

TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN DE CHILE SECO



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS
CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL NORTE CENTRO
CAMPO EXPERIMENTAL ZACATECAS

SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN

Ing. Alberto Cárdenas Jiménez

Secretario

Ing. Francisco López Tostado

Subsecretario de Agricultura

Ing. Antonio Ruiz García

Subsecretario de Desarrollo Rural

Lic. Jeffrey Max Jones Jones

Subsecretario de Fomento a los Agronegocios

C. Ramón Corral Ávila

Comisionado Nacional de Acuacultura y Pesca

Dr. Everardo González Padilla

Coordinador General de Ganadería

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

Dr. Pedro Brajcich Gallegos

Director General

Dr. Sebastián Acosta Núñez

Coordinador de Planeación y Desarrollo

Dr. Edgar Rendón Poblete

Coordinador de Investigación, Innovación y Vinculación

Lic. Marcial A. García Morteo

Coordinador de Administración y Sistemas

CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL NORTE-CENTRO

Dr. Homero Salinas González

Director Regional

Dr. Héctor Mario Quiroga Garza

Director de Investigación

CAMPO EXPERIMENTAL ZACATECAS

M.Sc. Agustín F. Rumayor Rodríguez

Director de Coordinación y Vinculación en Zacatecas



Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN DE CHILE SECO

COMPILADORES
Ángel Gabriel Bravo Lozano
Guillermo Galindo González
Mario Domingo Amador Ramírez

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS
CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL NORTE CENTRO
CAMPO EXPERIMENTAL ZACATECAS

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de los titulares de derechos de autor.

© Derechos Reservados.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

Serapio Rendón No. 83, Colonia San Rafael

Delegación Cuauhtémoc

06470 México, D. F.

Tel. (55) 5140-1621, 5566-3638, 5546-4027

ISBN: 970-43-0136-7

Centro de Investigación Regional Norte Centro.

Campo Experimental Zacatecas.

Kilómetro 24.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo

Apartado postal No. 18.

Calera, Zacatecas, 98600.

México.

Impreso en México

ÍNDICE

	Página
Presentación	1
Introducción	3
El cultivo del chile seco en Zacatecas <i>Guillermo Galindo González</i> <i>Bertoldo Cabañas Cruz</i>	5
Selección, producción y conservación de semilla de chile seco <i>Bertoldo Cabañas Cruz</i> <i>Guillermo Galindo González</i> <i>Manuel Reveles Hernández</i> <i>Ángel G. Bravo Lozano</i>	19
Producción de plántula de chile <i>Manuel Reveles Hernández</i> <i>Ángel G. Bravo Lozano</i> <i>Bertoldo Cabañas Cruz</i>	45
Riego por goteo y fertirrigación <i>Ángel G. Bravo Lozano</i> <i>Francisco Mojarro Dávila</i>	61
Riego y fertilización en surcos <i>Francisco Mojarro Dávila</i> <i>Salvador Rubio Díaz</i> <i>Ángel G. Bravo Lozano</i>	77
Estrategia de manejo integrado contra insectos plaga del chile <i>Jaime Mena Covarrubias</i>	97
Manejo integrado de enfermedades <i>Rodolfo Velásquez Valle</i> <i>Ma. Mercedes Medina Aguilar</i>	121
Manejo de maleza <i>Mario D. Amador Ramírez</i>	159
Zonas con alto potencial para la producción de chile <i>Guillermo Medina García</i> <i>Bertoldo Cabañas Cruz</i> <i>Ángel G. Bravo Lozano</i>	177
Cosecha, postcosecha y productos agroindustriales de chile seco <i>Ma. Dolores Alvarado Nava</i> <i>Rodolfo Velásquez Valle</i> <i>Jaime Mena Covarrubias</i>	195

Presentación

El cultivo del chile para secado en Zacatecas, que incluye los tipos mirasol o guajillo, ancho, puya y pasilla, tiene una gran relevancia en el Estado, dada su generación de empleos en el sector y el valor de la producción anual. La región productora de este tipo de chile incluye principalmente a los estados de Zacatecas, San Luis Potosí, Guanajuato, Aguascalientes y Durango; donde la problemática que enfrenta el cultivo es similar.

En la presente publicación se muestra la tecnología integral de manejo del cultivo del chile para secar, con lo que se busca incluir toda la cadena productiva, es decir desde las regiones productoras y variedades recomendadas, hasta la parte de postcosecha y agroindustria para esta especie. El grupo de investigadores del INIFAP en Zacatecas tiene más de 10 años realizando trabajos experimentales en este cultivo y su manejo, con el objeto de mejorar su productividad y rentabilidad. En este sentido, se considera que el principal reto es evitar que el cultivo de chile para secar continúe siendo un cultivo con una gran movilidad, al cambiar las áreas de cultivo de una región a otra, debido a la contaminación de los suelos y la pérdida de productividad en los terrenos.

En este libro “**TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN DE CHILE SECO**” se presentan diferentes tecnologías derivadas de la investigación en este cultivo, llevadas a cabo en Zacatecas y financiadas por la Fundación Produce Zacatecas, a quien se agradece su apoyo financiero para el desarrollo de la investigación y el de esta publicación. Las tecnologías obtenidas a nivel local se han conjuntado con información existente en la literatura sobre esta especie, lo que ha permitido enriquecer esta publicación. Los investigadores participantes tienen una amplia experiencia y conocimiento del cultivo y su manejo, lo que permite tener confianza en que este libro se puede considerar un tratado único en el tema.

Con esta publicación el INIFAP en Zacatecas coadyuva a mejorar la competitividad y productividad del sistema producto chile, conservando de manera paralela los recursos naturales del sistema de producción; estas acciones contribuyen a que el INIFAP pueda cumplir con su mandato institucional y compromiso con la sociedad.

Agustín Fernando Rumayor Rodríguez
Director Estatal del INIFAP en Zacatecas
Noviembre de 2006

INTRODUCCIÓN

Zacatecas es el líder en la producción de chile seco (*Capsicum annuum* L.) en México; este cultivo es el más importante en el Estado, debido a su gran derrama económica, ya que aporta el 35% del valor total generado en el sector agrícola.

Específicamente, en el ciclo agrícola P-V/2001 se cultivó una superficie de 32,032 ha, de las cuales se obtuvo una producción de 284,187 toneladas de chile verde, equivalente a 56,837.4 ton de chile seco en promedio, con un valor aproximado de \$ 1'109,396,000.

El cultivo de chile seco en Zacatecas, es una de las opciones que genera mayor ingresos a los productores y es la fuente generadora de empleos más importante; cada hectárea plantada con esta hortaliza requiere en promedio de 150 jornales, por lo que en 2001, cuando se plantaron 32 mil hectáreas, se ocuparon 4.8 millones de jornales en total; además, se generan empleos en la postcosecha del chile, principalmente en las deshidratadoras.

En la presente publicación, se dan a conocer los avances logrados en el cultivo de chile en materia de investigación, por el personal investigador del Campo Experimental Zacatecas (CEZAC), dependiente del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP); en esta se presenta un paquete tecnológico, el cual puede ser adecuado a las condiciones específicas de las unidades de producción que se presentan en el Estado, donde se cultiva esta hortaliza.

Es importante destacar, que para la generación de la tecnología que se presenta, se contó con el apoyo económico del Gobierno del estado de Zacatecas, del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y de la Fundación PRODUCE Zacatecas, A.C; además, con la participación de los productores cooperantes.

CAPÍTULO 1

EL CULTIVO DE CHILE EN ZACATECAS

M.C. Guillermo Galindo González.
Programa Divulgación Técnica
Campo Experimental Zacatecas-INIFAP

M.C. Bertoldo Cabañas Cruz.
Programa Mejoramiento Genético
Campo Experimental Zacatecas-INIFAP

La agricultura en Zacatecas

En el estado de Zacatecas, se definen dos grupos climáticos: el del suroeste y el del Altiplano; el primero es subtropical y subhúmedo, con una temperatura media anual de 20 °C y una precipitación de 668 mm anuales; el del Altiplano, es templado y semiárido, con una temperatura media anual de 17 °C y 428 mm de precipitación, que ocurren de junio a septiembre.

En el Estado existen 130,500 unidades de producción rural, las cuales cubren 4'042,000 ha; en 33% de éstas se desarrollan actividades agrícolas y en el 77% restante ganaderas (Galindo *et al.*, 2000a). Durante los ciclos agrícolas 2000 al 2005, en promedio se cosecharon 1'161,900 ha en condiciones de temporal y 155,700 ha en riego; en la segunda condición señalada, 87.7% de la superficie cosechada correspondió a las siguientes especies: chile (31.7%), frijol (29.4%) y maíz (26.6%), entre otros (cereales, forrajes y hortalizas, principalmente) -SIACON, 2005-.

En Zacatecas, se cuenta con alrededor de 42,000 pequeños propietarios, así como de 83,000 ejidatarios y comuneros, algunas de sus características, son: es alta la relación que tienen con el personal de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (principalmente para tratar asuntos relacionados con el Programa de Apoyos Directos al Campo), pero baja con las demás instituciones del sector agropecuario; es bajo su grado de escolaridad (12% no asistió a ningún plantel de enseñanza formal y 48% sólo hasta el tercer grado de educación primaria); su edad es avanzada (la mayoría tiene más de 55 años); su empatía es mediana; es bajo el

porcentaje de productores que operan algún tipo de crédito; su nivel de vida y cosmopolitismo es bajo; y sólo 14% ha recibido algún apoyo de la Alianza Contigo (Galindo *et al.*, 2000a). Además, las empresas agropecuarias son la principal fuente de información que usan los productores, ya que no existe un programa oficial de asistencia técnica para este cultivo (Galindo *et al.*, 2006).

A pesar del grado de mecanización de las actividades agrícolas y los primeros lugares alcanzados en la producción de frijol y chile seco, así como por la importancia de la producción de frutales, los rendimientos son reducidos y solo se compensan con las grandes extensiones aprovechadas (Ramírez, 1995). Se ha determinado que es bajo el nivel tecnológico de un alto porcentaje de las unidades de producción, ya que solamente 21% de los productores siembran semillas mejoradas, 61% aplica fertilizantes, 33% herbicidas y 43% insecticidas (Galindo *et al.*, 2000a).

Sobre el porqué los agricultores de Zacatecas no utilizan nuevas tecnologías, Luna y Galindo (1997) mencionan las siguientes razones: desconocen las nuevas tecnologías de producción, generadas en las instituciones de investigación presentes en el Estado; es bajo su nivel de escolaridad; existe escasa y deficiente difusión de innovaciones; se encuentran en poblados aislados; disponen de pocos medios de difusión; no cuentan con capital; no les interesa aplicar nuevas tecnologías; tienen desconfianza de usar nuevas innovaciones; no cuentan con maquinaria y el equipo necesario para aplicarlas; tienen problemas para comercializar su cosecha; la superficie cultivada es pequeña; y la rentabilidad de sus cultivos es baja.

Los principales problemas que enfrentan los productores, son: sequía, enfermedades, maleza, bajo precio de la cosecha, ataque de plagas, alto costo de los insumos, heladas, granizo, falta de recursos para invertir en el campo y deficiente comercialización de su cosecha (Galindo *et al.*, 2000b; Pérez y Galindo, 2003).

Antecedentes del cultivo de chile

El chile es originario de México, ya que Olvera *et al.* (1998) afirman que existen evidencias de que fue cultivado desde el año 7,000 al 2,555 AC, en los estados de Puebla y Tamaulipas. En este País, junto con la calabaza, el maíz y el frijol, el chile fue la base de la alimentación de las culturas de mesoamérica. El género *Capsicum* incluye un promedio

de 25 especies y al menos cinco de éstas son cultivadas en mayor o menor grado, pero en el ámbito mundial, casi la totalidad del chile que se consume está dado por la especie *C. annuum* L.

En el mundo se cultivan alrededor de 1'250,000 ha de chile, principalmente de la especie *C. annuum* L., con una producción aproximada de 16'600,000 ton (INIFAP, 2001). Los principales países productores en el mundo, son: China, España, Turquía, Nigeria y la India; México ocupa el 4° lugar en cuanto a la superficie cultivada de chile y el sexto en lo que respecta a la producción; en este País, el chile es el segundo cultivo hortícola más importante, después del tomate; el consumo per cápita de los mexicanos con relación a esta hortaliza es de 0.56 kg, por lo que éste se ubica como uno de los alimentos principales de la población; éste es ampliamente consumido como: platillo principal, condimento, encurtido y ensaladas.

Existe gran diversidad de chiles cultivados y silvestres; su distribución comprende localidades desde cerca del nivel del mar, hasta los 2,500 msnm, abarcando diferentes regiones, razón por la cual se encuentra chile en el mercado en diferentes épocas del año (Pozo *et al.*, 1991).

El chile tiene diferentes usos industriales, por ejemplo: el chile rojo en polvo, rico en capsantina (ingrediente que determina la cantidad de pigmento en un chile) se emplea en la avicultura como alimento para gallinas, con el propósito de obtener un intenso color amarillo, tanto en las yemas de los huevos como en la piel de las aves; otro ejemplo, es que de los chiles deshidratados se obtiene la oleoresina, que se utiliza en la preparación de las carnes frías y embutidos, entre otros (GEZ, 2000).

En México son cinco las entidades que concentran más del 50% de la superficie de chile plantada, así como 60% de la producción, éstas son: Sinaloa, Chihuahua, Guanajuato, Sonora y Zacatecas (Olvera *et al.*, 1998).

La producción de chile seco en México, corresponde aproximadamente al 40% del total de los chiles que se cultivan, predominando los siguientes: Ancho, Mulato, Mirasol, Pasilla, Puya, de Árbol y otros de menor importancia (ITESM, 1995).

Específicamente, en el 2003 se cosecharon 51,354 ha de chile para secado, con una producción de 77,988 ton, con un rendimiento promedio de 1.52 ton/ha y un valor de \$1'997'968,057 (SAGARPA, 2004).

El chile Ancho presenta frutos cónicos (de 12 a 15 cm de largo y de 8 a 10 cm de ancho) y se conocen los siguientes subtipos: Ancho o Plano, Mulato, Miahuanteco y Cristalino, entre otros. El chile Mirasol ofrece: frutos delgados, largos y puntiagudos, con una longitud de 6 a 12 cm; éste incluye los siguientes subtipos: Guajón, Guajillo o Cascabel y Cola de Rata. El chile Pasilla presenta frutos de 15 a 30 cm de longitud y de 2 a 4 cm de diámetro en forma cilíndrica y ondulada; también, se le conoce como Chilaca. El chile de Árbol tiene frutos delgados, con una longitud de 4 a 8 cm; también, se le conoce como Cola de rata o Bravo (Pozo *et al.*, 1991).

El cultivo de chile en Zacatecas

Situación actual. En México, Zacatecas es líder en la producción de chile seco; este cultivo es el más importante en el Estado, ya que aporta 35% del valor total generado en el sector agrícola; además, éste representa la opción agrícola que brinda mayor ingreso a los productores y es la principal fuente de empleo en el medio rural, ya que se requiere mano de obra desde la plantación del cultivo, hasta el secado y empaclado de los frutos. Se ha determinado que cada hectárea plantada requiere aproximadamente de 150 jornales (Bravo *et al.*, 2002).

El cultivo del chile aparte de ocupar el primer lugar en cuanto a la superficie cosechada de riego es el más importante en el Estado, debido a su gran derrama económica, ya que aporta 35% del valor total generado en el sector agrícola. Esta hortaliza anualmente cubre alrededor del 25% del área de riego y se cultiva en los siguientes municipios de la región central de la Entidad: Calera de V. R., Fresnillo, Villa de Cos, Gral. Enrique Estrada, Morelos, Vetagrande y Guadalupe, así como en otros, como: Pánfilo Natera, Ojocaliente, Luis Moya, Cuauhtémoc, Villa González Ortega, Noria de Ángeles y Villa Hidalgo, principalmente. En la actualidad, un promedio de 4,000 productores se dedican a este cultivo.

En el ciclo agrícola P-V/2003, se cultivaron en Zacatecas 30,488 ha de chile para secado, con una producción de 40,967 ton y un valor de \$1'124'806,000; el rendimiento

promedio fue de 1.34 ton/ha (SAGARPA, 2004). De la superficie cultivada, 80% corresponde a chile seco y el resto a chile verde; dentro de los secos, 67.9% corresponde al chile Mirasol o Guajillo, 23.7% al Ancho, 8.2% al Pasilla y el resto a otros; para chile verde, 75% correspondió al Poblano, 13.8% al Mirasol y 11% a otros tipos (Güero y Chilaca)

El rendimiento medio de chile seco que se obtiene es variable, en función del tipo de chile; el mayor potencial lo tiene el tipo Pasilla (2,600 kg/ha), posteriormente, le siguen los tipos: Ancho (1,669 kg/ha), Mulato (1,600 kg/ha), Mirasol (1,608 kg/ha), Puya (1,391 kg/ha) Árbol (1,390 kg/ha) y finalmente Guajón (1,125 kg/ha); el rendimiento promedio obtenido de chile seco en los siete tipos de chile que se cultivan en el Estado es de 1,700 kg/ha (Cabañas y Galindo, 2004). En la actualidad, los rendimientos que se obtienen en este cultivo son bajos.

