	21 de marzo de 2014
4	27 de marzo de 2014
5	24 de marzo de 2014

6.3.2 Características del material vegetativo

El material utilizado fue el híbrido de jitomate el Cid F1 de la empresa Harris Moran Seed Company, las características que presenta son:

- El Cid es un jitomate de larga vida de buen sabor, con frutos de 240 a 260 gr., redondo, ligeramente achatados, de frutos muy firmes, multilocular y de muy buen sistema radical.
- Planta determinada, vigorosa, productiva, para ser manejada con una conducción baja o botado.
- Presenta excelente resistencia a enfermedades, entre las que resalta su alta tolerancia a: V1; F1; F2; Tylev; Asc; St; N.
- Alta productividad

6.3.2.1 Crecimiento indeterminado

Según el hábito de crecimiento, las variedades de tomate se pueden clasificar en dos grupos, las de crecimiento indeterminado, que son aquellas de hábito guiador, cuyo ápice ubicado en la parte extrema del tallo, sigue creciendo indefinidamente. Desde la base del tallo, en forma alternada van apareciendo hojas y en torno a la novena hoja hace su aparición el primer racimo, luego siguen 3 hojas más y aparece el segundo racimo, y así continúa indefinidamente (Escalona, *et al.*, 2009).

6.4 Manejo de la planta

6.4.1 Entutorado

Esta actividad se desarrolló cada 8 días con el propósito de sostener a la planta en consecuencia del crecimiento de la misma. Cuando las plantas alcanzaron una altura de 2.5 m, se procedió a descolgar de manera progresiva. Se utilizaron ganchos para colgar la planta en forma de “S”, atando un extremo de la rafia a este gancho y el otro extremo a la plántula de jitomate ayudado por un anillo para tutoreo. Al momento de descolgar la planta, simplemente se aflojaba el anillo de tutoreo y la planta caía, y con ayuda de un trabajador del invernadero se colocaba a la altura ideal que facilitara las maniobras de deshoje, desbrote y polinización. Esta operación tiene que ser oportuna, un retraso en el mismo aumenta el riesgo de daño en los brotes y tallo, así como en el aborto de flores, al encontrarse el ramillete floral a una altura donde la temperatura es mayor.

6.4.2 Poda

Jaramillo, *et al.*, (2006), considera que en materiales de jitomate de crecimiento indeterminado, se requiere realizar la poda de diferentes partes de la planta como tallos,

chupones, hojas, flores y frutos, con el fin de permitir mejores condiciones, para aquellas partes que quedan en la planta y que tienen que ver con la producción, y a la vez eliminar aquellas partes de la planta que no tienen incidencia con la cosecha y que pueden consumir energía necesaria para lograr frutos de mayor tamaño y calidad.

Otras ventajas de las podas son las siguientes:

- Reducir la competencia entre órganos en crecimiento
- Mejorar la ocupación del volumen aéreo
- Facilitar la aireación de la planta
- Mejorar la penetración de la luz
- Facilitar la recolección
- Balancear la nutrición en la planta

6.4.2.1 Poda de formación

Se realizó en los primeros 10 a 15 días después del trasplante, la planta de jitomate se trabajó a un solo tallo lo que facilitó su tutorado y manejo. En esta actividad, se eliminaron los cotiledones y sus brotes axilares.

La poda es una de las actividades que se realizan ya que normalmente se dejan crecer las plantas a un solo tallo para cosechar de cada una de ellas 15 racimos o más. Este sistema de producción se practica en Europa, Estados Unidos y México y se pueden alcanzar las 500 t·ha anuales (Resh, 2004; Pastor, 2014), sobrepasando considerablemente el promedio nacional mexicano de 51.3 t·ha⁻¹ anuales (SIAP, 2013; Pastor, 2014).

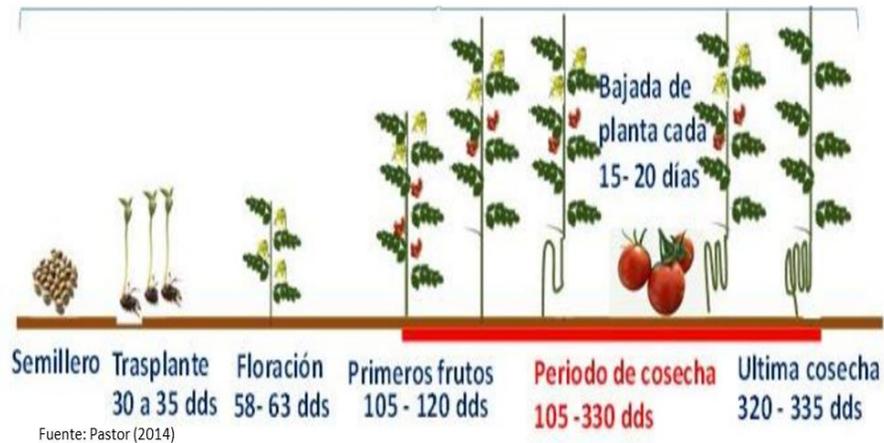


Figura 17. Fenología del sistema convencional del cultivo de tomate en invernadero.

6.4.2.2 Poda de brotes axilares

Los brotes axilares son también comúnmente conocidos como “chupones”. La poda de brotes axilares, consistió en eliminar los crecimientos vegetativos, que se desarrollan en el punto de inserción entre el tallo principal y los pecíolos de las hojas; estos se eliminaron antes de que alcanzaran un tamaño mayor de 3 cm, para que no absorban los nutrientes que se requieren para la formación y llenado del fruto.

La primera deschuponada se realizó aproximadamente entre los 25 y 30 días después del trasplante, en el momento de la poda de formación, en el que se eliminaron los brotes o chupones que estaban por debajo del primer racimo floral y se eliminaron las hojas bajas senescentes. Los chupones o yemas axilares se desarrollan durante todo el ciclo del cultivo; sin embargo, entre los 30 a 90 días después del trasplante se producen con más frecuencia, siendo necesario en ocasiones, deschuponar dos veces por semana; posteriormente disminuyen su desarrollo durante los picos de producción.

6.4.2.3 Poda de hojas

Muñoz, (2009), en la poda de hojas, se van eliminando todas aquellas inferiores senescentes por debajo del último racimo que va madurando o pintando color. El corte de la hoja debe ser limpio y al ras del tallo principal para evitar entrada de patógenos (botritis). Evitar la poda severa de hojas. Con el deshoje se consigue una mayor ventilación y mejora el color de los frutos.

En el desarrollo de actividades de esta experiencia profesional, el deshoje en las plantas se realizó considerando cortar máximo 2 a 3 hojas por semana y procurando mantener un equilibrio en la planta con 17 hojas. Un factor determinante en esta actividad es el estado fisiológico de la planta (generativo o vegetativo). Esta actividad se realizó totalmente a mano, evitando corte con tijeras, ya que se puede correr el riesgo de contagio de fusariosis y bacterias entre plantas.

Para favorecer la maduración, cuando en el ramillete floral los frutos inician el viraje a rojo, se procede a la eliminación de todas las hojas por debajo de su nivel. Normalmente los ramilletes ya recolectados deben ser eliminados para evitar posteriores desarrollos florales que producen frutos de baja calidad.



Figura 18. Actividad de deshoje y desbrote.

En plantas con crecimiento indeterminado, las hojas se ubican en grupos de tres (hojas "A", "B", "C") seguidas de un racimo floral; la hoja "A" es la que está inmediatamente por debajo o al frente del racimo floral, es la responsable del 75 por ciento del llenado del fruto; en tanto que la hoja "B" se ubica en posición intermedia a la hoja "A" y "C" y colabora con cerca del 15 por ciento del llenado del fruto; la hoja "C" aporta el 8 por ciento, repartiendo sus fotosintatos en forma bilateral para el racimo anterior y posterior (Jaramillo, *et al.*, 2006).

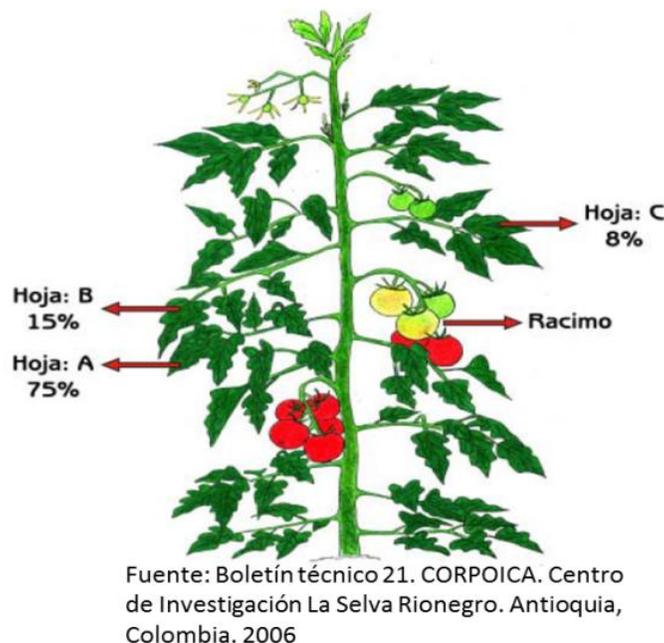


Figura 19. Distribución de las hojas en una planta de tomate de crecimiento indeterminado.

6.4.3 Polinización

La polinización es la transferencia de polen (célula masculina) desde los estambres (parte masculina de la flor) hasta el estigma (parte femenina de la flor) y hace posible la fecundación, y por lo tanto la producción de frutos y semillas, FAO (2014).

Entre los factores que reducen la productividad y calidad del cultivo de jitomate se encuentran la falta de polinización, las temperaturas desfavorables para la antesis, una

iluminación insuficiente, el exceso o falta de nutrientes y la humedad relativa (HR): cuando es alta se dificulta la liberación del polen por las anteras, mientras que cuando es baja se obstaculiza su germinación (Vallejo, 1999; Esmeijer, 2000; Aldana, *et al.*, 2007). Además consideran que La flor de jitomate tiene mecanismos que le permiten lograr hasta 98 por ciento de autopolinización, la cual, sin embargo, no es suficiente para producir frutos de alta calidad. Se ha comprobado que el tamaño del fruto depende directamente de la cantidad de granos de polen que se depositan sobre el estigma; así, a menor cantidad, se producen frutos más pequeños, con pocas semillas y deformes (Free, 1970; Aldana, *et al.*, 2007). La liberación de buenos volúmenes de polen de las anteras poricidas necesita de agentes externos, sean mecánicos o biológicos, que por vibración liberen el polen o modifiquen las condiciones fisiológicas de la flor. Con esta finalidad se han utilizado polinizadores eléctricos manuales (Morandin, *et al.* 2001; Aldana, *et al.*, 2007).

La polinización en los invernaderos de la empresa AGROSEMOSA, S. de P. R. de R. L. de C. V., se realizó diariamente de forma mecánica la que se explica a continuación:

La forma mecánica consiste en un soplador de hojas o pulverizador, vibra efectivamente una gran parte de las floraciones al mismo tiempo que las poliniza rápidamente. Este método es mucho más rápido que la vibración de los tutores. Dirige el flujo de aire hacia las plantas y mueve hacia atrás y adelante el ventilador con movimientos rápidos para vibrar las plantas con el aire forzado. Como con los otros métodos de vibración, el movimiento hace que el polen caiga de las anteras. Cuando el polen suelto se une al estigma, la polinización es exitosa.

6.4.4 Cosecha

La recolección de frutos, inicio dos meses después del trasplante, el día 29 y 31 de mayo, cuando los frutos se encontraban en estado de maduración conocido como estrella o rayado. La recolección se realizó a mano. El producto cosechado, se colocó en contenedores de plástico de

aproximadamente 20 kg y trasladados al empaque. La cosecha finalizó el día 20 de diciembre, por lo que transcurrieron 216 días de cosecha.

Una vez en el empaque, los jitomates son colocados en las bandas transportadoras, donde son lavados para eliminar las impurezas, encerados para ayudar a reducir la pérdida de agua de los frutos, clasificados por tamaños y color, eliminando los frutos pequeños, dañados o no polinizados (frutos cuadrados) y finalmente colocados en cajas de cartón proporcionadas por el cliente con peso de 13 kg/caja.

Se cosecharon 24 racimos, permitiendo realizar entre dos y tres cortes semanales, después de la caliente. La cosecha de jitomate concluyó el 20 de diciembre de 2014, ya que con antelación se aplicó el producto Etrhel (ethephon), el cual es un regulador del crecimiento natural de las plantas que, en su interior, desprende etileno, acelera la maduración. Los días transcurridos de inicio de cosecha a fin de cosecha fueron 216 (30 semanas).

6.5 Sistema de fertirrigación

Fernández-Camacho, 2008, Consideran como la definición más simple y clara que se puede hacer del término “fertirrigación” como la aplicación de fertilizantes disueltos en agua de riego.