El chile Mirasol es el más cultivado en Zacatecas, ya que aproximadamente 80% de los productores lo planta; le siguen en importancia los chiles: Ancho, Puya, Mulato, de Árbol, Pasilla y Guajón; la razón más importante por la cual se planta el primer genotipo, es por ser menos susceptible al ataque de secadera, enfermedad considerada como el factor limitante de mayor importancia para este cultivo.

Por otra parte, el personal del CEZAC dependiente del INIFAP, ha generado y validado innovaciones agrícolas en este cultivo, con las cuales es posible incrementar la producción y productividad; sin embargo, es notoria la enorme brecha que existe entre los rendimientos registrados experimentalmente y los obtenidos por la mayoría de los productores.

Cabañas (2002) señala que en Zacatecas existen tecnologías que han sido generadas y validadas y que éstas a nivel experimental (en riego por gravedad) permiten obtener rendimientos de 4.4 ton de chile seco/ha con la línea experimental Mirasol INIFAP Zacatecas; además, en chile ancho, es posible obtener hasta 3.4 ton/ha de chile seco. Según el mismo Cabañas (2004), en parcelas de validación establecidas en terrenos de productores con la línea Mirasol INIFAP Zacatecas (con riego por goteo), se obtuvieron en promedio 4.8 ton/ha, con un potencial de 5.6 ton/ha de fruto seco, superior al obtenido a

nivel experimental en riego por gravedad; en chile ancho, con la línea Ancho INIFAP Zacatecas, el rendimiento promedio fue de 3.4 ton/ha, con un potencial de 4.8 ton.

La mayoría de los productores no aplican nuevas tecnologías de producción y de esta forma no cumplen los objetivos para los cuales éstas fueron generadas (Galindo, 1994a); esto ocasiona una brecha enorme entre los rendimientos registrados experimentalmente y los obtenidos por los agricultores (Galindo, 1994b). Lo anterior, confirma que existe acumulación de innovaciones tecnológicas que no se aplican, por lo cual, los bajos rendimientos que se obtienen en esta hortaliza se debe principalmente a un lento cambio tecnológico en el proceso productivo (Galindo, 1994c).

La producción de chile seco se realiza en forma tradicional y empresarial; la primera, es la más común (aporta 50% de la producción) y presenta las siguientes características: se desarrolla en pequeñas superficies (menores de 10 ha); con poca aplicación de nuevas innovaciones; y predomina la utilización de la fuerza de trabajo familiar; en la segunda: destacan los grandes y medianos productores, que se asocian con los primeros a través de la aparcería; se desarrolla en extensiones grandes de terreno; y se utiliza tecnología moderna, lo cual permite obtener mejores rendimientos (Gómez y Schwentesius, 1994; Reyes, 1998).

Problemática en la producción.

En el cultivo de chile en Zacatecas, Galindo *et al.* (2006) determinaron que:

- En su proceso de producción se utilizan pocas tecnologías actualizadas, con excepción de la fertilización, labores de cultivo y control de plagas, aunque existen productores que utilizan innovaciones de vanguardia;

- A pesar de que la secadera del chile es la principal limitante del cultivo, la mayoría de los productores continúa realizando prácticas que la favorecen, como el uso de semilla con alto riesgo de estar infectada con la enfermedad, trasplantar a raíz desnuda, y el uso de surcos de más de 100 m de longitud, que favorecen el exceso de humedad, entre otros;

-El grado de escolaridad es una de las variables con mayor tendencia en el uso de tecnología, al igual que el cosmopolitismo y la exposición a medios masivos de comunicación; por el contrario, la edad avanzada es uno de los factores que limita el uso de tecnología en el cultivo de chile;

-Existe poca interacción de los productores con las instituciones del sector agropecuario presentes en el Estado y con los extensionistas, por lo que estas variables tienen poco impacto en el uso de tecnología y en propiciar mayor rendimiento en el cultivo de chile;

-Las casas comerciales que distribuyen productos agropecuarios, son la fuente de información primaria para las tecnologías que usan los productores de chile en el estado de Zacatecas.

Según la opinión de los extensionistas que asisten a los productores de chile en Zacatecas, durante la producción de las plántulas en el almácigo, las labores que se realizan en forma inadecuada y que influyen en la producción de plántulas sanas y vigorosas, son: control de enfermedades y plagas, desinfección de la semilla, de la cama de siembra y riegos; después del trasplante, las prácticas que se realizan de manera inadecuada y que influyen en los bajos rendimientos y mala calidad de los frutos, son: control de enfermedades, fertilización, control de plagas, riegos, densidad de plantación, control de maleza, época de trasplante y labores de cultivo (Sandoval, 2002).

Sobre el mismo tema, Cabañas y Galindo (2004) mencionan lo siguiente: la mayoría de los productores de chile lo cultivan en pequeñas áreas, lo que dificulta su mecanización e incrementa su costo de producción; es común la producción de plántula en almácigos, los cuales en ocasiones se establecen en el mismo lugar, sin desinfección de la cama de siembra, ni de la semilla; aunque los productores realizan rotación de cultivos en sus terrenos, ésta se hace de manera inadecuada, con cultivos que son atacados por los mismos hongos que atacan al chile, propiciando el desarrollo de enfermedades; son bajas las dosis de fertilización que se aplican al cultivo después del trasplante y los productores desconocen el contenido de éstas; y la maleza limita la producción de este cultivo y eleva considerablemente el costo de producción.

En lo que respecta a los problemas que enfrentan los productores de chile en el Altiplano de Zacatecas, Galindo *et al.* (2002) destacan los siguientes: falta de recursos económicos (55.67%); alto costo de los insumos (45.36%); costo elevado de la energía eléctrica (28.86%); precio de la cosecha variable (25.77%); comercialización deficiente (22.68%); presencia de enfermedades (16.49%); falta de crédito (14.43%); escasez de mano de obra (10.31%); y deficiente asistencia técnica (9.28%). Otro de los problemas que limita a los productores es la escasez de agua, ya que año con año, se abaten los mantos freáticos, por la excesiva extracción de agua, tanto para la agricultura como la ganadería; aunado a lo anterior, por la limitada precipitación pluvial y por otro, la falta de obras para la captación y retención del agua de lluvia, para la recarga de los mantos acuíferos.

Proceso de la comunicación rural.

Galindo y Cabañas (2004a), al estudiar el proceso de la comunicación rural entre los productores de chile de la región del Altiplano de Zacatecas, destaca lo siguiente: es bajo el grado de exposición que tienen los productores de chile con medios de comunicación (masivos, grupales e interpersonales); entre los medios de comunicación que prefieren los productores para recibir información agropecuaria destacan: pláticas interpersonales, demostraciones, revistas y folletos, así como cursos de capacitación; es bajo el grado de escolaridad que tienen los agricultores y su edad es avanzada; un alto porcentaje de los productores se dedica a otras actividades, además de las agrícolas (ganadería, comercio, albañilería, etc.); el mayor porcentaje de los horticultores cultiva una superficie total que oscila entre 1.5 y 10.0 ha y plantan entre 1.6 y 3.0 ha de chile; y la exposición a medios de comunicación se relaciona positivamente con las siguientes variables: grado de escolaridad, relación de productores con casas comerciales que distribuyen productos para el campo y rendimiento de chile seco; además, en forma negativa con la edad.

Sobre lo anterior, Galindo y Cabañas (2004b) plantean las siguientes sugerencias:

-Es importante que se realice una promoción, para que los productores del campo se enteren de las instituciones que enfocan su trabajo en el desarrollo rural y de los diferentes servicios que éstas ofrecen; dentro de ésta, se debe destacar la presencia del CEZAC.

-Es necesario que se establezca permanentemente un servicio eficiente de extensión agrícola, que atienda específicamente a los productores de chile y que los asistentes técnicos se mantengan capacitados en el manejo de este cultivo.

-Se debe fomentar la organización de los productores, para que reciban de manera eficiente los apoyos que ofrece el Estado, para el incremento de la producción y productividad de esta hortaliza, y especialmente, para que se les brinde asistencia técnica.

-Se requiere intensificar el uso de medios escritos para difundir mensajes sobre el cultivo de chile, principalmente por parte de las instituciones que generan innovaciones para este cultivo.

-Es conveniente que se use con mayor frecuencia la radio, como medio para transmitir innovaciones agrícolas a los productores, ya que éste sigue siendo uno de los que tiene mayor penetración en el medio rural.

-Debido a que la televisión es el medio de comunicación que tiene más penetración en el campo, es importante que se utilice para difundir mensajes a los productores de chile, lo cual se podría realizar por medio de la transmisión de programas, o la emisión de cápsulas informativas.

-Se debe intensificar el uso de las demostraciones agrícolas, para difundir información relacionada el cultivo de chile, por las instituciones de investigación presentes en el Estado.

-Al considerar la fuerte relación que tienen los productores de chile con las casas comerciales que distribuyen productos para el campo, es importante que exista mayor contacto entre estas empresas y las instituciones de investigación presentes en Zacatecas; lo anterior, con la finalidad de que los distribuidores de agroquímicos cuenten con más información sobre lo que se debe recomendar.

Específicamente, sobre los agentes de cambio que asisten a los productores de chile de la región del Altiplano, Galindo y Cabañas (2004b), plantearon diferentes recomendaciones, entre las cuales destacan:

-Debe existir un programa permanente de extensión agrícola (agentes de cambio) para este estrato de productores.

-Se debe implementar cursos de capacitación para los agentes de cambio, que estén relacionados con el desarrollo rural y la transferencia de tecnología, para que éstos tengan una orientación relacionada con las ciencias sociales.

-Se requiere establecer un programa permanente de capacitación para los extensionistas y a corto plazo, es necesario que se les impartan temas relacionados con: formulación y evaluación de proyectos productivos, comercialización, organización de productores, fertirrigación, control de plagas y enfermedades, así como sistemas contables.

-Se debe fomentar la comunicación estrecha entre los extensionistas y las instituciones de investigación agrícola presentes en el Estado, ya que éstas generan en forma dinámica innovaciones agrícolas.

Al tomar en consideración que para lograr una comunicación eficiente entre la fuente generadora de información y los receptores, es necesario que los extensionistas además de utilizar medios de comunicación grupal (interpersonal), se apoyen de otros medios (publicaciones, carteles, radio, videos, etc.), con el propósito de reforzar sus mensajes.

-Es necesario que los asistentes técnicos reciban papelería y materiales didácticos para realizar su trabajo, así como la supervisión y asesoría necesaria sobre la labor que realizan; además, los extensionistas deben contar con una oficina o lugar de trabajo, donde puedan ser localizados por los productores, y también deben tener los instructivos y materiales necesarios para prestar asistencia técnica.

g) Se deben dar las facilidades necesarias para que los extensionistas busquen la información agropecuaria que requieren para brindar asistencia técnica eficiente y oportuna.

h) Es importante que se mejoren las condiciones laborales de los extensionistas (salarios y prestaciones), con la finalidad de garantizar su permanencia en esta actividad.

Por otra parte, Caetano y Mendoza (1992) afirman que para acelerar el proceso de adopción de innovaciones agrícolas es necesario: a) establecer acciones coordinadas de transferencia de tecnología; b) concentrar los esfuerzos en la transferencia de paquetes tecnológicos, para un solo producto o especie; c) promover la participación de los productores en las diferentes etapas del proceso de transferencia de tecnología; d) erradicar toda acción de tipo paternalista y promover relaciones de iguales con actitudes racionales; e) atender a los productores en estratos formados por aquellos que tengan características y necesidades tecnológicas similares; f) incorporar las innovaciones que sean compatibles con los sistemas tradicionales de producción y aprovechar los conocimientos empíricos de los productores.

Alternativas para la producción.

Según la opinión de los extensionistas que asisten a los productores de Chile en el Estado, para incrementar la producción de esta hortaliza y su calidad, es necesario que se realice en orden de importancia lo siguiente: a) control integrado de enfermedades y plagas; b) uso de semilla mejorada; c) fertilización adecuada; d) capacitación permanente a los productores; e) producción de plántulas en invernadero; f) uso eficiente del agua de riego; g) uso de fertirrigación; h) aplicación de materia orgánica al suelo; i) rotación de cultivos; j) organización para la producción; k) subsidiar parte de los insumos; l) usar acolchado plástico; m) desinfectar almácigos y semilla; n) facilitar crédito; ñ) deshidratar los frutos con energía solar; o) plantar densidades adecuadas; y p) aplicar fertilizantes foliares (Sandoval, 2002).

Expectativas del cultivo según la opinión de los agricultores.

Sobre el deseo que tienen los productores de seguir cultivando Chile, en un estudio realizado por Galindo *et al.* (2002), se determinó que el 78.35% de éstos desean seguir produciéndolo, por las siguientes razones: el Chile es el cultivo más rentable, tiene buen

precio, conocen bien este cultivo y por tradición; lo anterior revela, que a pesar de que el cultivo de chile requiere de alta inversión, es costeable por su precio al momento de la venta y que es más redituable, que otros cultivos (incluyendo al frijol y maíz).

LITERATURA CITADA

- Bravo L., A. G.; B. Cabañas C.; J. Mena C.; R. Velásquez V.; S. Rubio D.; F. Mojarro D. y G. Medina G. 2002. Guía para la producción de chile seco en el Altiplano de Zacatecas. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Zacatecas. Calera de V. R., Zac., México. p. 2 (Publicación Técnica Núm. 1).
- Cabañas C., B. 2002. New breeding lines of “Mirasol and Ancho” types peppers (*Capsicum annuum*) from Zacatecas, México. *In: 16th International Pepper Conference, Congreso Internacional de Chile.* p. 46-47.
- Cabañas C., B. 2004. Mirasol y Ancho INIFAP, nuevas líneas experimentales; parcelas de validación en terrenos de productores chileros de Zacatecas. Informe técnico del Programa de Chile del Campo Experimental Zacatecas. Calera de V. R., Zac. (Mimeografiado).
- Cabañas C., B. y G. Galindo G. 2004. Nivel tecnológico de los productores de chile seco (*Capsicum annuum* L.) del Altiplano de Zacatecas. *In: Irineo Torres Pacheco y Martín González Chavira (eds.). Primera Convención Mundial de Chile. Consejo Nacional de Productores de Chile. León, Gto., México.* p. 269-277.
- Caetano de O., A. y S. Mendoza M. 1992. Consideraciones técnicas y metodológicas de la transferencia de tecnología en el sector pecuario. *In: F. Velarde García (ed). Diplomado en extensión. Distrito Federal, México.* p. 46-48.
- Galindo G., G. 1994a. Asistencia técnica a productores rurales del estado de Tabasco. *Ciencia* 43:381-390.
- Galindo G., G. 1994b. Medios de comunicación y los productores de la región central de Zacatecas. *Turrialba* 44(3):140-146.
- Galindo G., G. 1994c. Propuesta para la transferencia de tecnología agropecuaria desde las instituciones de investigación en México. *Agrociencia* 102(2):139-145.
- Galindo G., G. y B. Cabañas C. 2004a. Comunicación rural; el caso de los productores de chile del altiplano de Zacatecas. *In: Irineo Torres Pacheco y Martín González*

-
- Chavira (eds.). Primera Convención Mundial de Chile. Consejo Nacional de Productores de Chile. León, Gto., México. p. 278-285.
- Galindo G., G. y B. Cabañas C. 2004b. Caracterización de extensionistas que asisten a los chileros del Altiplano de Zacatecas. *In: Irineo Torres Pacheco y Martín González Chavira (eds.). Primera Convención Mundial de Chile. Consejo Nacional de Productores de Chile. León, Gto., México. p. 286-293.*
- Galindo G., G.; G. Gómez A. y W. Tabares R. 2000a. Caracterización de los extensionistas del Programa Elemental de Asistencia Técnica en Zacatecas, México. *Rev. Fitotec. Mex. 23:307-320.*
- Galindo G., G.; C. López M.; B. Cabañas C.; H. Pérez T. y A. Robles M. 2002. Caracterización de productores de chile en el Altiplano de Zacatecas. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Zacatecas. Calera de V., R., Zac., México. p.72 (Folleto Científico Núm. 5).
- Galindo G., G.; J. Mena C. y B. Cabañas C. 2006. Uso de tecnología en el cultivo de chile en Zacatecas, México y factores que influyen en su aplicación. *Rev. Fitotec. Mex. (En edición).*
- Galindo G., G.; W.C. Tabares R. y G. Gómez A. 2000b. Caracterización de los productores agrícolas de seis distritos de desarrollo rural de Zacatecas *TERRA 18(1):83-91.*
- Gobierno del Estado de Zacatecas. 2000. El cultivo del chile. *In: Ruiz G., J. y Olea F. M. (comp). Campo Zacatecano: un camino al desarrollo. Coordinación de promoción y seguimiento de proyectos estratégicos del Gobierno de Zacatecas. Zacatecas, Zac., México. pp. 5-6.*
- Gómez C., M. A., y R. Schwentesius R. 1994. El chile seco en Zacatecas y sus perspectivas en el TLC. *In: Schwentesius Rindermann, R. (ed). El TLC y sus repercusiones en el sector agropecuario norte-centro de México. Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial, Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Mex., México. p. 63-92.*
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2001. Programa nacional de investigación en chile (*Capsicum annuum* L.). México, D.F., México. p.2. (Mimeografiado).

-
- Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM). 1995. Identificación de oportunidades y diseño de estrategias para el sector agropecuario del estado de Zacatecas; hortalizas (chile seco, ajo y cebolla). Zacatecas, Zac., México. p. 15-19.
- Luna F., M. y G. Galindo G. 1997. La agricultura en Zacatecas; un estado mexicano. *Agro-Ciencia (Chile)* 13(1):77-90.
- Olvera G., J.; R. Sánchez R.; R. Ochoa B. y F. Rodríguez C. 1998. Una hortaliza de México para el mundo. *Claridades Agropecuarias* 56:3-5.
- Pérez T., H. y G. Galindo G. 2003. Situación socioeconómica de los productores de frijol de temporal en Zacatecas. *TERRA* 12(1):137-147.
- Pozo C., O.; S. Montes H. y E. Rendón J. 1991. Avances en el estudio de los recursos filogenéticos de México. *Sociedad Mexicana de Fitogenética, AC. Chapingo, Méx., México.* p. 219, 226-228.
- Ramírez M., C. 1995. La configuración regional y de clases en el estado de Zacatecas (1940-1970). *Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Méx., México.* p. 37, 181, 193.
- Reyes R., E. 1998. Análisis de rentabilidad del sistema de producción de chile seco en el Altiplano de Zacatecas. Tesis de Maestría. *Universidad Autónoma de Zacatecas, Facultad de Contaduría. Zacatecas, Zac., México.* p. 91-92.
- Sandoval S., A. 2002. Caracterización del programa de extensionismo y servicios profesionales que asisten a los productores de chile del Altiplano de Zacatecas. Tesis de Licenciatura. *Instituto Tecnológico Superior de Fresnillo. Fresnillo, Zac., México.* p. 51-53.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2004. Anuario estadístico de la producción agrícola (2003/zacatecas/ciclos y perennes/riego). *Sistemas de Información Agropecuaria de Consulta. México* (<http://w3.siap.sagarpa.gob.mx:8080/siiap-apb>). Consultado en abril del 2005.
- Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON). 2005. Anuario estadístico de la producción agrícola (<http://www.siap.sagarpa.gob.mx/sistemas/siacon/SIACON.html>) (Consultado en febrero del 2006).

CAPÍTULO 2

SELECCIÓN, PRODUCCIÓN Y CONSERVACIÓN DE SEMILLA DE CULTIVARES DE CHILE SECO

M.C. Bertoldo Cabañas Cruz
Programa Mejoramiento Genético
Campo Experimental Zacatecas-INIFAP

M.C. Guillermo Galindo González
Programa Divulgación Técnica
Campo Experimental Zacatecas-INIFAP

Ing. Manuel Reveles Hernández
Programa Hortalizas
Campo Experimental Zacatecas-INIFAP

M.C. Ángel Bravo Lozano
Programa Uso y Manejo del Agua
Campo Experimental Zacatecas-INIFAP

Importancia de la semilla

La semilla de especies cultivadas es la base de la producción agrícola, considerándose el insumo más importante en la generación de alimentos. Además, la semilla mejorada es el vínculo entre los trabajos del fitomejorador y los programas de producción agropecuaria. Por otra parte, la industria semillera es el puente que permite la disponibilidad de la semilla a los agricultores, en el momento oportuno, cantidad y calidad adecuada (Bustamante, 1990).

En México, los requerimientos anuales de semillas de los diferentes tipos de chile que se plantan superan las 130 toneladas (Pozo, 1992), de las cuales entre 85 y 90% corresponden a semillas de indocultivares o criollos, que son producidos por el propio productor y entre 10 y 15% corresponden a semilla de genotipos de variedades mejoradas e híbridos, siendo en su mayoría de semilla de híbridos introducidos (Pozo, 1992a); estos últimos incrementaron en 30% su uso durante la década de los 90's (Pozo *et al.*, 2003).

En los últimos tres años, SIACON (2005) informa que en el 2002 se cosecharon 44 ha con chile verde para semilla, donde se obtuvieron 21.35 ton y un rendimiento de 0.485 ton/ha. En el 2003, la superficie cosechada decreció a 34 ha con chile verde para semilla,

obteniéndose 15.85 ton y un rendimiento de 0.466 ton/ha, mientras que para el 2004, la superficie disminuyó a 5 ha con una producción de 1.25 ton y un rendimiento muy bajo de apenas 0.250 ton/ha.

Existe un gran déficit de semilla requerida para cubrir la demanda del mercado. La disponibilidad limitada de semilla certificada (Figura 2.1) de variedades mejoradas e híbridos de chile seco y verde de bajo costo, ocasiona altos costos de producción, estimula el incremento del uso de semilla criolla de baja calidad genética, fisiológica y física, y aumenta el riesgo de obtener bajos rendimientos y mala calidad del fruto (Acosta y Lujan, 2004).

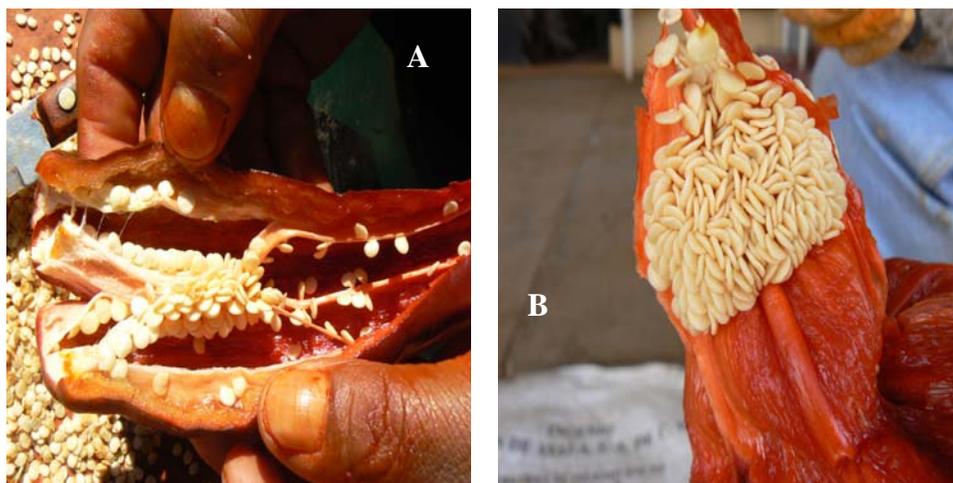


Figura 2.1. Semilla de chile seco tipo Mirasol (A) y tipo Ancho (B).

Problemática

Uno de los principales problemas que afecta a los productores de chile es la escasez de semilla de genotipos mejorados nacionales, que satisfagan la producción, calidad de fruto y resistencia a factores adversos, como la enfermedad denominada secadera causada por *Phytophthora capsici*, *Fusarium spp*, *Rhizoctonia spp*, *verticillium spp* y *Sclerotium spp* (Velásquez *et al.*, 2004); lo anterior señalado ocasiona dependencia tecnológica, que pone en riesgo la producción del chile. Además, se incrementa la fuga de divisas por más de 13 millones de dólares por año, debido al costo alto de la semilla

híbrida, lo que obliga al productor a utilizar poblaciones F2 y F3, lo que afecta el 30% de la producción y calidad del cultivo de chile (Ramírez *et al.*, 2006).

En Zacatecas, entre 1% y 3% de los productores usan plántulas con cepellón procedentes de semilla híbrida, para producir chile o fruto verde para el consumo como verdura. Sin embargo, en la mayoría de las plantaciones se usan plántulas procedentes de semilla criolla con raíz desnuda (Cabañas y Galindo, 2004), las cuales son resultado de mezclas de semillas de baja pureza genética, debido a que algunos productores compran semilla sin conocer su procedencia y otros seleccionan semilla mediante métodos inadecuados (Bravo *et al.*, 2002; Galindo *et al.*, 2002). El 86.6% de los productores seleccionan la semilla proveniente de material criollo de sus parcelas; de éstos, 49.5% escogen frutos del montón después de cosechar para obtener semilla, 34% selecciona la semilla al seleccionar frutos para semilla en el momento de la cosecha y solo el 3.1% compran materiales mejorados como variedades o híbridos (Cabañas y Galindo, 2004); lo anterior indica el alto índice de producción a partir de semilla con nivel relativamente bajo de selección.

La mayoría de los productores obtienen semilla de fruto maduro fresco o de fruto seco escogidos del montón a granel, o de la semilla de patio que queda después del empaque, sin saber si esos frutos proceden de plantas enfermas, de bajo rendimiento, o con características no deseables, por lo que al mezclar semillas de frutos sanos y enfermos se incrementa el riesgo de que las nuevas plantas también estén enfermas (Martínez *et al.*, 2004). Lo anterior significa que pocos productores o casi nadie deja un área exclusiva para la producción y obtención de semilla artesanal (Pozo, 1992).

En la mayoría de los lotes comerciales, dentro o cerca de éstos, se plantan diferentes tipos de chile. Por ejemplo, en un lote o cerca de un plantío de chile mirasol, se plantan otros tipos como ancho, mulato, pasilla, y güero, entre otros. Por efecto del alto porcentaje de cruzamiento natural que ocurre entre ellos, las flores tienen el estilo generalmente de mayor longitud que los filamentos y sobresale el estigma de las anteras; esta situación tiende a favorecer la polinización cruzada (Rodríguez, 1988). Por lo anterior, el producto comercial obtenido es heterogéneo en lo que respecta a tipo y altura de planta, ciclo de cultivo, color de frutos, formas, tamaños, picosidad o pungencia, madurez, etc., ocasionando que el productor obtenga frutos de baja calidad, con

problemas para su comercialización, aunque algunos productores realizan selección o apartan los frutos en forma manual, lo que incrementa el costo de producción (Bravo *et al.*, 2002).

Selección de semilla

La práctica tradicional de obtención de semilla se realiza desde que el hombre colectó por primera vez, semillas provenientes de plantas sembradas *ex profeso* en parcelas alrededor de su hábitat. Esta práctica ha ocurrido en el cultivo del chile seco y es lógico esperar que de la selección de las mejores plantas sembradas, mezclar las semillas para la siembra y plantaciones siguientes; lo anterior ha sido un método efectivo para mantener la población y supervivencia del cultivo.

Actualmente, para mejorar las semillas se aplican nuevas técnicas, como: la selección individual, masal, combinada y la selección masal visual moderna estratificada (Márquez, 1985; Molina, 1983), la cual consiste en establecer un lote aislado de producción de semilla, en donde mediante estratificación se seleccionan plantas sanas con buen rendimiento de fruto, competencia completa y frutos de calidad. Con lo anterior, se obtiene una nueva población o variedad con mayor potencial de rendimiento y calidad. Es importante destacar que el potencial genético, sanidad y calidad de la semilla, son la base para obtener buen rendimiento.

Metodología para obtener semilla criolla de calidad

Para mejorar la semilla criolla o semilla del productor chilero y tener éxito en la obtención de materiales criollos de mayor calidad, se sugieren realizar algunas modificaciones al método tradicional de selección masal, tal y como lo señalan Arcos *et al.* (1998) y Bravo *et al.* (2002). Al aplicar esta tecnología modificada, se produce semilla de calidad, económica, con mayor potencial de rendimiento, tolerancia a enfermedades, como la sacadera o marchites del chile.

Para producir y obtener semilla criolla de calidad, se recomienda seguir los pasos siguientes:

1. Seleccionar un lote de plantación comercial de chile criollo con plantas sanas. También, seleccionar lotes de plantas de chile con síntomas de daños por secadera, la

cual suele presentarse en las partes de las plantaciones, donde existan plantas con buenas características como frutos grandes, de color rojo oscuro, y con buen follaje que cubra los frutos; estas plantas deben ser seleccionadas y etiquetadas (o poner algún moño de color), y de éstas, se deben seleccionar los mejores frutos, sobre todo los de las dos primeras floraciones. Las plantas seleccionadas deben tener competencia completa, es decir, tener plantas en sus cuatro costados.

2. Las plantas seleccionadas deben tener características deseables, como: a) libres de daño por enfermedades (secadera, cenicilla, etc.); b) sin ramificación a ras de suelo, c) con frutos grandes, d) uniformes de dos o tres venas, de color rojo oscuro para los tipos Mirasol, Ancho, Puya y Árbol, de color café oscuro o negro para los tipos Mulato y Pasilla, y buena forma; y e) abundante carga y follaje para evitar quemaduras de sol. Existen otras características o parámetros importantes, que de acuerdo a la disponibilidad y facilidades del productor, se recomienda tomar en cuenta, éstas son las siguientes: número de frutos por planta, peso promedio, diámetro, espesor del pericarpio del fruto, entre otras (Depestre *et al.*, 1985). Además se recomiendan otros criterios de selección no menos importantes que los anteriores, como: el rendimiento, pungencia, tamaño del fruto, color, tamaño de los tallos, habito de crecimiento y tolerancia a plagas y enfermedades.

3. La selección de las plantas se debe realizar antes del primer corte. Si es posible, etiquetar o marcar las plantas seleccionadas, o cuando los frutos estén rojos, arrancar la planta o cortar los frutos de mayor tamaño, de las horquetas más cercanas a la base de la planta; lo anterior, debido a que los últimos son frutos pequeños y tienen mayor probabilidad de haberse formado por cruzamiento natural. Se deben eliminar las plantas enfermas, aunque anteriormente se hayan etiquetado o marcado.

4. Los tipos de chile Ancho, Mirasol, Mulato y Pasilla con frutos maduros frescos, los dos primeros de color rojo, los dos últimos de color café o negro, se deben desvenar al abrir los frutos con navaja (en la actualidad existen máquinas extractoras de semilla, pero se pierde la pulpa), se debe separar la cabeza o rabo con semilla del pericarpio del fruto y colocarla sobre papel o costales; éstas se deben secar en la sombra. La temperatura óptima recomendada para el secado de la semilla debe ser menor a 35°C (Van, 1986); las cabezas se deben remover y voltearse, para que se pierda más rápido la humedad y no se desarrollen hongos o se pudran.

5. Cuando las cabezas estén secas, es necesario desgranar y limpiar la semilla; posteriormente, éstas se deben sumergir en un recipiente con agua y eliminar las semillas pequeñas, vanas, manchadas o germinadas, y lo que flote. Es conveniente seleccionar solamente la semilla que quede en el fondo del agua. Éstas se deben sacar en la sombra.

6. La semilla debe ser tratada con un fungicida, como Captán e Interguzán, u otro fungicida, en dosis de 5 gr/kg de semilla. La semilla y el fungicida tendrán que mezclarse perfectamente.

7. La semilla tratada debe guardarse en frascos de vidrio o latas bien selladas, para evitar la entrada de insectos y humedad, que puedan afectar su germinación. Es necesario colocar los frascos o latas en lugares secos y ventilados. Se recomienda guardar los envases con semilla, en condiciones de baja humedad en el aire, con menos del 55 % de humedad relativa y a temperatura fresca de 20 grados centígrados (Van, 1986).

8. Antes de sembrar, tanto en almácigos al aire libre como en invernadero con cepellón, se deben realizar pruebas de germinación. Para esto, se debe extraer 100 semillas de los frascos o latas, sembrarlas en cajas germinadoras o en surquitos a cielo abierto sobre un sustrato comercial; sí germinan 85 semillas, se debe agregar 15% más de semilla, con ello se tendrá el 100% de semillas germinadas y suficiente plántulas para el trasplante; sí solamente germinan 50, se debe sembrar el doble de la cantidad de semilla usada para tener el 100% de semillas germinadas. En general, se considera que una semilla puede conservar su calidad si tiene alrededor de 5% de humedad, para que tenga mayor duración y conservar su viabilidad (Tay, 2004).

9. Para producir semilla de calidad de chile, lo conveniente es plantar un pequeño lote exclusivo, por lo que es necesario seleccionar plántulas vigorosas y sanas del almácigo con plántulas con raíz desnuda, o producidas en el invernadero con cepellón y trasplantarlas en un lote aislado.