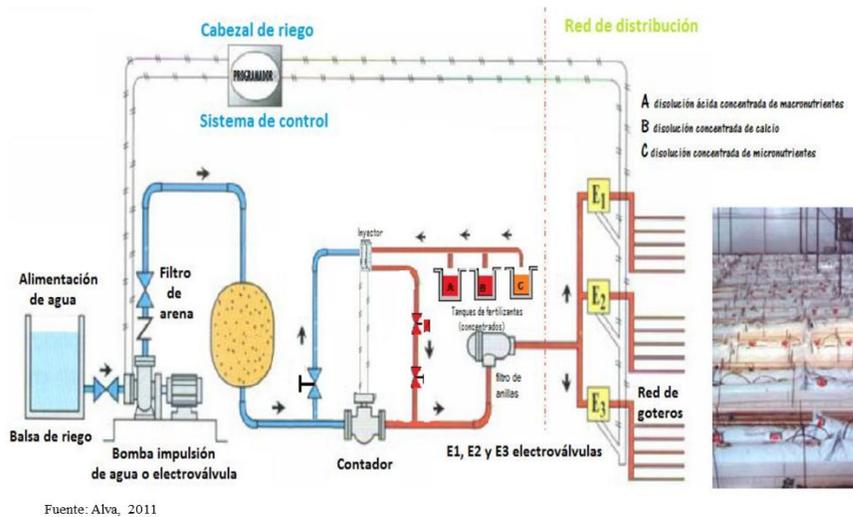


Figura 20. Esquema de un sistema de fertirrigación.

6.5.1 Componentes del sistema de fertirrigación

La empresa cuenta con un cabezal de riego, el cual es una instalación hidráulica conformada por los elementos de bombeo, filtrado, inyección y automatización, que permiten suministrar las necesidades de agua y abono a los cultivos en frecuencia y cantidad para que estos expresen su mejor potencial de rendimiento.

El cabezal de riego dirige y controla las operaciones de riego y fertilización; se compone de: alimentación de agua, sistema de filtrado, tanque solución madre; tanques de fertilizante 1 (disolución ácida para regular el pH), tanque 2 (disolución concentradora de calcio, magnesio y micronutrientes), tanque 3 (disolución concentradora de potasio micronutrientes) y tanque 4 (disolución concentradora de sulfatos), sistema de inyección y sistema de control; mientras que la red de distribución se compone de tuberías primarias (conectada directamente el cabeza al riego), tuberías secundarias y terciarias, emisoras o goteros.

6.5.2 Manejo de la nutrición del cultivo

El objetivo principal de la agricultura protegida, como el de otras industrias, es el menor costo de producción a una calidad dada con el mínimo efecto sobre el medio ambiente (Sonneveld, 2004). El objetivo con respecto al medio ambiente es reducir la cantidad de nutrientes emitidos con especial referencia a N, P y K, siendo estos iones los de mayor impacto ambiental.

Las técnicas de cultivo sin suelo o hidropónicas son reconocidas como un componente importante en la agricultura que optimiza el abastecimiento hídrico y las dosis de fertilización en los cultivos (Steiner, 1961; Baille, 1999; Preciado-Rangel, *et al.*, 2006; Martínez, *et al.*, 2009). Sin embargo, uno de los principales problemas para la adopción del fertirriego es el desconocimiento de los parámetros para la generación de la solución nutritiva y la forma de suministrar los fertilizantes eficientemente.

Aproximadamente en el año 1800, Von Liebig sostuvo el criterio de esencialidad de determinados elementos y propuso que el crecimiento de una planta estaba limitado al grado de carencia de un elemento esencial (Tisdale, *et al.*, 1985; citado por Sánchez, 2004). En el año 1930, ya se conocían 14 elementos esenciales (Lyon y Buckman, 1937; Meyer y Anderson, 1939; citados por Sánchez 2004). Además del carbono (C), Hidrogeno (H) y Oxígeno (O), eran elementos esenciales, conocidos en aquellas épocas como elementos principales y secundarios, el Nitrógeno (N), Fosforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Azufre (S). Estos elementos se precisan en cantidades relativamente elevadas, y se referían a ellos como elementos “principales”. Existen otros elementos que se precisan en concentraciones relativamente pequeñas, que los denominaron como elementos “traza”, “menores”, o “secundarios”, y entre los

que se encuentran Hierro (Fe), Zinc (Zn), Manganeseo (Mn), Cobre (Cu) y Boro (B), (Lyon y Buckman, 1937; citado por Sánchez, 2004).

Son 16 elementos químicos (nutrimentos) que son esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas (Hochmuth, 2001; Cruz, 2007).

Sánchez, (1984), considera que los elementos esenciales, de acuerdo con los criterios de esencialidad de ARNON, son los siguientes: Carbono C, Potasio K, Cobre Cu, Hidrógeno H, Calcio Ca, Zinc Zn, Oxígeno O, Magnesio Mg, Molibdeno Mo, Nitrógeno N, Hierro Fe, Cloro Cl, Fósforo P, Manganeseo Mn, Azufre S, Boro B, (Sodio Na), (Silicio Si), (Cobalto Co). Los tres últimos citados, que aparecen entre paréntesis, no tienen establecida su esencialidad para todas las plantas superiores. El sodio se encuentra en, relativamente, grandes cantidades, en algunas especies adaptadas a condiciones salinas. En otros casos se le conoce un efecto beneficioso y en otros es esencial. El silicio se sabe es esencial para el arroz. El cloro es el elemento que se ha añadido a la lista más recientemente. También menciona que las primeras leyes sobre nutrición mineral las enuncia LIEBIG en 1840; la Ley de Restitución, que establece el principio de que es necesario devolver al suelo los nutrientes extraídos por los cultivos, y la Ley del Mínimo, que señala que el crecimiento de la planta está en función del nutriente que se encuentra en, relativamente, menor cantidad.

6.5.2.1 Solución nutritiva establecida en los invernaderos

La solución nutritiva calculada y utilizada en el cultivo de jitomate en esta experiencia profesional, fue considerando el criterio de Fernández y Camacho (2008), aportando a la planta una *solución iónica* donde hayamos equilibrado iónicamente los elementos nutritivos. Es esencial que la solución nutritiva tenga la proporción adecuada, necesaria para que las plantas absorban los, nutrimentos; en caso contrario, se producirá un desequilibrio entre los nutrimentos,

lo que dará lugar a excesos o déficit en el medio de cultivo y afectará la producción (Rincón, 1997; Favela, *et al.*, 2006), además consideran que la planta no absorbe nutrientes en la misma cantidad durante el ciclo, ya que lo hace según la etapa fenológica y las condiciones climáticas, por lo que el equilibrio iónico de la SN se adapta al ritmo de absorción de la planta (Adams, 1994; Rincón, 1997; Favela, *et al.*, 2006).

Se consideró la SN y etapas fenológicas del cultivo de jitomate propuesta por Castellanos y Ojo de agua (2009). En la primera etapa, durante los primeros 75 días después del trasplante (DDT), los requerimientos son en base a una conductividad eléctrica de 1.1-1.3 dS/m; en la segunda, de los 75 a los 125 DDT, cuando inicia la cosecha, se tienen rendimientos altos y la extracción es mayor, en este caso la CE es de 1.2-1.4 dS/m; En la tercera etapa la producción empieza a disminuir junto con la demanda de nutrientes, en esta última etapa la CE es de 1.1 a 1.3 dS/m. Cabe aclarar que en estas CE, establecidas por etapa fenológica, no se considera el efecto del sodio del agua.

Favela, *et al.*, (2006), menciona que en general, las SN que se utilizan para la producción de cultivos constan de seis macronutrientes esenciales: tres cationes (K^+ , Ca^{++} , Mg^{++}) y tres aniones (NO_3^- , $H_2PO_4^-$ y SO_4^-), y en algunas soluciones NH_4^+ en pequeñas concentraciones.

Simplificando, la SN en seis macronutrientes, sin tomar en cuenta los iones H^+ , OH^- y las posibles disociaciones de $H_2PO_4^-$, se tiene: $[K^+]+[Ca^{++}]+[Mg^{++}]+ [NH_4^+] = [NO_3^-]+[H_2PO_4^-]+[SO_4^-] = C$. Donde C es la cantidad total de aniones y cationes expresados en $meqL^{-1}$. Al dividir la cantidad de $me L^{-1}$ de cada ión por la cantidad total de los $me L^{-1}$ (sumatoria de aniones y cationes), resulta la proporción de cada ion presente en la solución.

De acuerdo con Steiner (1961, 1966, 1984), De Rijck y Schrevens (1998^a), Juárez, *et al.*, (2006), la composición química de una solución nutritiva está determinada por i) una relación

catiónica mutua, ii) una relación aniónica mutua, iii) la concentración iónica total, y iv) el pH. Varios autores (Steiner, 1961, 1966, 1968, 1984; Bugarín, *et al.*, 1998; Flores, 1999; Martínez, 1999; Preciado, 2001; Juárez, *et al.*, 2006) indican que entre las características que influyen de manera determinante en la respuesta de las plantas a la solución nutritiva, la más importante es la presión osmótica.

La SN está caracterizada por el valor de la conductividad eléctrica (CE) dada en dSm^{-1} , los macroelementos expresados en meqL^{-1} o mmolL^{-1} , y los microelementos en mgL^{-1} (ppm). Para determinar la Presión Osmótica (PO) de la Solución Nutritiva (SN) se utilizó (Preciado-Rangel, *et al.*, (2006), Martínez, *et al.*, (2009).

$$\text{PO} = \text{CE} (0.36) \quad (1)$$

Y la concentración total de iones (Preciado-Rangel, *et al.*, (2006), Martínez, *et al.*, (2009).

$$\text{Concentración de iones} = \text{PO}/0.024 \quad (2)$$

Camacho (2015), considera que la $\text{PO} > 1.1$ provoca respuestas indeseadas en algunas plantas. El jitomate, una de las plantas que más CE soporta dentro de las hortícolas, podríamos movernos hasta con 4 dS/m, valores máximos serían:

$$\text{PO} = 1.1 \quad \text{CE} = 3.06 \text{ dS/m}$$

$$\text{PO} = 1.4 \quad \text{CE} = 4.0\text{dS/m}$$

Además aconseja no hacer cambios en la SN que afecten a más de 0.2 atm y 0.55 dS/m.

La conductividad eléctrica (CE) de la disolución nutritiva es una medida de la concentración total de las sales disueltas y es a menudo referida como la salinidad. Aunque es fácil de medir, la CE no entrega información acerca de las concentraciones de los nutrientes presentes en forma individual. No obstante, se utiliza ampliamente para seguir el estado de los nutrientes totales de los suelos, sustratos y disoluciones, Adams, (2004; Cruz, 2007).

Steiner (1961); Juárez (2006) estableció el concepto de relación mutua entre los aniones NO_3^- , H_2PO_4^- , $\text{SO}_4^{=}$, y entre los cationes K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} . Se basó en que una solución nutritiva debe estar regulada en sus macronutrientes contenidos en los iones mencionados (i. e. N, P, K, Ca, etc.). Además consideran que 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. Las relaciones mutuas entre los iones en la SN universal de Steiner en porcentaje del total de mML^{-1} es de 60:5:35 para NO_3^- : H_2PO_4^- : $\text{SO}_4^{=}$ y 35:45:20 para K^+ : Ca^{++} : Mg^{++} .

Steiner (1984); Ortiz (2015), sugiere la siguiente ecuación para determinar la CE de una SN: $\text{CE} = \sum \text{de cationes} / 10$. Esta ecuación es útil para valores de CE de 0 a 5 dSm^{-1} , rango en el que se encuentra la CE teórica de la SN.

$$\text{CE} \times 10 = \sum \text{cationes} = \sum \text{aniones (en meq/L), Castellanos y Ojo de Agua (2009)}$$

6.5.2.2 Cálculo de la SN en campo

La incursión de innovaciones tecnológicas en la agricultura ha permitido contar con mecanismos automáticos de cálculo de soluciones nutritivas que abarcan desde hojas de cálculo, cuya simplicidad confronta al usuario con diversos contratiempos para la formulación, hasta sistemas que amplían su flexibilidad al presentar posibilidades de cálculo de una solución partiendo de una fórmula estándar previamente diseñada que se ajusta de acuerdo con los requerimientos del cultivo dependiendo del desarrollo, etapa y condiciones de crecimiento (Sonneveld, *et al.*, 1999; Martínez, *et al.*, 2009). El grado de complejidad que se puede llegar a alcanzar se extiende a los sistemas expertos basados en el conocimiento (Corona-Saenz, *et al.*, 2000; Martínez, *et al.*, 2009).

En esta experiencia profesional se consideró para el programa de nutrición vegetal al cultivo de jitomate en invernadero, presentar la forma de cálculo en campo de una solución nutritiva iónicamente equilibrada para aplicarla en fertirrigación, pero, sin utilizar el programa de computo (Excel) diseñado para tal fin por Fernández y Camacho (2008), aunque, los formatos si serán de utilidad para el cálculo correspondiente. El principio de operación está basado en el método universal de preparación de soluciones nutritivas propuesto por Steiner, (Steiner, 1961; Martínez, *et al.*, 2009).

La secuencia metodológica y cálculo:

- 1) Selección de la CE, considerando la segunda etapa fenológica de los 75 a los 125 DDT en que se encuentra el cultivo (Castellanos y Ojo de agua (2009)), en este caso 1.4 dS/m;
- 2) Calculo de la concentración de la suma de aniones o cationes, multiplicando la CE x 10, es decir, $1.4 \times 10 = 14 \text{ me/L}$;
- 3) SN iónicamente equilibrada en meqL^{-1} , determinada por una relación catiónica mutua (35:45:20 para $\text{K}^+ : \text{Ca}^{++} : \text{Mg}^{++}$), y una relación aniónica mutua (60:5:35 para $\text{NO}_3^- : \text{H}_2\text{PO}_4^- : \text{SO}_4^-$): Steiner (1961), Juárez, *et al.*, (2006);

Cuadro 12. Solución Nutritiva equilibrada iónicamente.