10. Para evitar el cruzamiento natural por insectos, viento o ambos, se pueden usar cuatro estrategias: a) el lote aislado debe estar separado más de 400 m de otros

lotes de producción de semilla o comerciales de los diferentes tipos de chile (Wall *et al.*, 2002); b) utilizar la siembra de barreras con especies de plantas, como: maíz, sorgo, cebada o avena, con alta densidad, para evitar el paso de polen; se recomienda sembrar de seis a ocho 8 surcos alrededor del lote, de 10 a 15 días antes del trasplante del chile; también se sugiere sembrar cultivos trampa como el frijol, ya que las abejas prefieren la flor de esta leguminosa, después la del maíz y el último en su preferencia es la flor del chile; c) otra alternativa es cubrir las plantas seleccionadas con tela Agribón 2000, en forma de microtunel; y d) finalmente, realizar autopolinizaciones, al cubrir los primeros botones florales antes de que abran, con pedacitos de papel higiénico y mojarlos con atomizador, para que el papel se adhiera al botón; también, se puede cubrir con tela microporo blanco. Además se recomienda eliminar la plantas con características fuera de tipo y mantener el lote libre de malezas (Wall *et al.*, 2002)

11. Se deben extraer con cuidado, las plantas enfermas, las jorras o improductivas, de ciclo vegetativo no adecuado, como pudieran ser las muy precoces o muy tardías y toda planta “fuera de tipo”, es decir, con características no deseables.

12. Para obtener semilla para el siguiente año, es conveniente realizar nuevamente las recomendaciones desde el punto tres.

13. Es recomendable usar guantes y cubre-boca, al realizar la extracción de la semilla del fruto, para evitar tocar los frutos con los dedos y evitar enchilarse o irritarse la piel al tocarlo con los dedos enchilados.

Almacenamiento de semilla

Además de la pobre calidad genética de la semilla artesanal de los cultivares criollos, es evidente el bajo uso de tecnología en el proceso de extracción y beneficio, pero sobre todo en el almacenamiento, ya que se emplean envases inadecuados y ambientes inapropiados, lo que afecta la calidad fisiológica de la semilla (Pozo, 1992).

La semilla de chile puede ser conservada y almacenada por un periodo de 3 a 5 años, si se empaquetan en sobres de manila, bolsas de tela o maya, envases de plástico, o envoltorios metálicos, aunque se consideran mejores los envases de vidrio o metal (Berker, 2001).

Tipos Criollos, Variedades e Híbridos de Chile

En el estado de Zacatecas, existe gran diversidad genética de chile para secar en la planta, en deshidratadoras y paceras. Generalmente, los productores de chile seco plantan los tipos: Mirasol o Guajillo, Ancho, Mulato, Pasilla, Puya, Guajón y de Árbol, y además, Güeros para verdear o consumirlos como verdura, entre otros (Cabañas, 2002).

El destino del cultivo del chile se dirige principalmente a la producción para chile seco; aunque en los últimos años el mercado ha cambiado demandando chiles frescos para consumo como verdura, y secos para consumo directo, como condimentos y moles. Además la industria demanda chiles secos para la extracción de capsaicina, colorantes o pigmentos y oleorresinas (Ramírez *et al.*, 2006).

Dentro de las características deseables para los tipos Mirasol, Ancho, Puya y Árbol requeridos por los compradores e industriales, destacan la calidad del fruto, uniformidad, tamaño, forma y color rojo oscuro; para los tipos mulato y pasilla el color debe ser café oscuro o negro.

Generalmente, el mejor precio del chile se obtiene con frutos grandes y homogéneos, de color rojo oscuro; éste disminuye a medida que se reduce el tamaño y la coloración del fruto, comercialmente conocidos como frutos pintos.

Actualmente, el mercado ha cambiado sus parámetros de calidad para la compra de los diferentes tipos de chile seco o para verdear como verdura; lo señalado hace necesario que el productor busque información oportuna y vigente sobre demanda en el mercado y precio de venta de los genotipos de chile, tales como tipos o razas, criollos, variedades mejoradas e híbridos, con el fin de hacer una buena planeación de la superficie a plantar. A continuación se describe la terminología de cada uno de ellos:

Tipos o razas. Se usa el término “tipo o razas” de chile, al nombre que le asignan los agricultores, comerciantes y consumidores a nivel regional (Rodríguez, 1988). En el mundo existen más de 3,000 tipos de chile, descendientes de 22 especies silvestres y cinco especies cultivadas, los cuales varían en aromas, consistencia, pungencia (grado de picocidad), color, formas y tamaño de fruto, hábito de crecimiento, duración de los ciclos,

altura de planta y rendimiento de fruto (Cabañas, 2002); dentro de las especies cultivadas, se encuentra la especie *Capsicum annuum* L, a la que pertenecen los tipos de chile que se cultivan en Zacatecas.

Criollos. Los materiales criollos son cultivares nativos (criollos) o introducidos de otras regiones, que se cultivan y establecen por años en una región (acriollados), y se utilizan en plantaciones comerciales; de éstos, se obtiene semilla para las siguientes generaciones, sin utilizar técnicas eficientes de producción de semilla; lo anterior no implica ningún conocimiento, sino simplemente intuición (Márquez, 1985). Por lo anterior, este material es de bajo potencial de rendimiento y de mala calidad, debido a la mezcla de subtipos. Además, presentan variación morfológica y diversidad de formas de fruto y son susceptibles a enfermedades y plagas, lo cual demerita su aceptación comercial e industrial del producto (Laborde y Pozo, 1982).

Varietades Mejoradas. Las variedades mejoradas (Figura 2.2) son resultado de la aplicación de técnicas o métodos de mejoramiento genético a poblaciones criollas de amplia variación genética; lo anterior, para crear poblaciones mejoradas, con base en los caracteres métricos de importancia económica y se fundamenta principalmente en la genética cuantitativa, con gran apoyo adicional de las técnicas estadísticas de diseños experimentales y muestreo, así como con el conocimiento adecuado del medio natural y de la situación económica de la población humana que se desea beneficiar (Márquez, 1985).

Por otra parte, cabe señalar que una variedad mejorada representa la culminación del trabajo de un fitomejorador, quien de manera permanente debe tener como objetivo, superar las limitaciones de rendimiento, adaptabilidad, calidad, factores adversos (principalmente enfermedades como la secadera del chile), y requerimientos de la industria y los del propio productor, buscando siempre la optimización de sus recursos de investigación y la del medio ecológico y disponibilidad del agricultor (Carballo, 1993). Finalmente las semillas de las variedades mejoradas son mucho mas baratas que las semillas de los híbridos.

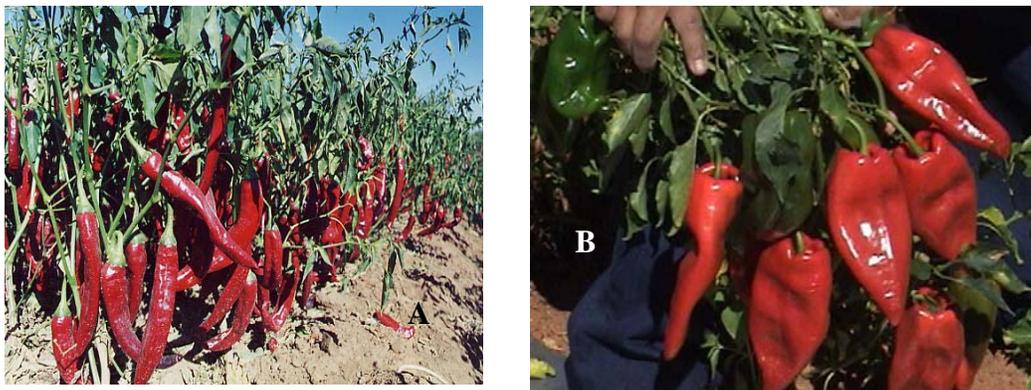


Figura 2.2. Nuevas variedades de chile seco tipo Mirasol (A) y Ancho (B).

Cultivar criollo con semilla de calidad. Esta semilla se obtiene después de haber realizado los trece pasos de la metodología para obtener semilla criolla de calidad, a partir de material criollo mejor adaptado a las condiciones climáticas de la región donde se cultiva dicho material.

Híbridos. Los materiales híbridos se obtienen a partir de cruza en forma manual entre dos progenitores y consiste en el aprovechamiento de los efectos génicos no aditivos de la generación F1. La obtención de la F1 puede ser por cruzamiento entre cualquier tipo de poblaciones, no necesariamente líneas puras y su aprovechamiento puede ser inmediato (híbridos de cruza simple, de cruza de tres líneas o de cruza doble) o mediato, es decir, casos en que de todos modos el material aprovechable original es la F1, de uno o varios cruzamientos (Márquez, 1985).

En general, la producción de semillas de hortalizas por parte de compañías mexicanas, se ha convertido en una tarea cada vez más difícil, debido a que la formación de materiales básicos, especialmente para la producción de híbridos, requiere de equipo humano preparado, infraestructura adecuada para su beneficio, campos de producción, de aparato administrativo y de comercialización bien organizado (Montes, 1992). Las compañías extranjeras compiten en el mundo actual de la comercialización de semilla, ya que cuentan con campos de producción en casi todos los países a nivel mundial, aparatos de mercadotecnia y de investigación, por lo que ponen a la disposición de los agricultores

una variada gama de híbridos. Actualmente, 50,000 semillas requeridas para una hectárea de híbridos de chile Ancho, Mirasol y Puya cuestan entre \$15,000 y \$20,000.

Descripciones de los tipos de chile

Actualmente, el mercado cuenta con los siguientes tipos de chile: Mirasol, Ancho, Mulato, Pasilla, Puya, Árbol y Guajón; dentro de estos tipos y entre variedades e híbridos de chile, existe gran variabilidad genética, principalmente fenotípicas, como la fenología y morfología de las plantas. En el presente documento se realiza una breve descripción y resaltan las diferencias más sobresalientes entre tipos de chile.

Planta. En los diferentes tipos de chile, la planta es de hábito de crecimiento erecto, de aspecto herbáceo de color verde. Su tallo principal al inicio es de color verde y al morir o secarse se torna de color grisáceo; éste a los 10 ó 20 cm de altura (o primera horqueta), se bifurca o divide en dos o tres ramas dicotómicas, las cuales continúan dividiéndose hasta el final del ciclo de cultivo. Los primeros entrenudos arriba de la primera horqueta son más largos de 6 a 12 cm (en Pasilla su longitud es mayor) y se acortan en forma ascendente, de tal manera que el ápice, pareciera un racimo de hojas y flores. En los materiales híbridos, los entrenudos son más cortos; debajo de la primera horqueta del tallo principal se presenta de tres a cuatro ramificaciones, las cuales también son productivas.

En los tipos Puya y Árbol, las plantas son más ramificadas y crecen igual que las otras ramas de la primera horqueta, aunque los primeros frutos de éstas quedan en contacto con el suelo y tienden a enfermarse; en los diferentes tipos de chile señalados, el tallo principal y sus ramas no presentan pubescencia (Laborde y Pozo, 1982).

La altura de las planta es variable, ya que los híbridos miden entre 50 y 60 cm y los criollos y variedades mejoradas de 80 a 100 cm. De manera general, las plantas de chile emiten en cada nudo una hoja y un botón floral; después, el botón se transforma en flor y finalmente en fruto.

Los tipos Ancho y Mulato presentan hojas en forma deltoide u oval y color verde oscuro brillante, sin pubescencia y lisas. En la primera horqueta y en los nudos localizados debajo de ésta, las hojas son más grandes, con una longitud de 8 a 15 cm de

largo y de de 5 a 10 cm de ancho; sus pecíolos son largos (de 4 a 8 cm), aunque las hojas localizadas en los nudos superiores a la primera horqueta son más pequeñas y decrecen progresivamente. En los tipos Pasilla, Mirasol, Puya y Árbol, las hojas son más pequeñas y angostas que las del ancho y mulato, son de forma lanceolada, al igual que los anchos y mulatos las hojas de la primera horqueta y debajo de ésta, son más grandes (de 6 a 12 cm de largo y de 3 a 5 cm de ancho) y decrecen progresivamente; las hojas son lisas y sin pubescencia.

Flor. En estos tipos de chile las flores son autógamas, en las cuales se encuentran los sexos, masculino (con cinco o seis estambres con rallas de color morado) y femenino (ovario). El filamento y el estigma son de color amarillento y es de tamaño largo sobresale sobre los cinco o seis estambres; si éstos no maduran o no abren y sueltan el polen antes de que abran los pétalos no se realizará la autofecundación, porque el filamento estará por arriba de los estambres y el estigma está listo para recibir el polen vía viento, o por los polinizadores, como las abejas; con lo anterior se realiza la polinización cruzada, generándose la variabilidad en tamaño, color y forma de los frutos.

Las flores tienen de cinco a seis pétalos de color blanco sucio, cuando se encuentra en botón y apertura de flor; al madurar o secarse, los pétalos se tornan de color blanco grisáceos. Las flores más grandes se presentan en los tipos Ancho y Mulato y miden de 2.0 a 2.5 cm de diámetro; en Mirasol y Pasilla, éstas son de tamaño mediano con una longitud de 1.5 a 2.0 cm; en Puya y Árbol son más pequeñas ya que miden entre 1.0 y 1.5 cm. En cada nudo existe una flor. El inicio de floración en híbridos comienza entre los 30 y 45 días y en variedades mejoradas y criollos, entre los 50 a 55 días después del trasplante y termina con la presencia de heladas tempranas o con la suspensión del riego.

Fruto. En fruto es donde existe la mayor variabilidad genética en forma, color, tamaño, aroma, sabor y picosidad o pungencia entre otros (Figura 2.3).

Forma del fruto. Dentro del tipo de chile ancho para secado o poblano para verdear como verdura, existe gran variabilidad en el número de lóculos (o venas); los hay con dos, tres, cuatro y más (como el chile morrón). Los lóculos dan la forma al fruto (Laborde y Pozo, 1982). Los de dos lóbulos son de forma aplanada, alargados, puntiagudos y chatos, como en los tipos Mirasol, Pasilla, Puya y Árbol, y de forma plana o acorazonada, como en los tipos Ancho y Mulato (las amas de casa prefieren este tipo de fruto en verde como verdura, porque para lamprear y guisar solamente lo giran dos veces y a los comerciantes de fruto verde se les facilita para el empaque). Los frutos de tres lóculos dan la forma triangular al fruto cónica o de cono truncado (en Ancho, Mulato, Mirasol, Pasilla, Puya y Árbol). Los frutos de cuatro y más lóculos presentan forma circular tipo calabaza (Ancho y Mulato) con nervaduras bien definidas; éstos se prefieren para el secado o rajas.



Figura 2.3. Frutos de chile seco tipo mirasol en diferentes etapas de madurez

Cajete o hundimiento en la unión del pedúnculo y el pericarpio del fruto. Los tipos de chile Ancho y Mulato presentan un cajete o hundimiento, variando de uno a más de cinco centímetros. Un cajete muy profundo en los frutos es un carácter perjudicial, porque cuando el fruto está por madurar o maduro y si se llegara a presentar una lluvia, el cajete se llena de agua y ésta humedece la epidermis, ocasionando el desarrollo de hongos, los cuales provocan la pudrición y disminuye la calidad del fruto. En cambio, los tipos Mirasol, Pasilla, Puya y Árbol carecen de dicho cajete, quedando el fruto liso sin almacenamiento de agua de lluvia.

Color de fruto. Los frutos inmaduros son verdes en diferentes tonalidades en todos los tipos de chile mencionados. Los frutos antes de madurar se tornan de un color verde oscuro brillante, sobre todo los híbridos; cuando esto ocurre, los frutos están listos para el corte de fruto para consumo como verdura; al madurar los materiales criollos y variedades mejoradas de los tipos Ancho, Mirasol, Puya y Árbol los frutos se tornan de color rojo a rojo oscuro; en los tipos Mulato y Pasilla los frutos se tornan de color café o café negro, en

estos materiales se conserva el sabor, olor, aroma y picor o pungencia del chile típico regional; los materiales híbridos carecen de estas características.

Además del color, en el tamaño (largo) y grosor (ancho) del fruto es donde se observa la variación genética. El tipo Pasilla produce los frutos más largos (Laborde y Pozo, 1982), los cuales varían de 15 a más de 30 cm y de 2 a 5 cm de ancho. Le sigue en tamaño el tipo Mirasol con una longitud de fruto que va de nueve a más de 20 cm. Posteriormente, le sigue el tipo Puya con frutos de nueve a 12 cm de largo y 2 a 2.5 cm. de ancho. Finalmente, los frutos más pequeños en longitud son los de tipo Árbol que alcanzan 6.5 a 10 cm y de 0.5 a 1.2 cm de ancho o grosor (Acosta y Lujan, 2004).

En relación a picosidad o pungencia de los frutos, de mayor a menor son: Árbol, Puya, Mirasol, Pasilla, Mulato y Ancho. Para mayor información, consulte el capítulo de postcoseca.

La epidermis o pericarpio del fruto en verde es lisa y gruesa y en fruto seco, al secarse se vuelve rugosa y ondulada. La posición de los frutos es colgante en todos los tipos antes mencionados, aunque existen materiales con frutos erectos.

Rendimiento del cultivo del chile seco. El rendimiento es el resultado del potencial genético del material usado en la plantación, como son: 1) Tipo de chile (Mirasol, Puya, Árbol, Ancho, Mulato y Pasilla entre otros), 2) Semilla usada (si procede de semilla criolla, de variedades mejoradas o de híbridos), 3) Más el resultado del efecto de la interacción genotipo o cultivar por ambiente, 4) Más el efecto del manejo del cultivo que realiza el productor como: la condición donde se estableció la plantación (en campo, invernadero ó macrotunel), el sistema de riego usado (gravedad, aspersion ó goteo), de la plantación en surcos o en camas con o sin acolchar, de la aplicación y dosis de fertilizantes, y del control de malezas, plagas y enfermedades, entre otros.