Cálculo de la concentración de aniones (meqL^{-1})				Cálculo de la concentración de cationes (meqL^{-1})			
Aniones	Cálculo	Por ciento Steiner	Concentración meqL^{-1}	Cationes	Cálculo	Por ciento Steiner	Concentración meqL^{-1}
Nitratos (NO_3^-)	14 x	0.60	8.4	Potasio (K^+)	14 x	0.35	4.9
Fosfatos (H_2PO_4^-)	14 x	0.05	0.7	Calcio (Ca^{++})	14 x	0.45	6.3
Sulfatos (SO_4^-)	14 x	0.35	4.9	Magnesio (Mg^{++})	14 x	0.20	2.8
Total			14	Total			14

4) Ordenar Cationes y Aniones por su importancia en la nutrición en meqL^{-1} en el cuadro 15, formato considerado por Fernández y Camacho (2008); y además, 5) Disponer del análisis químico del agua para restar aportes nutrimentales por este insumo a nuestra solución nutritiva (SN);

Cuadro 13. Análisis químico del agua de riego.

Ca	Mg	Na	K	CO ₃	HCO ₃	Cl	SO ₄	pH	C. E.
meL^{-1}									dS/m
2.28	0.13	1.99	0.16	0	3.5	0.65	0.57	7.8	0.45

Cuadro 14. Solución nutritiva equilibrada iónicamente calculada para tomate es la siguiente.

meqL^{-1}	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁼	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺
	8.4	0.7	4.9	4.9	6.3	2.8

6) Destruir bicarbonatos hasta dejarlos en 0.5 meqL^{-1} ; 7) Completar los macros empezando por el nitrógeno (N); 8) Dejar los ajustes de sulfatos para el final; de acuerdo a la solución recomendada nos permite estar en un rango de 3 a 6 me/L .; 8.1 Cálculo de la CE final de la SN a aportar al cultivo de jitomate.

Cuadro 15. Procedimiento de cálculo para elaborar la solución nutritiva en forma manual en campo.

		Aniones					Cationes					pH	CE
		NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺		
Sol. Nutritiva		8.4	0.7	4.9	0.5	0.0	0.0	4.9	6.3	2.8	0.0		1.4
Agua		0.01	0	0.57	3.5	0.65	0	0.16	2.28	0.13	1.99	7.8	0.45
Aportes	<i>me L⁻¹</i>	8.4	0.7	4.3	-3.0	-0.65	0.0	4.7	4.0	2.7	-2.0		
Ca(NO ₃) ₂ ·H ₂ O	4.0	4.0					0.3		4.0				
H ₃ PO ₄	0.70		0.7		0.7								
HNO ₃	2.3	2.3			2.3								
H ₂ SO ₄	0			0	0								
KNO ₃	2.1	2.1					2.1						
K ₂ SO ₄	2.6			2.6			2.6						
MgSO ₄ ·7H ₂ O	2.7			2.7						2.7			
NH ₄ NO ₃	0	0				0							
KH ₂ PO ₄	0		0				0						
NH ₄ H ₂ PO ₄	0		0			0							
Mg(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O	0	0								0			

KCl	0					0		0		
Aportes me L ⁻¹	8.4	0.7	5.3	3.0	0.65	0.3	4.7	4.0	2.7	
Aportes mmol L ⁻¹	8.4	0.7	2.65	3.0	0.65	0.3	4.7	2	1.35	
Aportes ppm (elemento)	118	22	170		0	4	183	80	32	

Medidas de conversión

$$\text{Aportes mmolL}^{-1} = \text{meqL}^{-1} / \text{valencia}$$

$$\text{Aporte ppm (mgL}^{-1}) = \text{mmolL}^{-1} \times \text{Peso molecular}$$

$$\text{Aporte ppm (mgL}^{-1}) = \text{meqL}^{-1} \times \text{Peso equivalente}$$

Muñoz, (2004), considera que la fórmula del nitrato de calcio comercial es la siguiente: $5[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}] \cdot \text{NH}_4\text{NO}_3$, por lo que contiene un 1.16 por ciento de N-NH₄, o 0.064 me de NH₄.

El amonio aportado en la solución nutritiva es: (0.064 me de NH₄) (4.0 mL⁻¹ de Ca(NO₃)₂.)

Cuadro 16. Equilibrio iónico de la solución nutritiva.

meq L ⁻¹	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	Total	
NH ₄ ⁺		0	0		0.0	Suma cationes
K ⁺	0	2.1	0	2.6	4.7	
Ca ²⁺		4			4.0	
Mg ²⁺		0		2.7	2.7	
H ⁺		2.3	1	0	3.0	
Total	0.0	8.4	0.7	5.3		14.4
	Suma aniones					14.4

Para el análisis de la conductividad eléctrica final de la solución nutritiva, se consideraron dos fórmulas empíricas aportadas por Camacho, (2015), en el diplomado internacional de fertirrigación, que sirven para comprobar que la SN calculada se encuentra correcta. Estas fórmulas son las siguientes:

$$\sum \text{aportes en ppm} / (800 \text{ a } 900) + \text{CE de agua} = \text{CE final (dS/m)}$$

$$\sum \text{cationes en meqL}^{-1} / (8 \text{ a } 11) + \text{CE de agua} = \text{CE final (dS/m)}$$

Los valores 800 a 900 y 8 a 11, se utilizan conforme a la calidad del agua de riego, por lo tanto, para un agua de buena calidad para el riego agrícola, se utiliza 800 y 8 en las fórmulas respectivas. Para cuando un agua de riego es de mala calidad para el cultivo, entonces se utilizan los valores 900 y 11, en la fórmula correspondiente. Se pueden utilizar valores intermedios, siempre considerando la calidad del agua de riego (buena, regular o mala).

Los valores de CE determinados en estas fórmulas, se resta la CE final calculada de ppm y la CE final calculada mediante los cationes (dS/m) y el producto se divide entre la CE final calculada mediante los cationes (dS/m).

$$(\text{CE ppm (dS/m)} - \text{CE cationes (dS/m)}) / \text{CE cationes (dS/m)} = \text{por ciento}$$

El resultado en porcentaje, nos indica que si este es menor del 20 por ciento, la SN es correcta, podemos proseguir con el proceso de nutrición al cultivo.

Si el porcentaje es mayor del 20 por ciento, es necesario repasar los números, ya que, puede existir un posible error o es necesario realizar cambios en algunos elementos de la SN porque probablemente tenga un mejor ajuste. 9) Realizar la elección de fertilizantes y pasar las unidades de me/L a unidades de peso y/o volumen.

Cuadro 17. Cantidades requeridas de fertilizante y ácidos por m³ de agua.

meL ⁻¹	Conversión a gramos o mililitros	Cantidad	Unidad
4.0	meL ⁻¹ de Nitrato de Calcio x 91 mg/me	364.0	g/m ³
0.7	meL ⁻¹ de Ácido fosfórico x 98 mg/me/0.75/1.62	56.46	ml/m ³
2.3	meL ⁻¹ de Ácido nítrico x 63 mg/me/0.41/1.41	250.65	ml/m ³
2.1	meL ⁻¹ de Nitrato de potasio x 101 mg/me	212.1	g/m ³
2.6	meL ⁻¹ de Sulfato de potasio x 87.2 mg/me	226.72	g/m ³

2.7	meL ⁻¹ de Sulfato de magnesio x 123.1 mg/me	332.37	g/m ³
-----	--	--------	------------------

En el caso de los ácidos además de multiplicar por su peso miliequivalente, hay que dividirlo entre la pureza y entre la densidad para pasarlo a ml de ácido por m³ de agua.

Para el cálculo de meqL⁻¹ a gramos de fertilizante por metro cubico de agua, se utilizó el siguiente cuadro aportado por Urrestarazu, 2004.

Cuadro 18. Pesos atómicos (Pa), moleculares o iónicos (Pm) para los diferentes iones presentes en las aguas de riego y fertilizantes más frecuentes en agricultura, así como su peso equivalente (Pe) en función de la valencia (v).

Elemento	Pa	Forma iónica	Pm mol	Pe e	Formulación de la sal o fertilizante	Nombre	Pm mol	Pe e
N	14	NH ₄ ⁺	18	18	HNO ₃	Ácido nítrico	63	63
					NH ₄ NO ₃	Amonio nitrato	80	80
		NO ₃ ⁻	62	62	(NH ₄) ₂ SO ₄	Amonio sulfato	132	66
					Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	Calcio Nitrato 4-hidrato	236	118
					Ca(NO ₃) ₂ ·H ₂ O	Calcio Nitrato 1-hidrato	182	91
KNO ₃	Potasio Nitrato	101	101					
P	31	H ₂ PO ₄ ⁻	97	97	H ₃ PO ₄	Ácido Fosfórico	98	98
					NH ₄ H ₂ PO ₄	Amonio di-hidrógeno Fosfato	115	115
					KH ₂ PO ₄	Potasio di-hidrogeno Fosfato	136	136
K	39	K ⁺	39	39	KNO ₃	Potasio Nitrato	101	101
					KH ₂ PO ₄	Potasio di-hidrogeno Fosfato	136	136
					K ₂ SO ₄	Potasio Sulfato	174	87
Ca	40	Ca ²⁺	40	20	Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	Calcio Nitrato 4-hidrato	236	118
Mg	24	Mg ²⁺	24	12	MgSO ₄ ·7H ₂ O	Magnesio Sulfato 7-hidrato	246	123
					Mg(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O	Magnesio Nitrato 6-hidrato	256	128
S	32	SO ₄ ⁻²	96	48	K ₂ SO ₄	Potasio Sulfato	174	87
					MgSO ₄ ·7H ₂ O	Magnesio Sulfato 7-hidrato	246	123
Cl	35.5	Cl ⁻	35.5	35.5				
Na	23	Na ⁺	23	23				
C	12	CO ₃ ⁻²	60					
					HCO ₃ ⁻	61		

Fuente: Miguel Urrestarazu Gavilán. 2004. La disolución de fertirrigación. En: Tratado de cultivo sin suelo.

10) Ajustar micros mgL^{-1} (ppm), considerar un mix que contenga el 7.5 por ciento de fierro (Fe).

Se fija cantidad en 1.5 ppm

$$1.5/0.075 = 20 \text{ mg/L} = 20 \text{ grs/m}^3 \text{ de agua}$$

11) Distribuir en los tanques de solución madre de la (SN).

El sistema de fertirrigación o cabezal de riego en la empresa, cuenta con 4 tanques para la disolución nutritiva (figura 10). La SN se concentró 150 veces.

Cuadro 19. Concentración de la solución nutritiva.

Fertilizante	Cantidad, g o ml/m^3	Volumen del tanque, m^3	Veces concentrada	Conversión de g a kg	Cantidad total (Kg ó L)
Nitrato de Calcio	364.0	1	150	0.001	54.6
Ácido fosfórico	56.46	1	150	0.001	8.5
Ácido nítrico	250.65	1	150	0.001	37.6
Nitrato de potasio	212.1	1	150	0.001	31.8
Sulfato de potasio	226.72	1	150	0.001	34.0
Sulfato de magnesio	332.37	1	150	0.001	49.9
Mix de Microelementos	20.0	1	150	0.001	3.0
TOTAL					

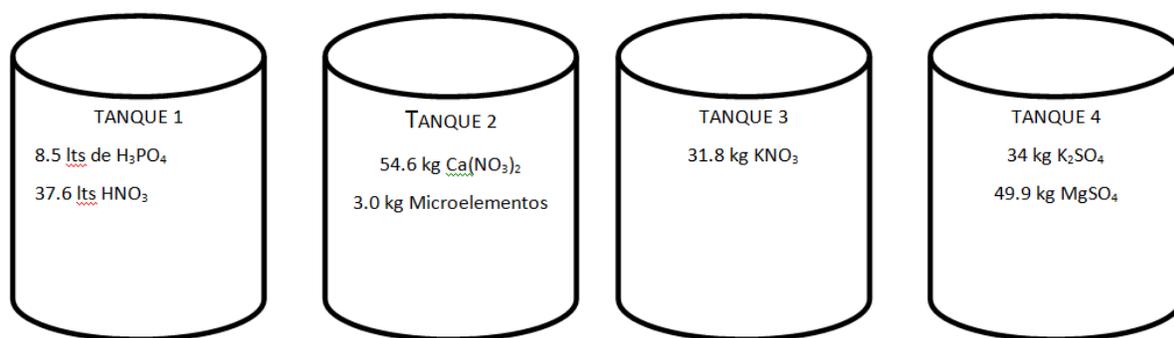


Figura 21. Distribución de la solución nutritiva en el sistema de fertirrigación.

12) Programar el fertirriego. Considerando el flujo instantáneo de riego calculado en los invernaderos, la inyección de la solución nutritiva fue de:

Flujo instantáneo de riego: 45,820 L/hr

SN veces concentrada: 150

Si la SN se concentra 150 veces; entonces se tiene que diluir 150 veces en el flujo instantáneo de riego.

$$45,820/150 = 305.5 \text{ litros de SN/hr}$$

En nuestro caso para la inyección de los fertilizantes mediante el cabezal de riego computarizado de la marca PRIVA NUTRIJET, se programó la inyección de la solución nutritiva mediante el uso de los sensores de CE y pH.

La conductividad eléctrica establecida en los riegos fue de 1.4 dS/m.

6.5.3 pH de la Solución Nutritiva

Steiner (1968); Juárez (2006), generalmente usa valores de pH de 6.0 a 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.