Para corroborar lo antes señalado, se realizó una revisión de literatura de trabajos realizados en los diferentes tipos de chile que se mencionan a continuación.

Para chile Mirasol o Guajillo, Cabañas (2002) reportó rendimientos de 5.7, 4.7, 3.8 y un promedio de 4.7 ton/ha de fruto seco de primera calidad, con la línea experimental

Mirasol Zacatecas, con un incremento de 12.5% sobre el testigo criollo Calera. Este autor señala que dicho rendimiento decrece al realizar plantaciones tardías del 30 de abril al 10 de mayo.

Cabañas *et al.* (2005) reportaron que con la línea experimental Mirasol INIFAP Zacatecas y riego por gravedad, los rendimientos fueron de 6.3 y 5.9 ton/ha de fruto seco con la aplicación de las dosis de fertilización 210-150-100 y 220-100-150, respectivamente; de 6.4 y 5.8 ton/ha cuando se usaron dos y una planta por mata; de 6.6, 5.9 y 5.8 ton/ha cuando las plantaciones se realizan a 25, 35 y 45 cm de distancia entre matas.

Por su parte, al evaluar la línea Mirasol Zacatecas en el estado de Aguascalientes, Macías *et al.* (2005) no encontraron diferencias significativas en rendimiento entre cinco cultivares de chile Mirasol; esta línea produjo 1.526 ton/ha de fruto seco, 0.263 ton/ha menos que el promedio estatal, mientras que en fruto verde produjo 14.4 ton/ha y mostró 50% de incremento sobre el promedio estatal.

Martínez *et al.* (2004) aplicaron diversos niveles de fertilización en el tipo chile Mirasol, variedad guajillo VR-91; el rendimiento obtenido fue de 4.3 ton/ha de fruto seco, con riego por goteo, acolchado y la dosis de fertilización 180-90-00, con incrementos de 3.571 ton/ha sobre el testigo con riego rodado y 180-90-00.

Bravo *et al.* (2004) al evaluar diferentes tratamientos de fertilizantes en el sistema de fertirriego en el cultivo de chile tipo Mirasol, encontraron que el mejor rendimiento de 3.87 ton/ha de fruto seco, se obtuvo con el tratamiento 200-75-200+Calcio; el menor rendimiento fue de 2.63 ton/ha con el mismo tratamiento pero con magnesio. Con la línea experimental Mirasol INIFAP Zacatecas y riego por goteo sin acolchar, los mismos autores reportan rendimientos de 2.75, 3.1, 3.5, 3.6, 3.55 y 4.05 ton/ha de fruto seco, con los tratamientos de fertilización, 000-000-000, 000-75-200, 100-75-200, 200-75-200, 300-75-200 y 300-150-200, respectivamente. Además, indican que con mayor cantidad de los tres macronutrientes, se incrementa el área foliar y el peso de materia seca, lo que incrementa el rendimiento de fruto seco del chile tipo Mirasol.

Burciaga *et al.* (2005), con la línea experimental Mirasol INIFAP Zacatecas, reportaron rendimientos de 2.026, 2.043, 2.290 y 2.322 ton/ha, con riego por gravedad, riego por goteo y acolchado negro, riego por goteo sin acolchado y riego por goteo y acolchado plata, respectivamente.

Por su parte, Mojarro *et al.* (2005) al evaluar tecnologías en el uso de fertilizantes en la línea experimental de chile Mirasol INIFAP Zacatecas en seis localidades, encontraron los siguientes rendimientos: 4.1 ton/ha en Ojocaliente, 4.0 ton/ha en Calera V.R., 3.56 ton/ha en Chaparrosa Villa de Cos, 2.96 ton/ha en Fresnillo y 2.3 ton/ha Rancho Grande, Zac. En la localidad de Ojocaliente se aplicó la fórmula 230-107-135 más tres aplicaciones de hormonas, en acolchado y riego por goteo. En la localidad de Calera V.R. se incluyó el paquete tecnológico generado por el CEZAC, con 200-75-200 y riego por gravedad. En Chaparrosa Villa de Cos se aplicó la fórmula 181-207-130 más cinco aplicaciones de Biozyme y ácido Giberélico y riego por goteo sin acolchado. La fórmula 224-100-50 más tres aplicaciones de Biozyme y riego por gravedad fue establecida en Fresnillo, mientras que en Rancho Grande, Zac. se aplicó la fórmula 180-80-120 más una aplicación de fertilizante foliar y riego por gravedad.

Además, Mojarro *et al.* (2005a) señalan que el uso del riego por goteo y acolchado plástico contribuyen al incremento significativo en el rendimiento de la variedad Mirasol INIFAP Zacatecas.

Valdez *et al.* (2005) reportan en chile Mirasol rendimientos mínimos, medios y máximos (1.743, 3.540 y 4.918 ton/ha) y señalan que el rendimiento de chile Mirasol en Zacatecas depende de la concentración de calcio y magnesio, así como de las interacciones N-Ca, N-Mg, P-Ca, P-Mg, K-Ca y K-Mg, más las interacciones sinérgicas y antagónicas, que son determinantes en la nutrición de las plantas de chile; además de que el calcio y magnesio tienden a acumularse en grandes cantidades en las hojas.

En chile Ancho o Poblano, Cabañas (2002) reporta rendimientos de 4.8, 3.2, 2.2 ton/ha y promedio de 3.4 ton/ha de fruto seco de primera calidad, con la línea experimental Ancho Zacatecas, con incremento de 28.5% sobre el testigo Ancho San Luís. Este autor señala que dicho rendimiento decrece al realizar plantaciones tardías del 30 de abril al 10 de mayo.

Por su parte, Espinoza *et al.* (2002) al evaluar la línea ancho Zacatecas en condiciones de invernadero en Durango, determinaron un rendimiento promedio de 46.5 ton/ha, con incremento del 10% sobre el testigo Dgo-3.

Macías *et al.* (2005) al evaluar la línea Ancho Zacatecas en el estado de Aguascalientes, no encontró diferencias significativas en rendimiento entre cinco cultivares de chile ancho. Dicha línea produjo 1.336 ton/ha de fruto seco, lo cual representó 0.428 ton/ha menos que el promedio estatal; en fruto verde la misma línea produjo 16.855 ton/ha y mostró un incremento de 56.5% sobre el promedio estatal.

Martínez *et al.* (2004) aplicaron diversos niveles de fertilización en el tipo de chile Ancho, en dos variedades AP-VVR y AM-VR; en estas variedades se obtuvieron rendimientos de 37.174 y 38.866 ton/ha de fruto verde, con riego por goteo, acolchado y la dosis de fertilización 180-90-00, con incrementos de 25.383 y 34.207 ton/ha sobre el testigo con riego rodado y la dosis 180-90-00.

Larriaga *et al.* (2004) evaluaron los híbridos Caballero y Tiburón F1 y F2 con diferentes tratamientos de fertilización en riego por goteo. Los mejores rendimientos fueron de 61.1 ton/ha de fruto verde, con el tratamiento consistente en 400 kilos de nitrógeno y riegos por 2.5 horas/día, mientras que para el híbrido Tiburón F1 y F2 produjeron 40.6 y 39.2 ton/ha de fruto verde con el mismo tratamiento de 400 kilos de nitrógeno/ha y riegos por 8 horas cada tercer día. En chile mulato, el mejor rendimiento fue de 31.1 ton/ha, con el tratamiento 200 kilos de nitrógeno y riegos de ocho horas cada tercer día.

Jasso *et al.* (2005) reportan rendimientos en chile tipo morrón de 37.536 ton/ha con el sistema de producción hidropónico, en donde se utilizó perlita como sustrato y de 26.857 ton/ha de fruto verde con un sistema de producción tradicional basado en acolchado plástico, riego por goteo y fumigación al suelo con bromuro de metilo.

En chile tipo Puya, Mojarro *et al.* (2005a) reportan rendimiento de 3.47, con la dosis de fertilización 220-100-150 y riego por goteo con cultivar criollo, en el Saladillo Zac.

En Chile tipo Árbol, Acosta y Lujan (2004) reportan rendimientos desde 5.015 hasta 11.953 ton/ha de frutos rojos no deshidratados, con material criollo testigo y la línea experimental ACh (44-02-P2) con 10.1 y 7.7 cm de largo y 1.27 y 0.87 cm de grosor o ancho de fruto, respectivamente.

Para los tipos Mulato y Pasilla, no se encontró información reportada.

Al conjuntar los resultados de los trabajos realizados tanto en Chile verde como en seco, la conclusión es que existe gran variación en rendimiento de fruto, debido al tipo, cultivar, manejo y condiciones agroclimáticas en que se desarrolle y crezca el cultivo de Chile.

En los Cuadros 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, y 2.6 se mencionan y describen los cultivares comerciales y líneas experimentales más conocidos, criollos, variedades e híbridos, evaluados en la Segunda Convención Mundial del Chile 2005, realizada en terrenos del Campo Experimental Zacatecas, los cuales presentan diversos grados de adaptación a las condiciones agroecológicas del Altiplano de Zacatecas. Las características como el rendimiento son generales y pueden variar según el manejo del cultivo y las condiciones agroclimáticas del lugar donde se desarrolle el cultivo de Chile.

En el Cuadro 2.1 se presenta el comportamiento del rendimiento de fruto seco del tipo Mirasol, en donde se observa gran variación y se comprueba lo antes señalado. Materiales con bajo potencial de rendimiento como el cultivar criollo produjeron solamente 2.0 ton/ha, mientras que el de mayor potencial de rendimiento total de 4.76 ton/ha fue producido por la línea experimental Mirasol INIFAP Zacatecas, seguido por los Híbridos Fresnillo y Guajillo F1 04-1518. Dicho rendimiento se debió principalmente al potencial genético, más la interacción cultivar por ambiente, más el manejo durante el ciclo de cultivo. Por tanto, el mejor rendimiento fue obtenido por la línea Mirasol INIFAP Zacatecas coincidiendo con los resultados obtenidos por Cabañas (2002), Cabañas *et al.* (2006), Martínez *et al.* (2004), y Bravo *et al.*, (2004), puesto que es un material seleccionado y formado, a partir de materiales criollos adaptados a las condiciones climáticas de Zacatecas. El resto de los cultivares evaluados fueron de las compañías Seminis, King Seed, Vilmorin y variedades que se han generado en el INIFAP, los cuales a nivel experimental han mostrado su adaptación a las condiciones climáticas del Altiplano de

Zacatecas, y que se pueden utilizar en plantaciones comerciales de la región. Además, en comunicación personal con productores de la región chilera de Zacatecas, mencionan que existen años lluviosos, aún utilizando riego por goteo y acolchado, se presenta la enfermedad denominada secadera y sus rendimientos de fruto seco son más bajos de 2.0 ton/ha. Este mismo fenómeno sucede con el rendimiento de fruto verde. Sin embargo, cuando el temporal se presenta con poca lluvia los rendimientos de fruto seco son superiores a las 4.7 ton/ha y los de fruto en verde son de mayor rendimiento.

Cuadro 2.1. Variedades e híbridos de chile seco tipo "Mirasol" adaptados a las condiciones climáticas del Altiplano de Zacatecas. CEZAC. 2005.

Cultivares	Compañía	Inicio de Floración (días)	Rendimiento fruto seco (ton/ha)		
			Fruto 1 ^{ra}	Fruto 2 ^{da}	Total
Mirasol Inifap Zacatecas	INIFAP-ZAC	50-55	4.313	0.447	4.760
H. Fresnillo	Seminis	40	2.700	1.800	4.500
H. Guajillo F1 04-1518	King Seed	35	3.328	1.029	4.357
H. Guajillo F1 -3913	King Seed	30	3.088	1.176	4.264
H. Zacatecas	Mar Seed	35	2.411	1.029	3.440
H. Bami	Vilmorin	30	2.617	0.588	3.205
Don Luís	INIFAP-SLP	52	2.790	0.310	3.100
Don Ramón	INIFAP-SLP	55	2.610	0.290	2.900
VR-91	INIFAP-SLP	50	2.200	0.250	2.450
Criollo	-----	55	1.800	0.200	2.000

En el Cuadro 2.1 se presenta el comportamiento del rendimiento y otras características de variedades e híbridos de chile verde y seco tipo Ancho de las diversas Compañías Sakata Seed, Molina Seed, Las Lolas, Wester Seed, Seminis, King Seed, Caloro, Shamrock Seed, US Agriseed, United Genetics y variedades que se han generado en el INIFAP. Estos materiales a nivel experimental han mostrado su adaptación a las condiciones climáticas del Altiplano de Zacatecas, por lo que se podrían utilizar en plantaciones comerciales de la región. También, en estos materiales se observa gran variación en potencial de rendimiento, principalmente de fruto verde para ser consumido como verdura, donde el menor potencial de rendimiento fue producido por el material

denominado Emperador con 23.5 ton/ha y el de mayor potencial fue el Híbrido Caballero con 55.8 ton/ha. Dicho rendimiento se puede incrementar con una plantación en fecha temprana, en condiciones de macrotunel e invernadero.

Además, existen productores con mayor potencial que superan las 80 ton de fruto verde, con el híbrido Caballero, con buen manejo, pero este material requiere de 8 a 10 kilos de fruto fresco rojo para obtener un kilo de fruto seco, mientras que el cultivar Ancho Inifap Zacatecas requiere solamente de 4 a 4.5 kilos de fruto fresco rojo para obtener un kilogramo de fruto seco, produciendo un rendimiento promedio de 4.8 ton/ha superando en 2.2 ton/ha al testigo Ancho criollo (estos resultados coinciden con Cabañas (2002), Espinoza *et al.* (2002) y difieren con Macías *et al.* (2005)).

Cuadro 2.2. Variedades e híbridos de chile seco tipo “Ancho” adaptados a las condiciones climáticas del Altiplano de Zacatecas. CEZAC. 2005.

Cultivares	Compañía	Inicio de Floración (días)	Rendimiento (ton/ha)			
			Fruto verde 110 días	Fruto Rojo 130 días	Total	Fruto seco
Ancho Inifap Zacatecas	INIFAP	50-55				4.8
Criollo		55				2.6
H. Caballero	Sakata Seed	40	26.470	29.412	55.882	
Don Máximo	Molina Seed	30	17.647	35.294	52.941	
Ancho San Luís	Las Lolas	50	17.058	35.294	52.352	
Don Emilio	Wester Seed	40	22.941	29.412	52.352	
Don Manuel	Wester Seed	40	22.058	29.412	51.470	
Caxcan	Molina Seed	30	18.823	32.353	51.176	
H. Tiburón	Sakata Seed	40	20.588	29.412	50.000	
H. Vencedor	Seminis	45	17.647	29.412	47.058	
Millonario	King Seed	35	15.294	29.412	44.706	
Ancho Pancho	Caloro	30	-----	35.294	35.294	
Allende	Shamrock Seed	30	-----	35.294	35.294	
Monarca	US Agriseed	30	15.882	17.674	33.556	
Emperador	United Genetc.s	35	-----	23.529	23.529	

En el Cuadro 2.3 se presenta el comportamiento del rendimiento y otras características de variedades comerciales e híbridos de chile seco tipo Mulato de la compañía Seminis, que a nivel experimental han mostrado su adaptación a las condiciones climáticas del Altiplano de Zacatecas, y que se pueden utilizar en plantaciones comerciales de la región.

Cuadro 2.3. Variedades e híbridos de chile seco tipo "Mulato" adaptados a las condiciones climáticas del Altiplano de Zacatecas. CEZAC. 2005.

			Rendimiento (ton/ha)			
Cultivares	Compañía	Inicio de Floración (días)	Fruto verde 110 días	Fruto café 130 días	Total	Fruto seco
Mulato Bajío	-----	55				4.100
Mulato Costeño	-----	55				3.500
H. Corcel	Seminis	50	14.705	24.412	39.117	
H. Rebelde	Seminis	45	15.299	22.059	37.358	

En el Cuadro 2.4 se presenta el comportamiento del rendimiento y otras características de variedades comerciales e híbridos de chile seco tipo Pasilla de la Compañía Seminis, que a nivel experimental han mostrado su adaptación a las condiciones climáticas del Altiplano de Zacatecas, y que se pueden utilizar en plantaciones comerciales de la región.

Cuadro 2.4. Variedades e híbridos de chile seco tipo "Pasilla" adaptados a las condiciones climáticas del Altiplano de Zacatecas. CEZAC. 2005.

			Rendimiento (ton/ha)			
Cultivares	Compañía	Inicio de Floración (días)	Fruto verde	Fruto Café	Total	Fruto seco
Queréndaro		55				4.000
Apaseo		50				3.400
Salvatierra	Seminis	50				3.000

En el Cuadro 2.5 se presenta el comportamiento del rendimiento y otras características de variedades comerciales e híbridos de chile seco tipo Puya de las Compañías, Mar Seed y King Seed, que a nivel experimental han mostrado su adaptación

a las condiciones climáticas del Altiplano de Zacatecas, y que se pueden utilizar en plantaciones comerciales de la región.

Cuadro 2.5. Variedades e híbridos de chile seco tipo “Puya” adaptados a las condiciones climáticas del Altiplano de Zacatecas. CEZAC. 2005.

Cultivares	Compañía	Inicio de Floración (días)	Rendimiento (ton/ha)		
			1ra	2da	Total
H. Caudillo	Mar Seed	40	4.000	0.588	4.588
H. Comandante	King Seed	35	3.588	0.882	4.470
Criollo	-----	40	2.950	0.350	3.300

En el Cuadro 2.6 se presenta el comportamiento del rendimiento y otras características de variedad criolla e híbrido de chile seco tipo Árbol de la compañía Danson Seed, que a nivel experimental han mostrado su adaptación a las condiciones climáticas del Altiplano de Zacatecas, y que se pueden utilizar en plantaciones comerciales de la región.

Cuadro 2.6. Variedades e híbridos de chile seco tipo “Árbol” adaptados a las condiciones climáticas del Altiplano de Zacatecas. CEZAC. 2005.

Cultivares	Compañía	Inicio de Floración	Rendimiento (ton/ha)		
			1ra	2da	Total
De Árbol 3433	Danson Seed	30	1.470	2.058	3.528
Criollo	-----	40	2.520	0.980	3.500

LITERATURA CITADA

- Acosta R., G. F. y M. Luján F. 2004. Selección, caracterización y comportamiento de chile de árbol, piquín y cayene en la región de Delicias, Chihuahua. Folleto Técnico No. 21. INIFAP-Fundación Produce Chihuahua. 35 p.
- Arcos C., G.; J. Hernández H.; D. E. Uriza Á.; O. Pozo C. y A. Olivera De Los Santos. 1998. Tecnología para producir chile jalapeño en la planicie costera del Golfo de México. Folleto técnico Núm. 24. SAGAR-INIFAP-CIREGO-CIRENOR. 206 p.
- Berker, T. 2001. Seed production of open-pollinated pepper lines. <http://www.avrdc.org/> consultada en línea el 17 de febrero de 2006.
- Bravo L., Á. G.; B. Cabañas C.; J. Mena C.; R. Velásquez V.; S. Rubio D.; F. Mojarro D. y G. Medina G. 2002. Guía para la producción de chile seco en el Altiplano de Zacatecas. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Instituto Nacional de Investigación Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Zacatecas. Calera de V. R., Zac., México Publicación Técnica Núm. 1. 38p.
- Bravo L., Á. G.; F. Mojarro D.; B. Cabañas C. y M. D. Amador Ramírez. 2004. Dinámica de absorción de nitrógeno, fósforo y potasio en fertirrigación en chile seco (*Capsicum annuum* L.) en Zacatecas, México. En Primera Convención Mundial del Chile. León Guanajuato, México., pp 468-474 del apéndice.
- Bustamante G., L. E. 1990. Enseñanza en tecnología de semillas. In III Simposio mexicano sobre semillas agrícolas. Sociedad Mexicana de Citogenética, A. C. (SOMEFI). 9 páginas.
- Burciaga G., M.; Á. G. Bravo L. y M. D. Amador R. 2005. Eficiencia del agua en el cultivo de chile seco mirasol (*Capsicum annuum* L.) con riego por goteo con y sin acolchado y riego por gravedad. En Segunda Convención Mundial del Chile. Zacatecas, Zac., México. pp. 215-219.
- Cabañas C., B. 2002. New breeding lines of "Mirasol" and "Ancho" type peppers (*Capsicum annuum* L.) from Zacatecas, México. In 16th International Pepper Conference. Proceedings. Tampico, Tamaulipas, México. pp. 46-47.
- Cabañas C., B. y G. Galindo G. 2004. Nivel tecnológico de los productores de chile seco (*Capsicum annuum* L.) del altiplano de Zacatecas. En Primera Convención Mundial de Chile. León, Guanajuato, México. pp. 269-277.

- Cabañas C., B.; G. Galindo G.; F. Mojarro D.; Á. G. Bravo L. y J. Zegbe D. 2005. Fertilización y arreglo topológico en el rendimiento y calidad de fruto seco del chile Mirasol (*Capsicum annum* L.) en Zacatecas, México. En Segunda Convención Mundial del Chile. Zacatecas, Zacatecas, México. pp. 226-231.
- Cabañas C., B.; G. Galindo G. y J. Mena C. 2006. Nuevas variedades de chile Mirasol Inifap Zacatecas y Ancho Inifap Zacatecas de alta calidad, producción y tolerantes a la secadera. En Tercera Convención Mundial del Chile. Chihuahua y Delicias, Chih., México. pp. 87-90.
- Cabañas C., B. y Á. G. Bravo L. 2006. Rendimiento de fruto verde y seco de diferentes tipos de chile (*Capsicum annum* L.) de la parcela demostrativa de la Segunda Convención Mundial de Chile, Zacatecas, Zacatecas., México del 14 al 16 de agosto del 2005. Informe Técnico del Programa de chile del CEZAC. 21p.
- Carballo C., A. 1993. La calidad genética y su importancia en la producción de semilla. En situación actual de la producción, investigación y comercio de semillas en México. Memorias del Tercer Simposio Mexicano sobre Semillas Agrícolas. Sociedad Mexicana de Citogenética, A. C. (SOMEFI), pp. 80-101.
- Depestre, T.; O. Gómez, and I. Espinoza. 1985. Genetic parameters in pepper (*Capsicum annum*). *Capsicum Newsletter* No.4. Institute of Plant Breeding and Seed Production. Italy. 92p.
- Espinoza Z., C.; V. M. Castro R.; D. Gómez S. y B. Cabañas C. 2002. Performance of chili pepper (*Capsicum annum* L.) under greenhouse conditions in Durango, México. In 16th International Pepper Conference. Proceedings. Tampico, Tamaulipas, México. pp. 52-53.
- Galindo G., G.; C. López M.; B. Cabañas C.; H. Pérez T. y A. Robles M. 2002. Caracterización de productores de chile en el Altiplano de Zacatecas. Folleto Científico N° 5. INIFAP-SAGARPA. 102 p.
- Jasso Ch., C.; G. J. Hocchmuth; R. C. Hocchmuth y S. C. Stapleton. 2005. Producción de chile en condiciones hidropónicas en campo abierto. *In* Segunda Convención Mundial del Chile. Zacatecas, Zacatecas, México. pp. 161-162.
- Laborde C., J. A. y O. Pozo C. 1982. Presente y pasado del chile en México. SARH-INIA. México. 80 p.

-
- Larriaga M., J. A.; C. Camacho P.; B. Murillo A. y M. Aguilar G. 2004. Efecto del riego y fertilización en chiles anchos (híbridos y estándares) para zonas áridas de B. C. S. *In* Primera Convención Mundial del Chile. León Guanajuato, México. pp. 260-266.
- Macías V., L. M.; R. Velásquez V. y B. Cabañas C. 2005. Evaluación de cultivares de chile (*Capsicum annuum* L.) de los tipos ancho y mirasol en Aguascalientes, México. *In* Segunda Convención Mundial de Chile. Zacatecas, Zacatecas, México., pp. 282-287.
- Márquez S., F. 1985. Genotecnia Vegetal Tomo I. Editorial AGT EDITOR, S. A. México., 357 p.
- Martínez G., M. A.; C. Jasso Ch. y A. Ramiro C. 2004. Efecto de la aplicación de niveles de fertilización y del acolchado plástico en el rendimiento de chile guajillo VR-91. *In* Primera Convención Mundial del Chile. León, Guanajuato, México., pp. 236-241.
- Mojarro D., F.; Á. G. Bravo L.; B. Cabañas C.; M. D. Amador R.; J. Mena C.; J. Gutiérrez N. y R. Velásquez V. 2005. Requerimientos de fertilización de chile Mirasol en cinco diferentes localidades del estado de Zacatecas, México. *In* Segunda Convención Mundial del Chile. Zacatecas, Zacatecas, México. pp. 143-148.
- Mojarro D., F.; J. Gutiérrez N. y Á. G. Bravo L. 2005a. La productividad del agua de riego y su relación con el método de riego y acolchado. *In* Segunda Convención Mundial del Chile. Zacatecas, Zacatecas, México. pp. 219-225.
- Molina G., J. D. 1983. Selección masal visual estratificada en maíz. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 35 p.
- Montes, C. F. 1992. Producción de semilla de chile. *In* III Simposio Mexicano sobre Semillas Agrícolas. Sociedad Mexicana de Citogenética, A. C. (SOMEFI). Torreón, Coahuila, México. 8 p.
- Pozo C., O. 1992. Aspectos relevantes de la producción de semilla de chile en México. *In* Situación actual de la producción, investigación y comercio de semillas en México. Memorias del Tercer Simposio Mexicano sobre Semillas Agrícolas. Sociedad Mexicana de Citogenética, A. C. (SOMEFI). pp. 54-66.
- Pozo C., O. 1992a. Situación actual de la producción de semilla de chile. *In* III Simposio Mexicano sobre Semillas Agrícolas. Sociedad Mexicana de Citogenética, A. C. (SOMEFI). Torreón, Coahuila, México., 9 p.
- Pozo C., O.; M. Lujan F.; M. Ramírez M.; B. Cabañas C.; A. Ramiro C. y J. A. García S. 2003. Obtención de cultivares e híbridos de los principales tipos de chile en

-
- México. Informe de Avances de Investigación, proyecto 3324. INIFAP-CIRGOL CE Sur de Tamaulipas, Cuauhtémoc, Tamaulipas, México. 12 p.
- Ramírez M., M.; M. Luján F.; B. Cabañas C.; A. Ramiro C.; G. F. Acosta R.; J. Trujillo A.; M. González Ch.; A. Garzón T.; J. D. Bustamante O. e I. Meneses D. 2006. Formación de genotipos de chile adaptados a las diferentes áreas agroecológicas del país, tolerantes a organismos dañinos y con alto rendimiento y calidad. INIFAP-CIRNOC-CE Delicias. Informe Técnico de Avances de Investigación. Delicias, Chihuahua. México. 11 p.
- Rodríguez M., R. 1988. Evolución del sistema producto de *Capsicum annuum* L. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México., Tesis de Maestría en Ciencias. 113 p.
- SIACON. 2005. Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON), Anuario Estadístico de la producción Agrícola. www.siap.sagarpa.gob.mx/sistemas/siacon/SIACON_2006.html.
- Tay, D. 2004. Seed technology in plant germplasm conservation. HortScience 39 (4):753.
- Valdez C., R. D.; F. Blanco M.; R. Magallanes Q.; S. Rubio D.; J. L. García H.; M. Márquez M.; E. L. Esparza I. y F. J. Cabral A. 2005. Interacciones nutrimentales en chile (*Capsicum annuum* L.) tipo "Mirasol" seco. *In* Segunda Convención Mundial del Chile. Zacatecas, Zacatecas, México. pp. 190-196.
- Van V., H. W. 1986. Manuals for the seed production of some vegetables in Thailand. FAO/DANIDA. 34p. Thailand. En www.green-seeds.com. Consultada en línea el 10 de noviembre de 2006.
- Velázquez V., R.; M. M. Medina A. y L. M. Macías V. 2004. La pudrición de la raíz del chile (*Capsicum annuum* L.) en el norte centro de México. *In* Primera Convención Mundial del Chile. León, Guanajuato, México. pp. 138-143.
- Wall, A. D.; R. Kochevar and R. Phillips. 2002. Chile seed quality. New Mexico Chile Task Force. Report Num. 4.

CAPÍTULO 3

PRODUCCION DE PLÁNTULA DE CHILE

Ing. Manuel Reveles Hernández.
Programa Sistemas de Producción
Campo Experimental Zacatecas-INIFAP

M.C. Ángel G. Bravo Lozano.
Programa Uso y Manejo del Agua
Campo Experimental Zacatecas-INIFAP

M.C. Bertoldo Cabañas Cruz.
Programa Mejoramiento Genético
Campo Experimental Zacatecas-INIFAP

ALMÁCIGOS O SEMILLEROS

Un almacigo (también llamado plantero, vivero o semillero) es una parcela de superficie reducida, que se localiza en un lugar adecuado con facilidades de manejo y cuidados, donde se cultivan plantas para trasplante (Castañeda, 1983; Lardizabal, 2002).

Ventajas de los almácigos

Dentro de las ventajas de la producción de plántula en almácigos, Castañeda (1983) destaca: se puede sembrar sin preparar el terreno definitivo y de esa manera adelantar las plántulas; la germinación y desarrollo de la plántula se realiza en condiciones de humedad y temperatura adecuada; se puede tener control de crecimiento de la plántula a través de prácticas de manejo; se facilita el control de riegos, plagas y enfermedades en superficies reducidas; se tiene disponibilidad de plántulas de igual tamaño para reposición, en caso de pérdidas por eventualidades debidas al clima, al manejo y enemigos naturales; se logra mayor rentabilidad de la tierra al poder reducir el tiempo de permanencia del cultivo en el terreno definitivo; y se obtiene mayor precocidad de producción, al establecer plantas con avance en su desarrollo.

Otra ventaja del uso de plántulas producidas en almacigo (tradicional o en invernadero) sobre la siembra directa, incluye el uso de cantidades menores de semilla, por lo que el costo por hectárea disminuye por este concepto. Además, se logra uniformidad en el crecimiento al mantener las condiciones de producción más

homogéneas en el almácigo durante la producción de la plántula, así como floración mas temprana y por lo tanto precocidad en la producción (Montaño-Mata y Núñez, 2003).

La presencia de enfermedades hace prescindible el uso de todos los medios disponibles, con los cuales se disminuirían los problemas causados por patógenos como *Fusarium* spp, *Rhizoctonia* spp y *Phytophthora* spp que llegan a presentarse en el cultivo del chile. En el estado de Zacatecas, estas enfermedades se han detectado desde la etapa de plántula en almácigos (Velásquez *et al.*, 2002; Velásquez *et al.*, 2004).

Plántula de calidad

El manejo adecuado de los almácigos ofrece la posibilidad de obtener plántula de calidad, con características deseables tales como sana, vigorosa con sistema radical bien desarrollado, hojas de buen tamaño y coloración, que esté disponible para replantar cuando se requiera, confiable para arraigo en el campo, libre de plagas, tolerante a cambios ambientales y que su tamaño y desarrollo sean homogéneos (Vavrina, 2002).

Producción de plántula en almácigos tradicionales

Un buen inicio del proceso de producción del cultivo de chile radica en el vigor y tamaño de la plántula que se usará en la plantación, lo cual depende de: calidad de la semilla, preparación de la cama de siembra, desinfección del suelo de los almácigos, nutrientes aplicados, y manejo en general de los almácigos y de las plántulas. La siembra de los almácigos se debe realizar del 1 al 15 de enero, para que las plantas estén listas para su trasplante en la tercera o cuarta semana de abril (Bravo *et al.*, 2002).

La cama de siembra donde se producirá plántula de chile, se debe establecer en un sitio donde no se haya plantado chile en los últimos cuatro años y en un lugar protegido de los vientos. El suelo lo podrá preparar el productor; éste debe tener una textura de alta porosidad y que no se endurezca cuando tenga poca humedad. Por lo anterior, se debe preparar una mezcla con una tercera parte de estiércol de bovino "bien podrido", otra tercera parte de arena fina y otra de suelo común del lugar. Estos tres materiales se criban en una malla de 6 mm para que las partículas sean uniformes y su mezcla homogénea (Cárdenas, 1980).

Normalmente, la cama de siembra es de 1 m de ancho y una longitud que permita el manejo adecuado del almácigo (la aplicación de agroquímicos y del agua de riego); por lo regular, esta longitud varía de 5 a 10 m. Después de preparar la cama de siembra, es conveniente desinfectarla, con la finalidad de eliminar la semilla de malas hierbas, hongos, bacterias, nematodos e insectos dañinos. La desinfección se puede realizar con Basamid (40 gr/m² de suelo), o Vapam (3 l disueltos en 100 l de agua); estos productos deben ir bien mezclados (Bravo *et al.*, 2002).

En los almácigos de chile, el manejo del agua influye fuertemente en la presencia de enfermedades, por lo que es conveniente que éstos estén nivelados y con buen drenaje. El suelo se debe mantener húmedo durante el tiempo que las plantas estén en el almácigo, pero la aplicación del agua no debe provocar encharcamientos, por lo que es conveniente dar riegos ligeros y frecuentes (Macías y Valdez, 1999).

La temperatura ambiente es un factor importante en el crecimiento y desarrollo de las plántulas de chile, por lo que se recomienda utilizar plástico transparente para proteger el almácigo después del riego de siembra y destaparlo hasta que la semilla germine; con esta práctica, la germinación ocurre entre 10 y 12 días. Después de la germinación, se recomienda tapar los almácigos durante la noche y destaparlos en el día.