El pH de la SN se controla con el fin de neutralizar la presencia de los bicarbonatos en el agua de riego, ya que estos iones producen un elevado pH, y un alto contenido de ellos en la zona radical provoca la inmovilización del P, Mn y Fe (Rincón, 1997; Favela, *et al.*, 2006); además, con un alto pH en la SN, el Ca y el Mg pueden precipitar con el HPO_4 (De Rijck y Schrevens, 1998; Amiri y Sattary, 2004; Favela, *et al.*, 2006). Además consideran que el pH apropiado de la SN para el desarrollo de los cultivos se encuentra entre los valores 5.5 y 6.5; sin embargo, el pH de la SN no es estático, ya que depende del CO_2 en el ambiente, de que la SN se

encuentre en un contenedor cubierto o descubierto, del ritmo de absorción nutrimental, de la fuente nitrogenada utilizada.

El pH de la SN establecida en el cabezal de riego fue entre 5.5 a 6.5. El valor fue determinado por el sensor de pH integrado en el equipo computarizado.

6.5.4 La disolución de fertirrigación

Concentrada “n” veces para ser diluida “n” veces. También se denomina a esta forma de preparación “solución nutritiva al 50 por ciento”. Consiste en concentrar todos los fertilizantes que conforman la solución nutritiva de acuerdo a un valor fijo (entre cien y doscientas veces) para luego ser inyectados diluyéndolos en la misma proporción en que se concentraron. Dada la baja solubilidad de las sales que conforma el calcio con los fosfatos y los sulfatos, son necesarios dos depósitos por cada solución nutritiva que se elabore, Moreno, (2004).

Cuando se tienen los fertilizantes concentrados en depósitos (soluciones madre), durante la operación de riego, hay que inyectarlos a la red para que se diluya. Así se consigue la solución nutritiva que hay que aportar al cultivo, Moreno (2004), además considera que al concentrar los fertilizantes se hace necesario disponer de sistemas de agitación que faciliten la operación de dilución. La capacidad de inyección necesaria es proporcional a la relación de concentración de los fertilizantes. Por ejemplo, si una solución nutritiva se ha concentrado 150 veces y el caudal instantáneo de sector de riego es de 30,000 l/hr, el elemento inyector debe tener como mínimo un caudal de inyección de 200 l/hr (30,000/150), Moreno (2004).

La solución nutritiva establecida en los invernaderos fue considerando lo mencionado por Urrestarazu, (2004), con relación a la compatibilidad de los fertilizantes el problema más importante a resolver es la tendencia a la precipitación del Ca^{2+} con la presencia de los iones carbonatos, sulfatos o fosfatos. Por ello la regla a este respecto es muy clara e importantísima: no

se deben utilizar en la mezcla de fertirrigación concentrada aquellos fertilizantes que introduzcan los iones sulfatos o fosfatos con los que cotransporten el calcio. Por lo tanto, si usamos dos tanques y respetamos esta consideración podrán alcanzarse concentraciones madre de entre 100 y 200 veces concentrada, con el consiguiente ahorro de tiempo al preparar un número de veces menor dichas disoluciones madre. Además considera que con los modernos cabezales de fertirriego se pueda contar con más tanques de disolución madre, de 3 a 7, que permite una mayor flexibilidad a la hora de la programación de fertirriegos.

6.6 Manejo del riego en el invernadero

El manejo del riego en el invernadero es una de las actividades más importantes para conseguir altos rendimientos (Villalobos-Castellanos-Ojo de Agua, 2004)

A continuación se establece la metodología de cálculo del *caudal instantáneo* de este sector de riego (volumen de riego por hectárea por hora) según Fernández y Camacho (2008) para un sistema de fertirrigación en riego por goteo.

$$(10,000 \text{ m}^2)(\text{No.} ___ \text{goteros/m}^2)(_____ \text{caudal gotero Lh}^{-1})(1.0 \text{ hora de riego}) = _____ \text{ L/hr}$$

Así para las condiciones de los invernaderos atendidos fue el siguiente cálculo:

$$(10,000 \text{ m}^2) (5.8 \text{ goteros/m}^2)(0.79 \text{ caudal gotero Lh}^{-1})(1 \text{ no. hr de riego}) = 45,820 \text{ L}$$
$$= 45.82 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Baixauli y Aguilar (2002), consideran que la programación de los riegos está basada en la dotación y la frecuencia, para lo cual disponemos de programadores de riego más o menos sofisticados, así como señales externas que terminan definiendo distintos tipos de programación de riegos.

La dotación se puede automatizar por volúmenes, mediante contadores de riego automáticos. El otro sistema es por tiempo, que es el más económico y el más extendido, nos permite conocer el volumen aportado a partir del caudal de funcionamiento de la instalación.

La frecuencia de riego es la más difícil de ajustar y para ello, podemos encontrar desde sistemas y programadores de riego muy sencillos, hasta tecnología muy sofisticada y de aplicación reciente.

6.6.1 Estrategia para definir la Demanda Hídrica en el invernadero.

Para la aportación de la demanda hídrica al cultivo de jitomate, se consideraron tres estrategias para programar los riegos en los invernaderos, se mencionan a continuación.

6.6.1.1 Estrategia por volumen de riego.

Como base para iniciar con el programa de riegos en el invernadero, las aportaciones de Castellanos y Ojo de Agua (2009), en el Manual de Producción de Jitomate en Invernadero, fueron de considerable valor:

Cuadro 20. Programa de riegos para los invernaderos.

Edad (Semanas Después del Trasplante)	Demanda hídrica, ml/planta/día	Dotación de riego, m ³ /ha	Frecuencia de riego
2	300-350	33-39	Cada 4 días
3	400-500	33-42	Cada 3 días
4	550-600	46-50	Cada 3 días
5	600-800	34-45	Cada 2 días
6	800-1000	45-56	Cada 2 días
7	1000-1200	28-33	Diariamente
8	1200-1400	33-39	Diariamente
>9*	1400-1600	39-44	Diariamente

*Llegando a la temporada de invierno los consumos se reducen a 20 ó 30 m³/ha y día.

Asimismo consideran que estos valores son solo un indicador del volumen de agua que demanda el cultivo conforme va desarrollándose. Los valores presentados en el cuadro anterior, corresponden a la demanda hídrica del jitomate de invernadero en suelo para plantaciones de primavera en la región central de México, para una densidad de 2.8 plantas/m².

Las aportaciones de los volúmenes de riego considerados en cada etapa de desarrollo, contienen la solución nutritiva en base a la conductividad eléctrica (CE), establecida para las etapas fenológicas.

6.6.1.2 Estrategia por hora fija de riego.

La segunda estrategia hace referencia a establecer un programa de riegos a hora fija, por medio del cual se establecen riegos a horas prefijadas. Es de gran utilidad tras el trasplante del cultivo y durante las dos a tres semanas. Diariamente se realizan de uno a tres riegos manteniendo la humedad suficiente para el correcto arraigue de la planta. También son muy útiles dentro de la programación, en combinación con otros modos de programación, para dar riegos en momentos fijos del día, Baixauli y Aguilar (2002).

6.6.1.3 Estrategia de estaciones tensiométricas

La tercera estrategia establecida para aportarle al cultivo el agua de riego es el planteado por Villalobos, *et al.*, 2004, referente al uso del tensiómetro para manejar el agua de riego en el suelo. El tensiómetro es un dispositivo que indica el esfuerzo con que el suelo retiene el agua. En México se han desarrollado trabajos con diferentes cultivos usando el tensiómetro con éxito como criterio de riego (Méndez, 2002; Villalobos, 2003; Villalobos, *et al.*, 2004. Mediante esta estrategia, se reforzó a las estrategias uno y dos.

Se instalaron dos tensiómetros por invernadero, de 6 y de 12 pulgadas. El lugar de su colocación, fue en la parte central del invernadero y por experiencia se conoce que es la parte donde las temperaturas se presentan más altas, por tal razón, el déficit de humedad se incrementa mayormente.



Figura 22. Tensiómetros de 6", colocado en el invernadero para monitorear la humedad del suelo.



Figura 23. Tensiómetro de 12", colocado en el invernadero para monitorear la humedad en el suelo.



Figura 24. Tensiómetros de 6" y de 12" colocados en el invernadero para monitorear la humedad en el suelo.

Castellanos (2009), considera que el criterio para definir cuándo regar, en un suelo de textura fina (franco arcilloso) como el que se presenta en los invernaderos motivo de esta experiencia profesional, se encuentra entre 10-20 cbar. Este rango de humedad se considera óptimo para el desarrollo de la mayoría de los cultivos, aunque puede variar de cultivo a cultivo. El valor inferior es el que normalmente ocurre después del riego; el superior indica que hay que disparar un riego. En el criterio de riego es importante considerar la etapa fenológica del cultivo.

En términos prácticos considere muy apropiado el uso de un sistema combinado para el control de aportaciones de régimen hídrico al cultivo, así por una parte establecía el volumen de agua que es necesaria aplicar en el riego, la aportación del agua de riego con una programación temporal (control de tiempos) y finalmente con las estaciones tensiométricas se determinó cuando aplicar.

6.7 Plagas que se presentaron en los invernaderos

Entre los principales problemas a que nos enfrentamos en la sanidad del cultivo, en los invernaderos son las siguientes:

6.7.1 Mosquita blanca

Principal (es) especie (s).

La mosca blanca del invernadero, *Trialeurodes vaporariorum* West.; *Bemisia tabaci* L.; y *B. argentifolli* L. Son cosmopolitas. La especie más común en México, es *T. vaporariorum*.

Presenta metamorfosis completa modificada: huevo, ninfa, pupa y adulto. El huevo es de forma oval y esta “pegado” al tejido vegetal en forma perpendicular al substrato. El primer estadio ninfal es conocido como “crawler” o estadio “móvil”. Es el único estadio ninfal móvil. Tras fijarse en la planta pasan por tres estadios larvarios y uno de pupa, este último característico de cada especie. Los adultos son minúsculos (1.2-1.6 mm). La mosca blanca presenta cuatro alas desarrolladas cubiertas de un fino polvillo blanco (Rondón, 2004)

Los daños producidos por las moscas blancas son de tres tipos (Avilla, *et al.*, 2004; Moreno, 2011): 1) Debilitamiento de la planta al alimentarse de la savia del floema; 2) Producción de melaza que al depositarse sobre las hojas y frutos provocan el asentamiento de hongos que dificultan la fotosíntesis; 3) Transmisión de virus debido a su gran capacidad para actuar como vectores, especialmente *B. tabaci*, transmisora, por ejemplo, del TYLCV (virus del rizado amarillo del jitomate, (Moriones y Luis-Arteaga 1999; Moreno, 2011), conocido como “virus de la cuchara” (Álvarez, 2012).

Monitoreo de plaga.

El programa de monitoreo de plagas, consistió en la inspección individual de plantas, uso de trampas cromáticas amarillas, e identificación correcta de la plaga. Este proceso se realizó una vez por semana desde el inicio al final del cultivo. Una vez presente la plaga en el invernadero, el monitoreo se realizó dos veces por semana.

Las trampas amarillas, son utilizadas solo para monitoreo de la plaga no para control, los insectos responden positivamente a este tipo de espectro de luz.

Las trampas se colocaron en zigzag, procurando que cada trampa (de 20 x 30 cm), abarcaran 10 m².

Estrategia de Control.

El control cultural es uno de los pilares de cualquier programa de manejo. Como parte del manejo cultural se incluyen la limpieza, dentro y alrededor del invernadero, eliminación de malezas y rastrojos después del ciclo anterior, uso de plantulas libres de plagas.

La limpieza del invernadero es fundamental para evitar cualquier foco de infestación. Las malezas pueden servir como cultivo hospedero de insectos dañinos para nuestro cultivo, por tal razón deben ser eliminadas de forma manual, evitando de cualquier manera el uso de herbicidas dentro del invernadero.

Otras medidas incluyen: 1) los trabajadores deben evitar el uso de ropa de color amarillo, insectos son atraídos a ese tipo de color y pueden adherirse a las ropas e ingresar en el invernadero; 2) mantener las puertas del invernadero cerradas en todo momento; 3) colocar fuentes con agua y lejía en la entrada del invernadero (caseta sanitaria); 4) desinfectar tijeras e instrumentos de poda en caso de utilizarlos; 5) evitar el tránsito de personas ajenas en el invernadero.

Control con insecticidas biorracionales

Los insecticidas biorracionales son sustancias producidas por microorganismos, plantas o minerales, que se descomponen en pocas horas después de aplicarlos y son específicos para la plaga que se desea controlar (O’Farrill, 2008; González, *et al.*, 2013).

Al detectar la presencia de mosca blanca en los invernaderos, se estableció un programa de aplicaciones con pesticidas biorracionales, consistente en jabón potásico, aceites, derivados del neem, extractos de plantas, además de incluir un deshoje en el jitomate para eliminar todo el huevecillo y/ o ninfas en la planta.

Control con pesticidas químicos

La estrategia de aplicación de plaguicidas, se realizó, cuando la plaga alcanzó el umbral de acción o umbral económico, el cual consiste en el nivel de infestación al que se deben utilizar medidas artificiales de protección al cultivo (v. gr. Insecticidas) para evitar que la(s) plaga(s) alcance(n) el nivel de daño económico (NDE). Utilizando plaguicidas que afecten lo menos posible la fauna benéfica natural, y además, evitando los de amplio espectro de acción.

Las aplicaciones de plaguicidas se alternaron con diferente modo de acción para evitar resistencias (grupos toxicológicos).

6.7.2 Paratrioza (*Bactericera cockerelli* Sulc.) (HOMOPTERA: PSYLLIDAE)

ORDEN	HOMOPTERA	
FAMILIA	PSYLLIDAE	
GENERO	BACTERICERA (PARATRIOZA)	
ESPECIE	COCKERELLI	
NOMBRE COMUN	Psylido de la papa, Psylido del tomate, Salerillo, Piojo saltón, Pulgón saltador	

Fuente: CEIKOR (Centro de Investigación y Capacitación Kopper Rapel)

Figura 25. Paratrioza (*Bactericera cockerelli* Sulc.).

La paratrioza se desarrolla desde temperaturas de 17.5 °C a 20 °C, de huevecillo a adulto en un promedio de 20 a 28 días. La óptima para su desarrollo es de 26 °C y su ciclo de vida es de tres semanas. Los adultos se alimentan de brotes jóvenes de las plantas, el principal daño se le atribuye a su capacidad para transmitir el fitoplasma que ocasiona la enfermedad conocida como punta morada, mientras que en jitomate se le ha asociado con la transmisión del permanente del jitomate. Los daños más severos son causados en papa y jitomate (Bautista, 2006; Espinoza, 2010). Es una plaga que se ha incrementado en la producción de hortalizas de fruto como el jitomate, bell pepper y ahora en chile manzano.

Los daños son causados por las Ninfas.

La aparición de la paratrioza en el invernadero 4 fue en el mes de junio de 2014. El motivo de la infestación de paratrioza, es debido a que se rasgó el plástico de la cubierta del túnel 1 a finales del mes de mayo. La detección de esta plaga fue derivado del monitoreo realizado a las trampas cromáticas amarillas, el cual, se encontraron paratriozas adultos adheridas a la trampa amarilla.

Para el control de ésta plaga se incluyen actividades como la colocación de mayor número de trampas de color amarillo, deshoje de plantas y eliminación de ramas infestadas. Para su control se utilizaron productos biorracionales tal como jabón potásico, aceite de neem, aplicación del insecticida químico Beleaf (i.a. flonicamid de FMC), aplicación del insecticida químico, Movento (i. a. Spirotetramat de Bayer).

6.7.3 Nematodos

Los nematodos fitoparasíticos son animales multicelulares, generalmente microscópicos (miden alrededor de 0.5 mm de largo), que poseen los principales sistemas fisiológicos de los

organismos superiores con excepción del respiratorio y el circulatorio. En general, tienen forma de gusano delgado cilíndrico y alargado, con el diámetro reducido en los extremos. Las hembras, que son más grandes que los machos, en algunas especies toman diferentes formas. Los nematodos no son segmentados; están protegidos por una cutícula acelular, transparente y semipermeable de proteínas, lípidos y carbohidratos. Estos organismos requieren un medioambiente humedo pero pueden encontrarse en casi todo tipo de ambiente ecológico. Invaden los tallos, hojas y semillas de las plantas tanto como las raíces, bulbos, tubérculos y cormos (Roman y Acosta, 1984).

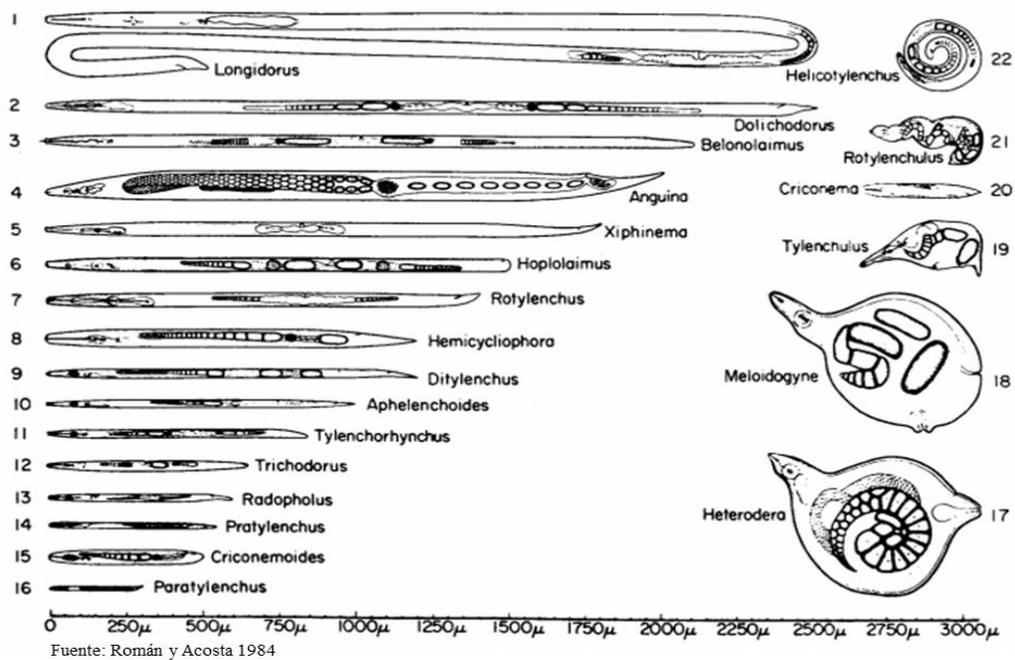


Figura 26. Forma y tamaño de algunos géneros de nematodos fitoparasíticos. (Según Agrios 1996; Román y Acosta, 1984).

Agente causal: *Meloidogyne spp.*

Clase: Nematoda

Orden: Tylenchida

Familia: Heteroderidae

Meloidogyne, es un endoparásito sedentario, es una especie polífaga y de amplia distribución gracias a la dispersión por actividades de labranza y plantas contaminadas, además de desplazarse a través del agua de riego.

El daño principal asociado a ésta plaga, se relaciona con la formación de nódulos en las raíces, las cuales restringen el paso de agua y nutrientes a la planta, provocando un escaso desarrollo, debilitamiento generalizado y un aspecto de deshidratación y una severa reducción de la producción, tanto en cantidad como en calidad.

Además se le asocia la transmisión de ciertos virus y también favorece el ataque de hongos saprofitos.

La hembra inicia la postura de huevos en la raíz o en el suelo, en una masa gelatinosa, de hasta 500 huevos. El ciclo de desarrollo se ve influenciado por la temperatura del suelo, siendo activos con temperaturas de 17 a 27° C, especialmente en suelos arenosos (Escalona, *et al.*, 2009).

Síntomas que producen los nematodos.

Las plantas afectadas por nematodos fitopatógenos del sistema radicular de las plantas suelen mostrar en su parte aérea una sintomatología similar a la causada por estados nutricionales carenciales. En el caso de *Meloidogyne* se pueden observar síntomas específicos, como la formación de nódulos en la raíz, y proliferación excesiva y crecimiento anormal de las raíces secundarias, (Diez, *et al.*, 2010).

Estrategia de control.

Para el control de la infestación de nematodos del genero *Meloidogyne spp.*, se consideró una alternativa nematocida no química, basada en el uso de control biológico. El control biológico consiste en el uso de organismos antagonistas, tales como hongos, actinomicetos, otros nematodos o micro artrópodos que reducen las poblaciones de nematodos. Generalmente los agentes de control biológico tienen un espectro de actividad estrecho y una especificidad alta con respecto al hospedador, y su eficacia varia bajo diferentes condiciones del cultivo (MBTOC, 1995; Diez, 2010)

La estrategia de control fue considerada en los 5 invernaderos, aunque de forma más drástica, el daño fitonematológico se observa en el invernadero 1, 3 y 5.

El programa de aplicaciones es el siguiente:

Aplicación durante todo el ciclo de cultivo mediante el sistema de riego, de inoculante de suelos y regulador nutricional, concentrado líquido que en su formulación contiene células microencapsuladas de microorganismos benéficos y enzimas inmovilizadas suspendidas en un biopolímero 100 por ciento natural no toxico y certificado como orgánico. El intervalo de aplicaciones es de 15 días.

Ingredientes activos:

Azotobacter vinelandii (garantizado 300,000 UFC/ml), *Clostridium pasteurianum* (garantizado 300,00 UFC/ML), *Nitrosomonas*, *Nitrobacter*, *Pseudomonas*, *Pseudomonas flourescens*, *Micrococcus*, *Lactobacter*, *Termoactenomicetos*, *Actenomicetos*, *Aspergillus*, *Lacto*

bacillus, Bacillus subtilis, Bacillus cereus, Bacillus thuringiensis, Bacillus megaterium, Rhizobium, Cytokinina extraída de algas, Liqueen, *Trichoderma harzianum, Trichoderma viride.*

Adicional al complejo de microorganismos anterior, se aplicó un Bioestimulante de los mecanismos de sistema de resistencia adquirida: su composición porcentual: porcentaje en peso es la siguiente:

Ingredientes activos..... 12 por ciento

L-aminoácidos:

L-ácido aspártico, L-ácido glutámico, L-Lisina, L-metionina, L-serina, L-treonina, L-triptófano, L-valina, L-histidina, L-glicina, L-treonina, L-alanina, L-prolina, L-tirosina, L-arginina, L-isoleucina, L-leucina, L-fenilalanina.

Glucosamina y Quitosano..... 5 por ciento

Además de minerales ultra solubles P, Ca, Mg, Zn, Fe, Cu, enzimas, ácido láctico y polisacáridos así como agua como solución transportadora.

Este compuesto, según especificación técnica del proveedor es un potente bioestimulante de los mecanismos de germinación, crecimiento, protección y reparación del sistema radicular, generando más plantas vigorosas y productivas. La dosis aplicada por hectárea durante todo el ciclo de cultivo fue de 20 litros para que alcance un efecto nematicida.

El efecto control consiste en que con la presencia de quitina en el sustrato estimula el crecimiento de organismos quitinolíticos, estos secretan enzimas quitinasas para degradar el material e incorporarlo a la naturaleza como carbono, es así que los organismos cuya estructura celular esté hecha de quitina serán también agresivamente degradados, tal es el caso de los

nematodos en todos sus estadios y los hongos fitoparásitos como el *Fusarium oxysporum* (Agrinos).

6.8 Enfermedades fitopatógenas que se presentaron en los invernaderos.

6.8.1 Damping off

Por regla general se recomienda que las plantas vengan protegidas desde el semillero y cuando estas son puestas en el terreno definitivo, la aplicación de fungicidas para el control del mal del talluelo es indispensable, ya que *Phytophthora*, *Fusarium*, *Pythium* y *Rhizoctonia*, son el grupo principal de hongos que afectan esta etapa y están presentes en la mayoría de los suelos (Cruz, *et al.*, 1998; Alfaro, 1999; González, *et al.*, 2013).



Figura 27. Damping off en planta de tomate.

Cuadro 21. Clasificación de hongos fitopatógenos en las plantas,

Clase	Subclase	Orden	Patógeno
Deuteromycetes	Hifomycetidae	Moniliales	<i>Fusarium</i>
Deuteromycetes	Coelomycetidae	Aganomycetales	<i>Rhizoctonia</i>
Oomycetes	Peronosporales	Pythiaceae	<i>Pythium</i>
Oomycetes	Peronosporales	Pythiaceae	<i>Phytophthora</i>

Fuente: González, *et al.*, 2013. Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan 1(1): 1-10, 2013

La enfermedad Damping-off o marchitez de plántulas Provocan estrangulamiento y pudrimiento de tallos y raíces de plántulas en semilleros o almácigos, principalmente aquellos que están sombreados y con altas densidades de plántulas y excesos de humedad.

Durante la plantación de los invernaderos, se recibió plántula proveniente de dos proveedores (dos semilleros). El primer embarque recibido de plántula de jitomate de la variedad CID F1, fue de un proveedor local, ubicado en el mismo municipio donde se localizan los invernaderos razón de esta experiencia profesional.

Control

Para el control de esta enfermedad, se realizaron aplicaciones de fungicidas en drench de Busan 30w. BUSAN 30WB® es uno de los pocos fungicidas del mercado que le permite combatir eficazmente la mayor parte de los problemas de hongos en suelo. Aplicado antes o después del establecimiento del cultivo, BUSAN 30WB®, es parte de un programa de manejo integral que evita que el *Fusarium*, *Pythium* y otras enfermedades del suelo dañen el cultivo en las etapas críticas del mismo. BUSAN 30WB® fungicida agrícola de amplio espectro cuyo ingrediente activo es el Tiocianometil tiobenzotiazol (TCMTB), del grupo químico de los benzimidazoles, con diversas formas de aplicación y prolongado efecto.

6.8.2 Marchitez del jitomate (*Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici*).

Un factor que limita la producción de cultivos hortícolas en México son las enfermedades de raíz ocasionada por el hongo del género *Fusarium oxysporum*, la incidencia de la enfermedad

en plantas alcanza hasta el 100 por ciento, ya que este hongo ataca tallos subterráneos, raíces, estolones y tubérculos (Hernández, *et al.*, 2008).

La marchitez del jitomate causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersicis* una de las enfermedades más prevalecientes y destructivas de los cultivos intensivos de jitomate; se ha reportado su presencia en más de 32 países (Mendoza, 1996; García, 2012).

Esta enfermedad se presentó en forma muy aislada en los invernaderos 2 y 5, sobre todo donde las condiciones de exceso de humedad prevalecieron, dado que durante la época de lluvias en los meses de julio y agosto, ingresaba parte de las escorrentías del agua de lluvia a estos invernaderos.

El programa de control establecido en los invernaderos, fue el cancelar por tiempo definido una línea de cintilla en los túneles afectados por la humedad y en los cuales la planta presentaba síntomas de afectación por fusarium. Además se estableció un programa de aplicaciones en drench de fungicida químico a base de TCMTB: -(tiocianometiltio) benzotiazol (BUSAN 30W).