La fertilización del almácigo se inicia cuando las plantitas tengan sus dos primeras hojas verdaderas, realizando dos o tres aplicaciones de Raizal al momento de regar, en dosis de 400 gr disueltos en 100 l de agua. Después de esto, se debe aplicar con regadera (dos veces por semana), una solución compuesta de 30 gr de urea y 17 gr de superfosfato de calcio triple, disuelta en 100 l de agua. A los dos meses de sembrado el almácigo, se pueden hacer dos o tres aplicaciones de algún fertilizante foliar como Bayfolán o Maxigrow, en dosis de 200 ml disueltos en 100 lt de agua (Bravo *et al.*, 2002).

Si se presentan enfermedades (ahogamiento, ligamiento, *damping-off* o secadera), se recomienda eliminar las plantas enfermas, incluyendo el suelo de su alrededor y aplicar Previcur (150 ml disueltos en 100 l de agua) o Ridomil (de 2.5 a 5 gr diluidos en 100 l de agua). Cualquiera de estos productos se debe mezclar con alguno de los siguientes fungicidas: Captán (en dosis de 120 gr en 100 l de agua) ó Bavistín (en dosis de 100 a 200 gr en 100 l de agua); la aplicación se debe dirigir a las áreas con problemas (Macías y

Valadez, 1999). Actualmente, se prueba un producto biológico a base del hongo *Trichoderma* sp., el cual presenta buenas posibilidades en el control de damping off.

Las plantas estarán listas para el trasplante cuando tengan de seis a ocho hojas verdaderas y una altura de 10 a 15 cm.

Producción de plántula de chile en invernadero

La producción de la plántula en invernadero requiere de cuidados adicionales a los que demanda una plántula desarrollada al aire libre de manera tradicional; generalmente, se desarrollan las plántulas usando un medio de cultivo o sustrato, con el que se sustituye al suelo, con el afán de que las condiciones de desarrollo de la plántula sean las óptimas.

Antes de iniciar el programa de producción de plántula, es aconsejable tener listo el invernadero y sus sistemas de calefacción y riego. Además, Gooden y Rideout (2005) recomiendan realizar análisis del agua de riego previo a cada temporada de producción de plántula, así como desinfectar el invernadero con la finalidad de eliminar posibles inóculos de plagas o enfermedades. Es recomendable iniciar las actividades de producción de plántula con la selección adecuada de semilla de calidad (FAO, 2004).

Producción en charolas y con sustrato

Las alternativas de producción de hortalizas se han incrementado con el paso del tiempo, con el afán de incrementar la calidad y productividad, sobre todo en condiciones protegidas (Carrasco, 2004); de este modo, se han desarrollado métodos de producción de plántula como los cultivos en agua y en sustrato (Urrestarazu, 2004). El hecho de sustituir al suelo por un medio de cultivo o sustrato, es proporcionar a la planta las condiciones óptimas para su desarrollo, por lo que un sustrato requiere de buena consistencia, adecuada porosidad, buen drenaje, libre de gérmenes, un pH de 5 a 7.5, y alta capacidad de retención de humedad y nutrimentos. Con este sistema, las raíces de las plantas quedan envueltas en un cepellón, lo cual ayuda a su sobrevivencia durante el trasplante y a una rápida recuperación de la misma en la plantación (Chávez, 2001; Pasian, 1997).

Sustrato recomendable. Generalmente, se usan sustratos artificiales para la producción de plántula en charola en condiciones de invernadero, mismos que están

formados por diversos componentes de origen orgánico o inorgánico, de origen natural o artificial, para proporcionar las condiciones adecuadas de acuerdo al tipo de cultivo (Evans y Gachukia, 2004); el conocimiento de los componentes del sustrato, así como su impacto sobre las características físicas y químicas es fundamental para el proceso productivo de la plántula (Acosta-Durán *et al.*, 2005).

El uso de contenedores para la producción en condiciones de invernadero se ha incrementado considerablemente en los últimos 30 años. Sin embargo, aún cuando las ventajas de su uso son considerables, se requiere de un manejo más intenso que en campo abierto, ya que las raíces están expuestas a fluctuaciones rápidas y, algunas veces, grandes de temperatura principalmente (Ingram *et al.*, 2003).

Dentro de los principios fundamentales a considerar al momento de seleccionar o preparar el sustrato para la producción de cultivos, están la capacidad de retención de humedad, la cual se recomienda sea entre 50 y 60 % de base a peso; es importante que se considere también el pH requerido en el sustrato para el desarrollo adecuado del cultivo, por lo que éste deberá ajustarse a dicho requerimiento (Abad *et al.*, 2005). Es importante usar sustratos que hayan sido sometidos a desinfección, a fin de disminuir los riesgos de proliferación de enfermedades en las charolas (Guerrero, 2002).

El sustrato recomendado para la producción de plántula de hortalizas deberá ser de textura media a fina, como el Sunshine numero 3, Pro-mix PGX, BM2, ó equivalente.

El insumo que más impacta el costo de producción es el sustrato, por lo que se han realizado estudios tendientes a aprovechar otras materias primas de elaboración local a fin de disminuir el costo de este (Guerrero *et al.*, 2005; Varela *et al.*, 2005).

Charolas recomendadas. El tamaño de la celda en donde se sembrará la semilla tiene gran impacto sobre el desarrollo del cultivo (Waterer *et al.*, 2004). De acuerdo con las evaluaciones realizadas por Chávez (2001), se recomienda utilizar charolas de 200 cavidades para obtener plántula de calidad. Sin embargo, es común que con el afán de disminuir costos, se realice la producción comercial de plántula de chile en charola de 338 cavidades, lo que implica tener que aplicar riegos y fertilizaciones con mayor frecuencia.

Preparación de las charolas. Cuando se utilizan charolas usadas, es recomendable realizar un tratamiento previo a la siembra, con el propósito de disminuir riesgos de enfermedades provenientes del ciclo anterior. Se recomienda lavar y desinfectar las charolas minuciosamente, antes de iniciar la siembra; para su limpieza, se sugiere utilizar abundante agua y detergente en el proceso de lavado, para lo cual se debe tallar con un cepillo o escobeta hasta eliminar cualquier residuo de sustrato, plántula o impurazas presentes. Para la desinfección de las charolas, existen en el mercado algunos productos que se pueden utilizar para eliminar posibles residuos que puedan constituir una fuente de infección; estos productos son: Greenshield (pt200), Physan 20, Phytalex (producto orgánico), o bien, una solución de blanqueador para ropa a base de cloro en una proporción 20:1 (20 l de agua con 1.0 l de cloro comercial).

Procedimiento para la siembra de charolas

Los sustratos comerciales generalmente contienen humedad, aunque ésta casi nunca es suficiente para garantizar una germinación adecuada, por lo que se debe agregar agua para facilitar el manejo del sustrato para la siembra. El agua que se agregue deberá realizarse con una regadera de mano, o asperjando con una manguera al mismo tiempo que se mezcla, para lograr humedecer al sustrato de manera homogénea. La humedad del sustrato para su manejo no debe permitir que se apelmace o forme terrones al compactarlo con la mano; cuando el sustrato se humedece demasiado, se dificulta la aireación y el drenaje: Otro problema común cuando se humedece demasiado el sustrato durante la siembra, es la compactación de éste en la cavidad, lo que favorece el encostramiento de la superficie y afecta la germinación de la semilla. Además, la compactación afecta considerablemente el crecimiento radical, provocando la poca o nula penetración de raíces y su deformación (Gooden y Rideout, 2005).

Llenado de charolas

Cantidad de sustrato por charola. Se requiere aproximadamente 4.0 l de sustrato por charola, por lo que un bulto de 107 litros de sustrato será suficiente para 27 charolas de 200 cavidades aproximadamente. El llenado de las charolas con el sustrato húmedo se debe realizar sin compactar, buscando siempre que se llenen hasta el ras; se recomienda no sacudir o “sernir” las charolas.

Profundidad de siembra

La profundidad adecuada de siembra será de 1.0 cm. Para lo anterior, se utilizan rodillos o plantillas para realizar las depresiones o cavidades, donde se depositará la semilla. La siembra de las semillas se debe realizar con la mayor precisión posible, a fin de depositar sólo una semilla por cavidad; en el mercado se comercializan diferentes marcas de sembradores con diferentes tipos de complejidad; sin embargo, cuando las cantidades a sembrar son reducidas, esta práctica se puede realizar manualmente.

Tapado y germinación de semilla

Después de realizar la siembra, se tapa la semilla con sustrato húmedo y se aplica un riego a saturación, para posteriormente apilarlas y cubrirlas completamente con un plástico negro; se debe cuidar que la cubierta de plástico selle totalmente la pila de charolas, para evitar evaporación del agua y facilitar humedad más o menos constante durante la germinación.

El apilado de las charolas se acostumbra realizar en locales reducidos llamados germinadores o cuartos de germinado, en donde se mantiene la temperatura más o menos estable; sin embargo, cuando no se dispone de esta infraestructura, se pueden apilar dentro del invernadero.

La práctica ha demostrado que en la mayoría de los casos, en condiciones de invernadero, tanto la charola de la base de la pila o estiba, como la de la parte superior, tardan más tiempo en germinar, por lo que algunas veces cuando se dispone de material, se recomienda que éstas dos charolas se dejen sin sembrar y se coloque sólo con sustrato regado, a fin de lograr una germinación homogénea (Bravo *et al.*, 2002; Reveles, 2005).

La germinación de chile se ve afectada principalmente por la humedad y la temperatura, por lo que se recomienda mantener la humedad constante y la temperatura entre 20 y 25°C, con lo que se logra que germinen a los seis u ocho días (Lorenz y Maynard, 1980; Flynn *et al.*, 2002; Samaniego-Cruz *et al.*, 2002).

Cuando la temperatura es adecuada, se recomienda revisar las estibas de charolas en germinación a partir del 6º día, con el propósito de desestibar o extenderlas

en cuanto empiecen a emerger, revisando tanto la base como la parte superior de cada charola, ya que algunas veces las raíces empiezan a emerger por la perforación de la parte inferior de las cavidades, antes que haya emergencia en la parte superior (Chávez, 2001; Lardizabal, 2002).

Manejo de la plántula.

Riegos. El manejo del agua constituye un factor de vital importancia en el logro de plántulas de calidad, ya que el mal manejo de los riegos puede favorecer la aparición de enfermedades. En necesario aplicar los riegos a las charolas por medio de aspersion o microaspersion, aunque se debe evitar que el golpe de las gotas sea fuerte y arranque las plantas.

Se recomienda realizar riegos ligeros y frecuentes por lo que es preferible realizar de uno a dos riegos ligeros por día, para que las variaciones de humedad en el sustrato no sean tan marcadas y se disminuya el estrés en las plantas; al mismo tiempo, se evita llegar a saturación y encharcamientos, con lo que se disminuye el riesgo de enfermedades (Chávez, 2001; Muñoz, 2003; Mojarro *et al.*, 2004). Cuando las cantidades de fertilizante a disolver son pequeñas, es relativamente fácil hacerlo por medios mecánicos para agitar hasta disolver el material a usar; sin embargo, el uso de agua tibia puede disminuir el tiempo de disolución (Hochmuth, 2001).

Fertilización. La nutrición de las plántulas influye tanto en su desarrollo como en el arraigo y productividad en campo (Delgado, 2004). Se requiere que el balance entre nutrientes sea considerado al momento de programar la fertilización, aunque son necesarios otros elementos; los tres más importantes son: nitrógeno, fósforo y potasio (FAO, 2004); se ha demostrado, que el nitrógeno es el elemento que mayor impacto tiene sobre el crecimiento de la plántula en condiciones de invernadero (Preciado *et al.*, 2005).

El inicio del programa de nutrición se podrá realizar a partir de la aparición de la primer hoja verdadera y continuarse con aplicaciones semanales (FAO, 2004). La nutrición de la plántula ayuda a lograr plantas vigorosas, que favorecen su arraigo y buen desarrollo en el campo definitivo (Preciado *et al.*, 2002); la fertilización se puede realizar al mezclar el material fertilizante con el sustrato en el momento de la siembra. Se ha demostrado que la aplicación de 420 gr de sulfato de amonio por m³ de sustrato favorece

el desarrollo de la plántula (Gülser *et al.*, 1999); se sugiere que la aplicación del fertilizante se inicie a partir del surgimiento del primer par de hojas verdaderas, con la realización de dos aplicaciones por semana (Chávez, 2001; Reveles, 2005).

Para fertilizar, se recomienda preparar una solución nutritiva a base de 30 gr de urea, 15 g de ácido fosfórico y 60 gr de la fórmula 14-00-40 en 100 l de agua. Para elaborar la solución, se recomienda disolver por separado cada uno de los fertilizantes y posteriormente verterlos en la solución (Castañeda, 2001).

Chávez (2001) recomienda una proporción de: 4:1:4:3:1 entre los siguientes nutrimentos: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, respectivamente. Se tendrán problemas de desbalance si se aplican proporciones diferentes a las señaladas, lo que puede originar deficiencias y antagonismos, que repercuten en un deficiente desarrollo de las plántulas, más susceptibilidad a enfermedades, reducido desarrollo y desproporción entre raíz y follaje.

En el Cuadro 3.1 se presenta una tabla para preparar una solución nutritiva, que contempla la proporción señalada. Esta recomendación se podrá aplicar tomando en cuenta el desarrollo de la parte aérea y radical de las plantitas, para hacer los ajustes necesarios de acuerdo a las observaciones que se deben realizar continuamente a las plantas.

La solución de fertilización se aplica a través del riego por micro aspersion o con regadera de mano. Se debe cuidar que la aplicación sea lo más homogénea posible, ya que con 100 l de solución, se deben regar 300 charolas de 200 cavidades (330 ml de solución por charola); una vez aplicada la solución nutritiva, es conveniente realizar un riego ligero con agua pura, dirigido al follaje para eliminar residuos de fertilizante sobre las hojas y evitar daños por toxicidad (Reveles, 2005).

Cuadro 3.1. Cantidad de fertilizante para preparar 1000 litros de solución balanceada, para la nutrición de plántulas de chile en invernadero.

Fertilizante	Cantidad (gramos)	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Zn	Mn	Cu	B
19-19-19	316	60	60	60								
12-02-44	500	60	10	220								
Nitrato de Calcio	842	131			160							
Sulfato de magnesio	247					50	66					
Mezcla de micro nutrientes	30.4							5	0.05	0.5	0.02	0.5

La mezcla de micro nutrientes contiene: 25.6 gramos de sulfato de fierro, 2.86 de ácido bórico, 1.7 gramos de sulfato de manganeso, 140 gramos de sulfato de zinc y 80 miligramos de sulfato de cobre.

(Fuente: Chávez, 2001).

Manejo del ambiente.

La inspección constante de los parámetros de luz, temperatura y humedad relativa del invernadero, así como el orden y limpieza, el control de la fertirrigación, la observación diaria de las plántulas y la aplicación de tratamientos fitosanitarios, ayudan a obtener plántulas sanas y con buen vigor (Muñoz, 2003).

Chávez (2001) menciona que se debe tratar de mantener una temperatura constante en el invernadero de 18 a 22 °C en el día y de 12 a 16 durante la noche. Por su parte Muñoz (2003) recomienda una temperatura de 22 a 28 °C en el día y de 16 a 18 °C por la noche; ambos autores también mencionan que la temperatura del sustrato debe ser de 15 a 20 °C y la humedad relativa de 75%.

Control de temperatura. El régimen de temperatura registrado durante el periodo de cultivo afecta significativamente el desarrollo y productividad del cultivo de chile (Tesi *et al.*, 1985).

Temperatura para el desarrollo de la plántula. La temperatura óptima para el desarrollo de la plántula es entre 18 y 24 °C (Lorenz y Maynard, 1980), por lo cual se recomienda mantener la temperatura del invernadero dentro de ese rango. Durante el desarrollo de la plántula se pueden presentar heladas, por lo que es necesario contar con

un sistema de calefacción, con el cual se mantendría la temperatura en condiciones óptimas. Para el control de altas temperaturas que se registran normalmente después del medio día, se debe ventilar el invernadero cuando la temperatura esté por llegar a su límite superior requerido. Para disminuir el consumo de energía por concepto de calefacción, se recomienda guardar aire caliente durante la tarde, al cerrar el invernadero cuando la temperatura empiece a descender.

Prevención de enfermedades.

Las prácticas de manejo de la plántula recomendadas durante su desarrollo, que ayudan a prevenir enfermedades, son: uso de semilla sana, desinfección de semilla, desinfección de charolas usadas, sustrato desinfectado, manejo del agua y manejo del ambiente del invernadero (temperatura, humedad relativa).