6.8.3 Cenicilla del jitomate

El hongo de esta enfermedad es *Leveillula taurica* (Lév.) G. Arnaud en su fase sexual y *Oidio psistaurica*, (E.S. Salmon) en su estado conidial o asexual (Paulus y Correll, 2001; Ponce, *et al.*, 2009). Los síntomas más comunes son lesiones verde claro a amarillo intenso en el haz de las hojas, en tanto que por el envés se aprecia una ligera vellosidad blanquecina o cenicilla, que son los conidióforos y conidios del hongo. En el centro de dichas lesiones se desarrollan puntos necróticos con anillos cloróticos concéntricos.

Control

Se realizaron aplicaciones de fungicidas preventivos tal como el azufre micronizado y oxiclورو de cobre. Una vez instalado el hongo en la planta, se realizaron aplicaciones con fungicida químico a base de *Azoxystrobin* más *Clorotalonil*. Es un fungicida que contiene dos ingredientes activos con diferente modo de acción, combina la acción sistémica de *azoxystrobin* y la acción de contacto de *clorotalonil*, para el control de cenicilla y mildiú *Alternaria solani* y *Alternaria alternata* ; de *Botrytis cinérea*.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a los registros de la empresa, se obtuvo la siguiente producción de jitomate en el invernadero número 2 y 5.

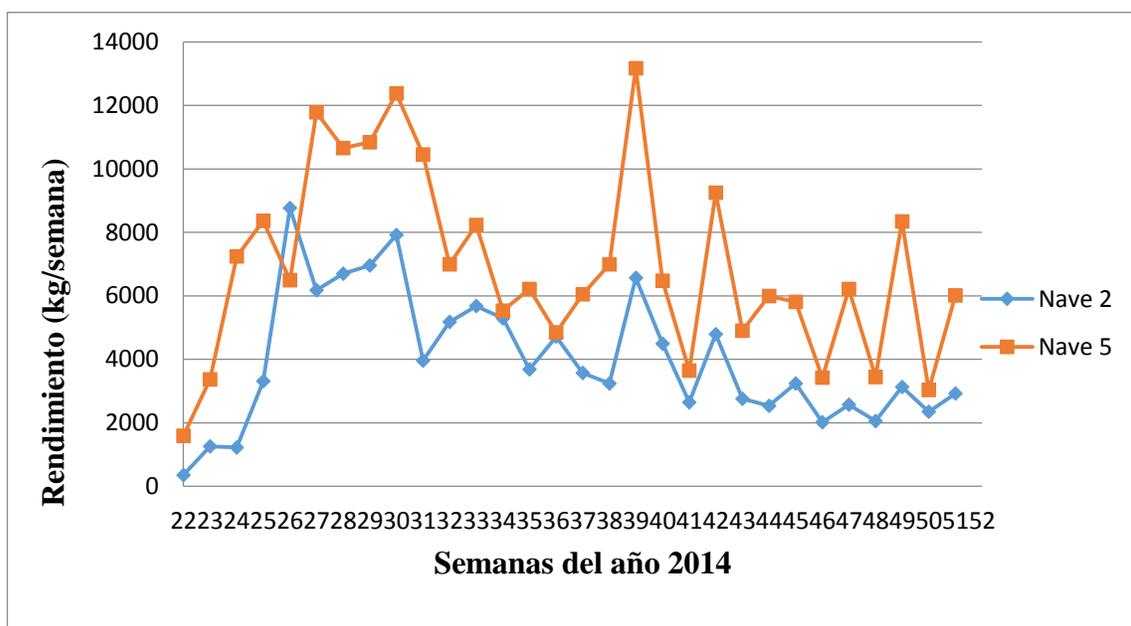


Gráfico 2. Rendimiento por semana de tomate tipo saladette (F1 el Cid), en suelo en la unidad de producción AGROSEMOSA, S. DE P. R. DE R. L. DE C. V., Nombre de Dios, Dgo.

En la gráfica 2, podemos observar el comportamiento de la cosecha de jitomate de forma semanal, la cual sigue un comportamiento similar. El golpe de producción se presentó entre la semana 5 y 10. Posteriormente se observa durante la semana de cosecha número 39, un incremento en la producción, pero esto se atribuya a que los productores trataron de aprovechar un incremento en el precio del jitomate en el mercado nacional, y cortaron producto verde. Esto repercutió en los cortes subsecuentes con la baja en la producción semanal, como se observa en

la gráfica de referencia. El promedio en la producción de los invernaderos 2 y 5, fue de 24.0 y 20.8 kg/m², respectivamente.

La conductividad eléctrica final de la solución nutritiva equilibrada iónicamente aportada al cultivo mediante el sistema de fertirrigación: La CE (dS/m) calculada mediante la SN en ppm, resulto de 1.4 dS/m, mientras que la CE (dS/m) calculada mediante la suma de cationes (dS/m) de la SN, fue de 1.7 dS/m.

La Presión Osmótica (PO) de la Solución Nutritiva (SN) se utilizó (Preciado-Rangel, *et al.* (2006), Martínez, *et al.*, (2009).

$$PO= CE (0.36)$$

Para el caso de la CE de 1.4 dS/m, la PO fue de 0.51 atm y para la CE de 1.7 dS/m, la PO calculada fue de 0.61 atm.

En el año de 2014, la empresa adquirió la seleccionadora empacadora de jitomate de la marca CIU. Es un equipo que tiene la capacidad de seleccionar de forma electrónica el jitomate por tamaños y colores. El producto fue empaquetado en cajas de cartón con peso neto de 13.0 kg.

Con el beneficio al producto mediante la selección por tamaños y colores, la empresa inicio un proceso de atención de nichos de mercado de forma directa, principalmente a los estados de Nuevo León, Sinaloa y Guadalajara, principalmente el producto de tamaños extra grandes, grandes y medianos. El beneficio fue en el incremento al precio ya que estaba por encima del otorgado en el mercado regional.

VIII. DESARROLLO DE CAPACIDADES DEL CAPITAL HUMANO

El programa de capacitación establecido en la empresa AGROSEMOSA, S. DE P. R. DE R. L. DE C. V., enfocado al desarrollo de capacidades de los trabajadores en el invernadero, fue el siguiente:

- a) Manejo de plántula de jitomate en invernadero
- b) Disolución de la solución nutritiva
- c) Las plagas y enfermedades en el invernadero
- d) Manejo de la planta en el invernadero
- e) Cosecha de jitomate en invernadero

El desarrollo de capacidades de los productores, se realizó en campo, teniendo como objetivo principal que los trabajadores adquieran los conocimientos, habilidades y destrezas para desarrollar sus actividades, eficiente y eficazmente en el invernadero.

La implementación de un sistema de Gestión Integrado de Capital Humano constituye un pilar para el mejoramiento continuo de los resultados de las organizaciones al permitirles alcanzar un desempeño laboral superior. La importancia de esta norma consiste en que está dirigida a lograr una gestión integrada de capital humano y unificar la terminología utilizada en esta materia, que a su vez es aplicable a cualquier organización independientemente de su tipo, tamaño o sector de la economía al que pertenezca" Salas, *et al.*, (2012). Además consideran que "Capital humano implica no solo conocimientos, sino también y muy esencialmente, conciencia,

ética, solidaridad, sentimientos verdaderamente humanos, espíritu de sacrificio, heroísmo, y la capacidad de hacer mucho con muy poco.

IX. CONCLUSIONES

La presente redacción de la experiencia profesional realizada bajo el enfoque de Prestación de Servicios Profesionales, hoy en día denominada en el programa integral de Desarrollo Rural de la SAGARPA, Extensionismo Holístico, y que es considerado en el componente de Extensión e Innovación Productiva (CEIP), espera ser de considerable valor informática para los futuros egresados de las universidades acordes al Desarrollo Rural en nuestro País México.

La evaluación de la competencia y el desempeño profesional (laboral) de los profesionales realizado por el Consejo de Normalización y Certificación de Competencia Laboral (CONOCER) es de vital importancia, ya que con ello se asegura un desempeño laboral superior para alcanzar la máxima eficacia y eficiencia de las organizaciones de producción y servicios para el sostenido desarrollo económico y social del país.

La capacitación integrada y constante es una parte del desarrollo profesional que ayuda a adquirir conocimientos, habilidades y destrezas y que amplían las oportunidades laborales para lograr un mejor nivel de vida. Estos conocimientos, habilidades y destrezas son la base de mi certificación o culminación del proceso de reconocimiento formal de las competencias que he adquirido, y que he puesto al servicio de los más necesitados en nuestro medio rural.

Como conclusión final de mi experiencia profesional, se resume en dos necesidades:

- Ayudar a las personas del medio rural a mejorar su calidad de vida.
- Como Prestador de Servicios Profesional, mantenerse en constante actualización para ampliar o diversificar nuestra cartera de clientes.

X. TRAYECTORIA PROFESIONAL

Acciones o logros más relevantes de mi trayectoria profesional:

1. En el año de 1989-1991. Representante Estatal de la empresa Fertilizantes Mexicanos, S. A. de C.V. (FERTIMEX), en Durango, Dgo.
2. Del 2002 – 2007. Supervisor de servicios de Diseño de Proyectos, Puesta en Marcha, Capacitación y Asistencia Técnica y Consultoría, con el Centro de Calidad para el Desarrollo Rural Norte (CECADER)-SAGARPA-COLPOS-UACH.
3. En el 2010. Consultor Externo del Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura (IICA). Programa de Documentación de 59 Casos de Éxito en México: Auspiciado por el fondo SAGARPA - CONACYT y la participación de la Coordinadora de las Fundaciones Produce (COFUPRO).

Se atendieron las Fundaciones PRODUCE de los estados de Durango, y Nuevo León, sistematizando los siguientes Casos de Éxito

a. Fundación Produce Nuevo León:

- Producción de naranja dulce

Disponible en: <http://www.redinnovagro.in/casosexito/36.pdf>

- Producción de miel de abeja de flor de azahar.

Disponible en: <http://www.redinnovagro.in/casosexito/35.pdf>

b. Fundación Produce Durango

- Producción de chile seco mirasol.

Disponible en:

<http://www.redinnovagro.in/casosexito/19durangochileseco.pdf>

- Producción de trucha arco iris en la zona serrana de Durango

Disponible en: <http://www.redinnovagro.in/casosexito/20durangotrucha.pdf>

4. Del 2008 al 2014, Asistencia Técnica y Consultoría en Agricultura Protegida, con metodología de Gestión de la Innovación. SAGARPA-UACH-Agencia para la Gestión de la Innovación de Invernaderos de Durango, S. C. (Coordinador General).
5. Del 2008 al 2014, Formador de Formadores INCA RURAL, A. C. Programa de tutoría en Línea en el servicio de Diseño de Proyectos de Desarrollo con carácter de Certificación en el Estándar de Competencias EC0020.

XI. CERTIFICACIONES Y/O ESPECIALIZACIONES OBTENIDAS

Cuadro 22. Certificaciones logradas en el Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales (CONOCER).

CERTIFICADOS		
Certificado	NTCL CONOCER EC 0020 Formulación del diseño de proyectos de inversión del Sector Rural	2014
Certificado	NTCL CONOCER ECO069 “Consultoría en empresas rurales”	2013
Certificado	NTCL CONOCER EC0049 “Diseño de cursos de capacitación presenciales, sus instrumentos de evaluación y material didáctico	2012
Certificado	NTCL CONOCER EC0217 “Impartición de cursos de formación del capital humano de manera presencial grupal”	2012

Cuadro 23. Listado de especializaciones logradas.

ESPECIALIZACIONES		
INCA RURAL A.C.	Tutor en línea en el servicio de Diseño de Proyectos	2007
UNIVERSIDAD DE ALMERIA - INTAGRI	Agricultura Protegida (en línea)	2009
UNIVERSIDAD DE ALMERIA - INTAGRI	Fertirriego aplicado a los cultivos hortofrutícolas (en línea)	2015
UNIVERSIDAD DE ALMERIA - INTAGRI	Protección fitosanitaria de cultivos hortofrutícolas (en línea)	2015

XII. LITERATURA CITADA

12.1 Bibliografía

- Aguilar, A., A. Rendón, M., R. De la Vega, M., M. González, G., M. E. 2010. Selección y contratación de profesionales para la gestión de la innovación en redes de valor agroalimentarias. P. 230, capítulo VII. En: Santoyo, C., V. H. 2010. Del Extensionismo agrícola a las redes de innovación rural. Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial. (CIESTAAM). Universidad Autónoma Chapingo. Primera edición. ISBN: 978-607-12-0143-0.
- Castellanos, J. C. y Borbón, M., C. 2009. Panorama de la Horticultura protegida en México. p. 1-18. En: J. Z. Castellanos (Ed). Manual de Producción de jitomate en invernadero. INTAGRI, México.
- Castellanos, J. Z. 2004. La industria de la Horticultura Protegida en México. P. 1-17. En: J. Z. Castellanos (Ed) Manual de producción Hortícola en invernadero. 2ª Ed. INTAGRI. México.
- Castellanos, J. Z. 2009. El tensiómetro para medir la humedad del suelo. P. 205-222. En: J. Z. Castellanos (Ed) Manual de producción de Jitomate en invernadero. . INTAGRI. México.
- Castellanos, J. Z. Ojodeagua, J.L. 2009. Formulación de la solución nutritiva. P. 131-156. En: J. Z. Castellanos (Ed) Manual de producción Hortícola en invernadero. 2ª Ed. INTAGRI. México.
- Diez, R., M. A. López, P., J. A. Torres, N., J. M. López, C., J. Robertson, L. Bello, A. 2010. Alternativas no químicas para el manejo de nematodos fitoparásitos. P. 419-448. En: Tello, M., J. C. Camacho, F., F. 2010. Organismos para el control de patógenos en los cultivos protegidos. Fundación Cajamar.
- Fernández, R., E.J. Camacho, F., F., 2008. Manual Práctico de Fertirrigación en Riego por Goteo. P. 68.
- González, C., A. Salas, S., M. del C. y Urrestarzu G., M. 2004. Producción y Calidad en el Cultivo de Jitomate Cherry. p. 703-748. En: Miguel Urrestarazu (Ed). Tratado de Cultivo sin Suelo. 3ª Ed. Universidad de Almería Servicio de Publicaciones. España.
- Jaramillo N., J.; Rodríguez, V. P.; Guzmán A., M.; Zapata, M. A. 2006. El cultivo de Tomate Bajo Invernadero. Boletín Técnico No. 21. CORPOICA. Centro de Investigación La Selva Rionegro. Antioquia. Colombia. 48 p.

- Moreno, I., T. 2004. Cultivo en Perlita. p. 597-598, En: Miguel Urrestarazu (Ed). Tratado de Cultivo sin Suelo. 3ª Ed. Universidad de Almería Servicio de Publicaciones. España.
- Moreno, I., T. 2004. Infraestructura de riego y fertirriego. p. 456- 487. En: Miguel Urrestarazu (Ed). Tratado de Cultivo sin Suelo. 3ª Ed. Universidad de Almería Servicio de Publicaciones. España.
- Muñoz-Ramos, J.J. 2004. Formulación de la solución nutritiva. P. 151-180. En: J. Z. Castellanos (Ed). Manual de Producción Hortícola en Invernadero. 2ª Ed. INTAGRI, México.
- Muñoz-Ramos, J.J.2009. Estructuras de Invernaderos y Cubiertas de Protección. P. 19-41. En: J. Z. Castellanos (Ed). Manual de Producción de jitomate en invernadero. INTAGRI, México.
- Muñoz-Ramos, J.J. 2009. Manejo del Cultivo de Jitomate en Invernadero. p. 231-256. En: J. Z. Castellanos (Ed). Manual de Producción Hortícola en Invernadero. 2ª Ed. INTAGRI, México.
- Muñoz-Ramos, J.J. 2009. Manejo del Cultivo de Jitomate en Invernadero. p. 45-90. En: J. Z. Castellanos (Ed). Manual de Producción de Jitomate en Invernadero. INTAGRI, México
- Ponce, G., F., García, J.D. y Tehuacatl, X., J.P. 2009. Cenicilla del jitomate. En: J.Z. Castellanos (Ed) Manual de producción de Jitomate en invernadero. . INTAGRI. México.
- Rondón S.I. 2004. Manejo Integrado de plagas en el Invernadero. P. 294-317. En: J.Z. Castellanos (Ed) Manual de producción Hortícola en invernadero. 2ª Ed. INTAGRI. México.
- Salas, S., M. del C. y Urrestarazu G., M. 2004. Métodos de Riego y Fertirrigación en cultivos sin suelo. P 161-237. En: Miguel Urrestarazu (Ed). Tratado de Cultivo sin Suelo. 3ª Ed. Universidad de Almería Servicio de Publicaciones. España.
- Sánchez, P., A. 2004. Análisis y diagnóstico nutricional en los cultivos sin suelo. P. 49-79. En: Miguel Urrestarazu (Ed). Tratado de Cultivo sin Suelo. 3ª Ed. Universidad de Almería Servicio de Publicaciones. España.
- Sonneveld, C. 2004. La nutrición mineral y salinidad en los cultivos sin suelo: su manejo. p. 305-367. En: Miguel Urrestarazu (Ed). Tratado de Cultivo sin Suelo. 3ª Ed. Universidad de Almería Servicio de Publicaciones. España.
- Terán, Ch., C. Valenzuela, M., M.Villaneda, V., E. Sánchez, L., G. Hío, P., J. 2007. Manejo del riego y la fertirrigación en tomate bajo cubierta en la sabana de Bogotá. Manual técnico. P. 58. ISBN 978-958-8311-51-7.
- Urrestarazu G., M. 2004. Bases y Sistemas de los cultivos sin suelo. P. 3-37. En: Miguel Urrestarazu (Ed). Tratado de Cultivo sin Suelo. 3ª Ed. Universidad de Almería Servicio de Publicaciones. España

Urrestarazu G., M. 2004. La Disolución de Fertirrigación. p. 263-303. En: Miguel Urrestarazu (Ed). Tratado de Cultivo sin Suelo. 3ª Ed. Universidad de Almería Servicio de Publicaciones. España.

Villalobos-Reyes, S., J. Z. Castellanos y J.L. Ojodeagua. 2004. Manejo del Riego en el Invernadero. P. 80-102. En: J.Z. Castellanos (Ed) Manual de producción Hortícola en invernadero. 2ª Ed. INTAGRI. México.

12.2 Recursos electrónicos

Aldana, J. Ricardo, C., J. Almanza, M.T. Vecil, D. Rodríguez, D. 2007. Efecto de *Bombus atratus* (*Hymenoptera: Apidae*) sobre la productividad de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo invernadero en la Sabana de Bogotá, Colombia. Artículo Científico. Revista Scielo. vol.25, n.1, pp. 62-72. ISSN 0120-9965. Universidad Nacional de Colombia. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_pdf&pid=S0120-99652007000100008&lng=en&nrm=iso&tlng=es y <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v25n1/v25n1a08.pdf> Fecha de revisión: Mayo 26 de 2015.

Alva, C., Y. 2011. Diseño conceptual de un invernadero automatizado para cultivos en hidroponía. Tesis profesional. P. 120. Universidad Autónoma de México. Disponible en: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/4470/Tesis.pdf?sequence=1>. Revisado Mayo de 2015.

Álvarez, A., V. 2012. Evaluación de rendimiento en tres variedades de pimiento Morrón (*Capsicum annum* L.) bajo condiciones de invernadero. Tesis profesional. P. 49. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5366/T19376%20ALVAREZ%20ALVAREZ,%20VICTORIA%20%20TESIS.pdf?sequence=1>. Revisada: Abril 18 de 2016.

Bastida, C., O.A. 2012. Métodos de cultivo hidropónico de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo invernadero basados en doseles escaleriformes. Tesis Maestro en Ciencias. p. 115. Universidad Autónoma Chapingo. Disponible en: <http://www.chapingo.mx/horticultura/pdf/tesis/TESISMCH2012112309124791.pdf> Revisado Abril 28 de 2015.

Baixauli, S., C. y Aguilar, O., J.M. 2002, Cultivo sin suelo de hortalizas. Divulgación Técnica. I.S.B.N.: 84-482-3145-7. Depósito Legal: V-1876-2002. p. 67. GENERALITAT VALENCIANA, Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación. Valencia, España. Disponible en: <http://www.ivia.es/sdta/pdf/libros/n53.pdf> Revisado Abril 08 de 2015.

Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales (CONOCER). Guía para la certificación de mis competencias. Disponible en: p. 8.

- http://www.conocer.gob.mx/pdfs/libreria_doc/guia_para_la_certificacion_de_mis_competencias.pdf Revisado Abril 02 de 2015.
- Coria, H., J. 2010. Producción, productividad, rentabilidad y empleo en el cultivo de jitomate rojo (*lyopersicum esculentum* l.) irrigado por bombeo en el sector ejidal en la laguna de 1990 a 2007. Tesis Ingeniero Mecánico Agrícola. p. 49. Universidad Autónoma Chapingo. Disponible en: <http://www.chapingo.mx/dima/contenido/tesis2010/tesiscoria.pdf> Revisado Abril 22 de 2015.
- Cruz, B., F. 2007. Automatización de un sistema de fertirrigación por goteo. Tesis profesional Maestro en Ciencias. P. 135. Colegio de Postgraduados. Disponible en: http://www.biblio.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/10521/1249/1/Cruz_Bautista_F_MC_Hidrociencias_2007.pdf. Revisada: abril 18 de 2016.
- Cruz, L., B. 2007. Calidad de semilla de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) por efecto de potenciales osmóticos, calcio y podas bajo condiciones de invernadero. Tesis profesional. Doctor en Ciencias. P. 177. Colegio de Postgraduados. Disponible en: http://www.biblio.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/10521/1553/1/Cruz_Lagunas_B_DC_Produccion_Semillas_2007.pdf. Revisada: Abril 18 de 2016.
- Escalona, C., V. Alvarado, V., P. Monardes, M., H. Urbina, Z., C. Martin, B., A. 2009. Manual de cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Facultad de cs. Agronómicas. Universidad de Chile. P. 60. Disponible en: http://www.cepoc.uchile.cl/pdf/Manua_Cultivo_tomate.pdf. Revisado: Abril 17 de 2016.
- Espejel, G., A. 2010. Rol y contribución de la Universidad Autónoma Chapingo al sistema nacional de Innovación agroalimentaria. Tesis profesional; Doctor en problemas económicos agroindustriales. P. 181. CIESTAAM. Universidad Autónoma Chapingo. Disponible en: http://bv.ciestaam.edu.mx/tesis/2006-2009/anastacio_espejel.pdf. Revisado: Mayo 02 de 2015.
- Espinoza, T., L. E. 2010. Cultivo en invernadero, postcosecha y mercado del chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P). Tesis profesional. Doctor en ciencias. P. 85. Universidad Autónoma Chapingo. Disponible en: <http://www.chapingo.mx/horticultura/pdf/tesis/TESISDCH2010062505123374.pdf>. Revisado: Marzo de 2015.
- FAO, 2006. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Revisado Marzo 12 de 2015. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/x0490s/x0490s.pdf>
- Ferreya, E., R. Selles, V., G. Ahumada, B., R. Maldonado, B., P. Gil, M., P. Barrera, M., C. 2005. Manejo del riego localizado y fertirrigación. Boletín INIA No. 126. ISSN 0717-4829. p. 53. La Cruz, Chile. Disponible en: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR32334.pdf> Revisado el 22 Abril de 2015.

- FAO, 2014. Principios y avances sobre polinización como servicio ambiental para la agricultura sostenible en países de Latinoamérica y el Caribe. Divulgación Técnica. ISBN 978-92-5-308099-1. p. 56. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i3547s.pdf> Revisado Mayo 21 de 2015.
- Favela, Ch., E. Preciado, R., P. Benavides, M., A. 2006. Manual para la preparación de soluciones nutritivas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de horticultura. U.L. P. 145. Disponible en: http://www.nutricaoedplantas.agr.br/site/downloads/unesp_jaboticabal/Manual_Soln_Nutritivas.pdf. Revisado: Abril de 2015.
- García, J., A. 2012. Desinfestación de sustratos y solución nutritiva contaminados con *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici*. Tesis profesional. Maestro en Ciencias. P. 59. Universidad Autónoma Chapingo. Disponible en: <http://www.chapingo.mx/horticultura/pdf/tesis/TESISMCH2012071609127034.pdf>. Revisada en abril de 2015.
- Gómez, H., T. Sánchez, del C., F. 2003. Soluciones nutritivas diluidas para la producción de jitomate a un racimo. Artículo Científico. p. Terra Latinoamericana, vol. 21, núm. 1, enero-marzo, 2003, pp. 57-63. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México. E-ISSN: 2395-8030. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57321107> Revisado 11 de junio de 2015.
- Gómez, M., E. 2012. Producción de jitomate (*Solanum lycopersicum L.*) bajo condiciones protegidas e hidroponía en Tabasco. Tesis profesional grado de Doctor en Ciencias. P. 113. Colegio de postgraduados. Disponible en: http://www.biblio.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/10521/1722/1/Gomez_Mendez_E_D_C_Edafologia_2012.pdf. Revisado Abril 16 de 2016.
- González, C., A. Salas, S., M. del C. Urrestarazu, G., M. 2004. Producción y calidad en el cultivo de tomate cherry. P. 703-747. En: Miguel Urrestarazu (Ed). Tratado de Cultivo sin Suelo. 3ª Ed. Universidad de Almería Servicio de Publicaciones. España.
- González, A., A. Mateos, R., R. A. López, M., M. Hernández, S., M. de la L. y González, C., A. 2013. Alternativas para el manejo de Damping off en plántulas de tomate *Lycopersicon esculentum Mill* (L, 1753) (Solanales: Solanaceae) Reserva de derechos: 04-2013-050911170300-203 ISSN: 2007-6940. Disponible en: http://www.revistabioagro.mx/ESW/Files/Alternativas_para_el_manejo_de_Damping_of_f.pdf Revisado Abril 13 de 2015
- Google Earth. Disponible en: <http://www.google.es/intl/es/earth/download/ge/agree.html> Revisado en Abril 27 de 2015.
- Granados, E., C.A. 2010. Alternativas biorracionales para el control de la paratíroza *Bactericera cockerelli* sulzer (*hemiptera: psyllidae*) en laboratorio. Maestría en Ciencias. p. 106. Instituto Politécnico Nacional. CIIDIR-Oaxaca. Disponible en: <http://tesis.bnct.ipn.mx/dspace/bitstream/123456789/9432/1/85.pdf> Revisado Febrero 23 de 2015.

- Grijalva, C., R.L. Macías, D., R. Grijalva, D., S.A. y Robles, C., F. 2010. Evaluación de densidades y arreglos de plantación en jitomate bola en condiciones de invernadero en el Noroeste de Sonora. Artículo Científico. Revista BIOTecnia, vol. xii , no. 2, mayo-agosto.2010. p. 9. Disponible en: [http://www.biotechia.uson.mx/revistas/articulos/7-art por ciento203\[3\].pdf](http://www.biotechia.uson.mx/revistas/articulos/7-art por ciento203[3].pdf).Revisado Mayo 12 de 2015.
- Gugole, O., M.F. 2012. Manejo Integrado de la plaga *Tetranychus urticae* (Acari: *Tetranychidae*) en cultivos de frutilla del Cinturón Hortícola Platense. Tesis Doctoral. p. 200. Universidad Nacional de La Plata. Buenos Aires, Argentina. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/31297/Documento_completo_.pdf?sequence=1 Revisado Abril 12 de 2015.
- Gutiérrez, T., J. 2011. Producción Hidropónica de Lechuga con y sin recirculación de solución nutritiva. Tesis Maestro en Ciencias. Universidad Autónoma Chapingo. p. 77. Disponible en: <http://www.chapingo.mx/horticultura/pdf/tesis/TESISMCH2011120908126441.pdf>Revisado Marzo 22 de 2015.
- Guzmán, P., M. Martín, E., M. Fernández, F., M. Paredes, B., A. 2006. Definición de estrategias de fertirriego para cultivo de jitomate protegido, basadas en criterios de eficiencia. Artículo Científico. Seminario de Especialistas en Horticultura, 2006, 14:417-422. Universidad de Almería, España. IFAPA. Disponible en: http://www.magrama.gob.es/es/ministerio/servicios/publicaciones/art_datos.asp?articulo_id=609&codrevista=SH Revisado Febrero 20 de 2015. .
- Hernández, C., F. D. Jasso, C., D. Aguilar, N.C. Rodríguez, H., R. Belmares, C., R. E. 2008. Extractos normales y fermentados de *Larrea tridentata* y *Fluorensiacernua* sobre *Fusarium oxysporum* in vitro. P. 8. Disponible en: http://www.somas.org.mx/pdf/pdfs_libros/agriculturasostenible6/61/13.pdf. Revisado: Marzo 22 de 2015.
- Igartua, L., J.I. 2009. Gestión de la Innovación en la Empresa Vasca. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. p. 433. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/7202/tesisUPV3154.pdf> Revisado Julio 17 de 2015.
- INIFAP, 2015. Clima. <http://clima.inifap.gob.mx/redinifap/aplicaciones/eto.aspx>. Revisado Marzo 22 de 2015.
- Juárez, H., Ma. De J. Baca, C., G. A. Aceves, N., L. A., Sánchez, G. P., Tirado, T., J. L. 2006. Propuesta para la formulación de soluciones nutritivas en estudios de nutrición vegetal. INCI [Internet]. 2006 Abr [citado 2016 Abr 17] ; 31(4): 246-253. Disponible en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006000400003&lng=es.
- Kafkafi y Tarchitzky, 2012.Fertirrigación. Una herramienta para una eficiente fertilización y manejo del agua. Asociación Internacional de la Industria de Fertilizantes (IFA). Instituto Internacional de la Potasa (IIP). París, Francia y Horgen, Suiza, 2012. P. 17 y 19.

- Disponible en:
http://www.fertilizer.org/imis20/images/Library_Downloads/2012_ifa_fertigation_spanish.pdf?WebsiteKey=411e9724-4bda-422f-abfc-8152ed74f306&=404%3bhttp%3a%2f%2fwww.fertilizer.org%3a80%2fen%2fimages%2fLibrary_Downloads%2f2012_ifa_fertigation_spanish.pdf. Revisado Marzo 25 de 2015
- Lacarra, G., y A.R. García, S., C. 2011. Validación de cinco sistemas hidropónicos para la producción de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y lechuga (*lactuca sativa* L.) en invernadero. Trabajo de Experiencia Recepcional. p. 63. Universidad Veracruzana. Xalapa de Enríquez, Ver. Disponible en:
<http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/31317/1/angelrenelacarragarca.pdf> Revisado marzo 25 de 2015.
- Licea, C., I. 2012. Efecto de la solución nutritiva en el rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en dos sistemas hidropónicos: camas flotantes y aeroponía. Tesis de Ingeniero en invernaderos. p. 71. Universidad Autónoma de Querétaro. Disponible en:
<http://ri.uaq.mx/bitstream/123456789/1052/1/RI000561.pdf> Revisado en Abril 12 de 2015.
- López, L., E. Chaparro, M., M.Y. 2006. Competencias laborales del trabajador vistas desde el mercado laboral. Artículo Científico ISSN: 1794-2489. Revista Tabula Rasa No. 5. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, Bogotá, Colombia. Disponible en:
<http://www.redalyc.org/pdf/396/39600514.pdf> . Revisado Junio 29 de 2015.
- Martínez-Corral, L., Martínez-Rubín de Celis, E., Flores-García, F. G., Preciado-Rangel, P., Zermeño-González, H., & Valdez-Cepeda, R. D. (2009). Programa de cómputo para el cálculo de soluciones nutritivas. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 15(2), 149-153. Recuperado en 15 de abril de 2016, de
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2009000200007&lng=es&tlng=es.
- Martínez, De V., V. 2012. Comportamiento del tomate establecido en diferentes sustratos y láminas de riego. Tesis profesional. P. 57. Universidad Autónoma Agraria Antonio narro. U. L. Disponible en:
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2236/VICTOR%20MARTINEZ%20DE%20VICENTE.pdf?sequence=1>. Revisada: Abril 17 de 2016.
- Matas, A., A.J. 2005. Estudio de los factores incidentes en el agrietado del fruto del jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) tipo cereza: el papel de la cutícula del fruto. Tesis Doctoral. Universidad de Malaga, España. p. 226. Disponible en
<http://www.biblioteca.uma.es/bldoc/tesisuma/16788400.pdf> . Revisado Febrero 12 de 2015.
- Moreno, I., T. 2004. Equipos para la fertirrigación y manejo de las soluciones nutritivas. Artículo Científico. p. 72-75. Revista Vida Rural No. 70. Disponible en:
http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_vrural/Vrural_2004_185_70_75.pdf Revisado Junio 12 de 2015.

- Moreno, R., F. 2011. Control biológico de moscas blancas en cultivo de tomate: interacciones entre sus enemigos naturales. Memoria para optar el título de Doctor. Universidad de Barcelona, España. P. 21. Disponible en: http://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/52080/01.RMR_1de6.pdf?sequence=1. Revisada: Marzo 27 de 2015.
- Ortiz, B., R. 2015. Interpretación del análisis de laboratorio y recomendación nutricional mediante la técnica Steiner en sistemas hidropónicos de producción. Tesis profesional. P. 64. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/6628/63308%20%20ORTIZ%20BAIDON,%20RODRIGO%20%20MONOG.pdf?sequence=1>. Revisado: Abril 18 de 2016.
- Pastor, Z., O.A. 2014. Disposición de plantas, cultivares Y densidades de población en la producción hidropónica de jitomate. Tesis Maestro en Ciencias. Universidad Autónoma Chapingo. p. 95. Disponible en: <http://www.chapingo.mx/horticultura/pdf/tesis/TESISMCH2014013111131549.pdf> Revisada Marzo 13 de 2015.
- Rentería, G., A. 2013. Nutrición de tomate y producción de licopeno. Tesis profesional Maestro en Ciencias. P. 3-4. Disponible en: http://www.biblio.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/10521/2050/1/Renteria_%20Gomez_A_MC_Edafologia_2013.pdf. Revisada Marzo 30 de 2015.
- Rodríguez, D., F. 2002. Modelado y control jerárquico de crecimiento de cultivos en invernadero. Tesis Doctoral. p. 390. Universidad de Almería España. Disponible en: <http://aer.ual.es/TesisPaco/TesisCompleta.pdf> Revisado Abril 22 de 2015.
- Rodríguez, D., N. Cano, R., P. Figueroa, V., U. Palomo, G., A. Favela, Ch., E. Álvarez, R., V. de P. Márquez, H., C. y Moreno, R., A. 2008. Producción de jitomate en invernadero con humus de lombríz como sustrato. Artículo Científico. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 31 (3): 265 –272, 2008. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/610/61031310.pdf> Revisado Abril 01 de 2015.
- Rojas, M., I. Fernández, S., R. 2010. Efecto del acolchado en el rendimiento del jitomate de cascara en Tlaxcala. Divulgación Técnica. Despegable técnica No. 4. INIFAP TLAXCALA. Disponible en: www.inifap.gob.mx/ Revisado Mayo 22 de 2015.
- Rosas, C., G. Maruri, G., J. M. y Rodríguez, C., R. 2014. Cultivo de seis híbridos de jitomate roma (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero. Artículo Científico. Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan 2(4): 700-4713. ISSN: 2007-6940. Disponible en: http://www.revistabioagro.mx/ESW/Files/Cultivo_de_seis_hbridos_de_jitomate_roma.pdf f. Revisado Abril 24 de 2015.
- Román, J. y Acosta, N. 1984. Nematodos, diagnóstico y combate. Universidad de Puerto Rico. P. 5. Disponible en: <http://academic.uprm.edu/ofarrill/HTMLObj-234/NematodosDiagnosticoyCombate.pdf>. Revisado: Mayo 12 de 2015.

- SAGARPA. Estudio de Oportunidades de Mercado e Inteligencia Comercial y Estudio de Logística Internacional de JITOMATE. p. 7. Disponible en: http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/Estudios_promercado/JITOMATE.pdf Revisado 22 Abril de 2015.
- SAGARPA/PROGRAMAS SAGARPA/2015/PROGRAMA INTEGRAL DE DESARROLLO RURAL/EXTENSION E INNOVACION PRODUCTIVA (CEIP)/CONCEPTOS DE APOYO. Disponible en: http://www.sagarpa.gob.mx/ProgramasSAGARPA/2015/Programa_integral_de_desarrollo_rural/CEIP/Paginas/Conceptos_de_Apoyo.aspx Revisado Marzo 06 de 2015.
- Salas, P., R.S. Díaz, H., L. Pérez, H., G. Las competencias y el desempeño laboral en el Sistema Nacional de Salud. Artículo de Revisión ISSN 0864-2141. Educación Médica Superior. La Habana, Cuba. 2012; 26(4):604-617. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-21412012000400013&script=sci_arttext Revisado Junio 29 de 2015.
- Sánchez, De la P., L. 1984. La alimentación mineral de la plantas. Centro de edafología y biología aplicada. P. 14. Disponible en: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/23747/1/TEMASMONOGRAFICOS11.pdf>. Revisado en Abril de 2016.
- Santiago, J. Mendoza, M. Borrego, F. 1998. Evaluación de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) en invernadero: criterios fenológicos y fisiológicos. Agronomía mesoamericana 9(1): 59-65.1998. Disponible en: http://www.mag.go.cr/rev_meso/v09n01_059.pdf. Revisado abril de 2015.
- Santoyo, C., V.H. Muñoz, R., M. Aguilar, A., J. Rendón, M., R. Altamirano, C., J.R. 2011. Políticas de asistencia técnica y extensión rural para la innovación en México, en contribución a las ciencias sociales. Artículo Científico. ISSN: 1988-7833. Disponible en: <http://www.eumed.net/rev/cccss/13/cracm.htm> Revisado Marzo 20 de 2015.
- Sañudo, T. R. R. 2013. El cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill.*) y el potencial endofítico de diferentes aislados de *Beauveria bassiana*. Tesis profesional. Maestro en Ciencias. P. 59. Universidad Autónoma Indígena de México. Los Mochis, Sin. Disponible en: <http://uaim.mx/cgip/PDF/TesisRosarioRaudelSanudo.pdf>. Revisado: Marzo 13 de 2015.
- Saucedo, G., M. Florentino, del A.S. Vite, C., C. Hernández, S., Q. y Silva, M., K.L. 2014. Caracterización agronómica y productividad del cultivo de jitomate en áreas protegidas del subtrópico húmedo del norte de Veracruz. Artículo Científico. Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan 2(3): 242-249. ISSN: 2007-6940. Disponible en: http://www.revistabioagro.mx/ESW/Files/Caracterizacin_agronmica_y_productividad.pdf Revisado Marzo 18 de 2015.
- Trejo, R., R. 2014. Evaluación de sustratos y enarenados en producción de tomate bola (*Solanum lycopersicum L.*) en invernadero. Tesis profesional Maestro en Ciencias. Universidad

Autónoma de Nuevo León. Disponible en: <http://eprints.uanl.mx/4447/1/1080253679.pdf>.
Revisado 14 de abril de 2016.

- Vela, C., M.C. 2010. Caracterización Física, Química y Nutricional del Jitomate Riñón (*Lycopersicum esculentum*), en diferentes Suelos Edafoclimáticos, cultivados a Campo Abierto e Invernadero, como un aporte a La Norma INEN. “Jitomate Riñón Requisitos”. Tesis de Ingeniería en Alimentos. p. 186. Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito, Ecuador. Disponible en: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/4851/1/41256_1.pdf Revisado en Abril 22 de 2015.
- Villasana, R., J.A. 2010. Efecto del injerto en la producción de jitomate (*Lycopersicon esculentum Mill.*) bajo condiciones de invernadero en Nuevo León. Tesis Maestro en Ciencias. p. 84. Universidad Autónoma de Nuevo León. Disponible en: [http://eprints.uanl.mx/5613/1/1080194762_por_ciento20\(1\).PDF](http://eprints.uanl.mx/5613/1/1080194762_por_ciento20(1).PDF) Revisado el 22 Abril de 2015.
- Zarate, N., B.H. 2007. Producción de jitomate (*Lycopersicon esculentum Mill.*) hidropónico con sustratos, bajo invernaderos. Tesis Maestro en Ciencias. IPN. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional-Unidad Oaxaca. p. 159. Disponible en: http://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/779/1/TESIS_MAESTRIA_BALDOMER_O.pdf Revisado Febrero 22 de 2015.