Tiempo de obtención de plántula

Aún cuando los estándares de calidad de la plántula son usualmente definidos por cada productor de acuerdo a sus preferencias, una plántula de calidad, lista para el trasplante, se distingue por presentar tallos vigorosos, altura de siete a 12 cm, sin amarillamiento o clorosis, con buen desarrollo radical y libre de plagas y enfermedades. Una vez trasplantada, la plántula debe tolerar los efectos del medio ambiente y lograr su arraigo, desarrollo y fructificación de manera adecuada (Montaño-Mata y Núñez, 2003). La plántula estará lista cuando tenga de 3 a 4 pares de hojas verdaderas y una altura entre 10 y 12 cm, lo cual se logra entre 40 y 50 días después de la siembra. Aún y cuando se logra un arraigo adecuado de la plántula en el campo, se ha demostrado que cuando se trasplanta a los 35 días de edad, el rendimiento se ve disminuido significativamente (Montaño-Mata y Núñez, 2003).

LITERATURA CITADA

- Abad B., M.; P. Noguera M. y C. Carrión B. 2005. Sustratos para el cultivo sin suelo y fertirrigación. In FERTIRRIGACION cultivos hortícolas, frutales y ornamentales. 3ª. Edición. Ediciones Mundiprensa, España.
- Acosta-Durán, C. M.; J. Vargas-Araujo; T. Rodríguez-Rojas; I. Alia-Tejagal; M. Andrade-Rodríguez y O. Villegas-Torres. 2005. Efecto de la mezcla de materiales en las propiedades químicas del sustrato. XI Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas. Chihuahua, México. p. 28.

- Bravo L., Á. G.; B. Cabañas C.; J. Mena C.; R. Velásquez V.; S. Rubio D.; F. Mojarro D. y G. Medina G. 2002. Guía para la producción de chile seco en el Altiplano de Zacatecas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Norte Centro. Campo Experimental Zacatecas. Publicación Técnica Num. 1. 40 p.
- Cárdenas V., M. 1980. Guía para la producción de plantas en almácigos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Norte Centro, Campo Experimental Pabellón. Folleto Técnico N° 2.
- Carrasco S., G. A. 2004. Semilleros en sistema flotante. *In* Tratado de cultivo sin suelo. Ediciones Mundiprensa. España. pp. 573-586.
- Castañeda, F. 2001. Manual Técnico de Hidroponía Popular (Cultivos sin tierra). Versión electrónica INCAP, Guatemala. 60 p. <http://www.bvssan.incap.org.gt/> consultada en línea el 16 de marzo de 2005.
- Castañeda V., L. R. 1983. Almácigos o semilleros protegidos con materiales plásticos. *In* Memorias El uso de los plásticos en la agricultura. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Centro Nacional de Métodos Avanzados de Riego. México. pp. 111-148.
- Chávez S., N. 2001. Producción de plántula de hortalizas en invernadero. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Norte Centro, Campo Experimental Delicias. México. Folleto Técnico Num. 7.
- Delgado M., A. 2004. Nitrógeno en la producción de plántulas de chile y su efecto después del trasplante. Tesis de Licenciatura. Unidad Académica de Agronomía, Universidad Autónoma de Zacatecas, México 54 p.
- Evans, M. R. and M. Gachukia. 2004. Fresh parboiled rice hulls serve as an alternative to perlite in greenhouse crop substrates. *HortScience*: 39(2):232-235.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2004. Manual hot pepper seed and crop production in the Bahamas. Roma, Italia, 39 p.
- Flynn, R.; R. Phillips; A. Ulery; R. Kochevar; L. Liess and M. Villa. 2002. Chile seed germination as affected by temperature and salinity. New Mexico chile task force, Report 2. www.chiletaskforce.org. Consultada en línea el 7 de mayo de 2005.

-
- Gooden, D. T. and J. W. Rideout. 2005. Greenhouse seedling production recommendations. *In* South Carolina tobacco grower's guide 2006. NSCU. <http://www.clemson.edu> Consultada en línea el 8 de febrero de 2006.
- Guerrero R., J. C. 2002. Control de enfermedades en invernadero. *In* Séptimo seminario de horticultura, resultados de investigación. Vol. 10. Universidad de Sonora, Departamento de Agricultura y Ganadería. Hermosillo, Son. México. pp. 30-35.
- Guerrero, J. C.; E. Zamora y S. Ayala. 2005. Producción orgánica de plántulas de chile (*Capsicum annuum* L.) utilizando vermicomposta como complemento de nutrientes en seis sustratos. Segunda convención mundial del chile, Zacatecas, Zac. México. p. 157.
- Gülser, F.; O. Türkmen; F. Yasar and T. Kabay. 1999. Effects of different growing media and application of various nitrogen and phosphorus doses on the nutrient uptake of pepper seedling. http://www.toprak.org.tr/isd_86.htm, Consultada en línea el 12 de mayo de 2005.
- Hochmuth, G. J. 2001. Irrigation of greenhouse vegetables-Florida greenhouse vegetable production handbook. Vol. 3. University of Florida. <http://edis.ifas.ufl.edu> Consultada en línea el 29 de mayo de 2005.
- Ingram, D. L.; R. W. Henley and T. H. Yeager. 2003. Growth media for container grown ornamental plants. University of Florida, IFAS Extension. <http://edis.ifas.ufl.edu> consultada en línea el 2 de agosto de 2004.
- Lardizabal, R. 2002. Manejo de semilleros en bandejas. IDEA Boletín técnico # 4. 6 p. <http://www.elsalvadorag.org/> Consultada en línea el 16 de abril de 2005.
- Lorenz, A. A. and D. N. Maynard. 1980. Knott's handbook for vegetable growers. John Wiley and sons, Wiley Interscience Pub. N.Y. 408 p.
- Macias V., L. M. y C. C. Valadez M. 1999. Guía para cultivar chile en Aguascalientes. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Norte Centro, Campo Experimental Pabellón. México. Folleto para Productores N° 23.
- Mojarro D., F.; Á. G. Bravo L.; B. Cabañas C. y M. D. Amador R. 2004. Cultivars tolerance of red chile to root rot: response to high levels of soil moisture. *In* First world pepper convention. pp. 158-164.

- Montaño M., N. J. 2000. Efecto de la edad de trasplante sobre el rendimiento de tres selecciones de ají dulce (*Capsicum chinense* Jacq.). Bioagro 12(2):55-59. <http://pegasus.ucla.edu.ve> Consultada en línea el 15 de marzo de 2004.
- Montaño-Mata, N. J. y J. C. Nuñez. 2003. Evaluación del efecto de la edad de trasplante sobre el rendimiento de tres selecciones de ají dulce *Capsicum chinensis* Jacq. en Jusepín, estado de Monagas. Rev. Fac. Agron (LUZ) 20:144-155. Venezuela. <http://www.revfacagronluz.org.ve> Consultada en línea el 18 de diciembre de 2005.
- Muñoz R., J. J. 2003. La producción de plántula en invernadero. *In* Manual de producción hortícola en invernadero. INCAPA. Celaya, Guanajuato, México. pp. 207-230.
- Pasian, C. C. 1997. Physical characteristics of growing mixes. <http://ohioline.osu.edu/hyg-fact/1000/1251.htm>. Consultada en línea el 30 de abril de 2004.
- Preciado R., P.; C. G. Baca; T. J. Tirado; J. Kohashi S.; C. L. Tijerina y A. Martínez G. 2002. Nitrógeno y potasio en la producción de plántulas de melón. Terra 20(3): 267-276.
- Preciado R., P.; M. A. Segura C.; A. Lara H. y M. Andrade H. 2005. Crecimiento de plántulas de chile jalapeño por efecto del nitrógeno y el fósforo en la solución nutritiva. Segunda Convención Mundial del Chile. Zacatecas México. pp. 179-183.
- Reveles H., M. 2005. Apuntes del curso producción de plántula en invernadero. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Norte Centro, Campo Experimental Zacatecas. México. Documento de trabajo, 6 p.
- Samaniego-Cruz, E.; M. R. Quezada-Martin; M. De la Rosa-Ibarra; J. Munguía-López; A. Benavides-Mendoza y L. Ibarra-Jiménez. 2002. Producción de plántula de tomate y pimiento en cubiertas de polietileno reflejante para disminuir la temperatura en invernadero. Agrociencia 36(3): 305-318.
- Tesi, R.; E. Moschini and F. Malorgio. 1985. Influence of thermic regime and cultivar factor on production pepper and egg-plant in greenhouse. *In* Capsicum newsletter N.4. Institute of plant breeding and seed production. Italy. 92 p.
- Urestarazu G., M. 2004. Bases y sistemas de los cultivos sin suelo. *In* Tratado de cultivo sin suelo. Ediciones Mundiprensa. España. pp. 1-158.
- Varela F., A.; A. Lara H.; J. J. Avelar M.; J. J. Llamas LI.; P. Preciado R. y L. H. Zelaya de S. 2005. Lombricompostas en la producción de plantulas de chile en invernadero. Segunda convención mundial del chile, Zacatecas, México. pp. 169-175.

- Vavrina, Ch. S. 2002. An introduction to the production of containerized vegetable trasplants. Fact Sheet HS849 Horticultural Sciences Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. 17 p. <http://edis.ifas.ufl.edu/>. Consultado en línea el 11 de mayo de 2005.
- Velásquez V., R.; M. M. Medina A. y L. M. Macías V. 2004. La pudrición de la raíz del chile (*Capsicum annuum* L.) en el norte centro de México. First world pepper convention. México.pp. 138-143.
- Velásquez V., R.; M. M. Medina A. y J. Mena C. 2002. Guía para identificar y manejar las principales enfermedades parasitarias del chile en Aguascalientes y Zacatecas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Norte Centro, Campo Experimental Pabellón. México. Folleto Técnico Num. 20. 44 p.
- Waterer, D.; J. Bantle and P. Hagel. 2004. Impact of trasplant age and cell size on cabbage performance. Vegetable cultivar and cultural trials. University of Saskatchewan. Canada. <http://www.usask.ca> consultada en línea el 12 de enero de 2006.

CAPÍTULO 4

RIEGO POR GOTEO Y FERTIRRIGACIÓN

M.C. Ángel G. Bravo Lozano
Programa Uso y Manejo del Agua
Campo Experimental Zacatecas-INIFAP

Dr. Francisco Mojarro Dávila
Programa Uso y Manejo del Agua
Campo Experimental Zacatecas-INIFAP

La situación actual del agua en el mundo corresponde a un panorama de escasez, sobreexplotación y contaminación, de tal forma que en muchos países se le considera un factor limitante para un desarrollo sustentable. Lo anterior, orilla a buscar formas de incrementar la eficiencia en el uso del agua, para impactar en aquellos aspectos donde el efecto del rescate del recurso, tanto en cantidad como en calidad, sea el mayor posible (Phene, 1999).

El concepto de "*uso eficiente del agua*" se ha definido de diferentes maneras, pero tal vez el concepto de Baumann *et al.* (1980) sea el más atinado; este autor menciona, que es cualquier reducción o prevención de pérdida del agua que sea de beneficio para la sociedad. Visto de esta manera, el uso eficiente del recurso es de suma importancia para la conservación. Al mismo tiempo, la definición de la conservación sugiere que las medidas de eficiencia deben tener sentido social y económico, además de reducir el uso del vital líquido por unidad de actividad.

Tomando en consideración solo el agua que se utiliza en la agricultura, Hidalgo (1971) define la eficiencia en el uso del agua, como la relación entre la lámina de agua estrictamente precisa para lograr el mejor producto neto de las cosechas en un medio determinado y la derivada con este fin, de la fuente de abastecimiento, de manera que no se altere la fertilidad del terreno.

Su expresión algebraicamente es:

$$E = \frac{Lu}{Ld}$$

Donde:

E = Eficiencia total

Lu = Lámina de agua estrictamente precisa para lograr el mejor rendimiento sin daño a la fertilidad del terreno

Ld = la lámina derivada de la fuente de abastecimiento.

La Ld se puede obtener con buena precisión y se considera como la lámina de riego óptima económica; ésta última Palacios y Fernández (1972) la definen como el producto de la diferencia entre la evapotranspiración óptima económica y la lluvia efectiva, por un factor de manejo. Algebraicamente es:

$$Lu = (Eto - Pe) K$$

Donde:

Eto = Evapotranspiración óptima económica, o sea, la mínima cantidad de agua evapotraspirada por un cultivo para obtener el máximo rendimiento económico.

Pe = Precipitación efectiva, que es la cantidad de agua de lluvia que es utilizada por el cultivo en el proceso de evapotranspiración.

K = Factor de manejo: este es mayor que la unidad y puede deberse a un cierto requerimiento de lavado de suelo, agua para mantener inundado el cultivo como en el caso del arroz o riegos necesarios para el control de plagas u otros motivos, diferente al uso en el proceso de evapotranspiración.

Es difícil conocer Lu con precisión, debido a que los términos que la componen como Eto y K, son difíciles de medir o estimar y solo pueden obtenerse por medios experimentales, o sea, que requiere el apoyo de la investigación agrícola. Por lo tanto,

estimar la eficiencia en el uso del agua es difícil y solo pueden lograrse estimaciones gruesas, debido a la cantidad de datos que se desconocen (Palacios, 1975).

En la región semiárida de Zacatecas, uno de los factores limitantes de la producción de alimentos es la disponibilidad de agua para riego. Además de lo caro y escaso de este recurso, la baja eficiencia en su uso disminuye la productividad y aumenta el costo de producción de los cultivos. Por lo anterior, se deben de realizar trabajos de investigación con el objetivo de desarrollar metodologías para aumentar la eficiencia en el uso del agua de riego, teniendo en cuenta el sistema agua-suelo-planta-atmósfera (Bravo y Chan, 1987).

Una de las alternativas más factibles para lograr lo anterior, es utilizar tecnologías como los sistemas de riego localizados, como el goteo; con manguera rígida o cintilla; éste puede ser superficial o subterráneo y ofrece buenos resultados, ya que incrementa los rendimientos de los cultivos y ayuda a reducir la salinización de los suelos, porque es posible aplicar junto con el agua de riego una amplia variedad de materiales químicos (Bravo *et al.*, 2004; Burt *et al.*, 1995; FAO, 2002; Hanson *et al.*, 1997).

Los agricultores adoptarán tecnologías de riego que ahorren agua si tienen incentivos, siendo algunos de los más importantes la escasez del recurso, el precio del agua de riego y los programas de gobierno que apoyan la tecnificación del riego. El riego por goteo es probablemente la tecnología que será aplicada en los países en desarrollo, donde normalmente la mano de obra es abundante y los recursos financieros escasos (Bravo, 2004).

Este sistema de riego es excelente para incrementar la eficiencia del uso del agua y los fertilizantes; además, disminuye la incidencia de la enfermedad denominada "secadera". Los sistemas de riego por goteo ayudan a distribuir el agua y los fertilizantes en la parcela con mayor eficiencia que el sistema de surcos, lo que se traduce en mayor rendimiento, mejor calidad de los frutos y ahorro de agua (Castellanos *et al.*, 2000).

Al riego por goteo se le denomina riego de alta frecuencia, ya que se fundamenta en la aplicación continua de agua (varias veces al día, diaria o cada tres días); en éste se aplican bajos volúmenes de agua, con el propósito de remplazar con exactitud el agua

utilizada en la evaporación del suelo y por la planta en el proceso de transpiración. Además, mantiene una parte de la zona radical en condiciones de humedad casi constantes y minimiza el movimiento del agua abajo del nivel de las raíces (Phene y Beale, 1976; Phene *et al.*, 1987; Phene *et al.*, 1989).

Para lograr lo anterior, los sistemas deben ser diseñados y manejados adecuadamente, para que el agua y los nutrimentos sean colocados en la zona de las raíces, en las cantidades que requiere el cultivo diariamente; éstos deben ser calculados correctamente, para minimizar la posibilidad de exceso o falta de estos elementos.

Para establecer un sistema de riego por goteo en el cultivo de chile, se recomienda que la plantación se realice en camas de 152 cm de ancho, con plantas a doble hilera, con una separación de 50 a 60 cm entre las hileras de plantas y 30 cm entre matas. Se debe colocar una cinta o manguera de goteo en el centro de las dos hileras de plantas, o una cintilla por hilera (Bravo *et al.*, 2002).

Si la línea de goteo moja adecuadamente toda la cama, se podrá utilizar una sola línea. Por el contrario, se deberá utilizar una línea de goteo por cada hilera de plantas, en caso de que no se alcance a mojar bien la cama. El mismo criterio se utiliza para determinar la separación de los emisores de agua en la línea de goteo; esta separación puede ser de 20 ó 30 cm; la decisión se tomará según se distribuya la humedad en el suelo.

Se recomienda regar diariamente o cada tercer día, según el tipo de suelo; en los ligeros o con alto porcentaje de arena, el riego será diario y en los medios a arcillosos, podrá ser cada dos o tres días.

Cálculo de las necesidades de riego por goteo (tiempo de riego)

En la programación del riego en cultivos en hileras y bajo riego por goteo, se debe utilizar una metodología basada en la evapotranspiración (ET) (Godoy, 1986; Hanson *et al.*, 1997). Metodologías basadas en la humedad del suelo no son apropiadas para el riego por goteo, debido a que los patrones de distribución del agua y raíces varían considerablemente con la distancia y profundidad desde el emisor; por esta razón, es imposible estimar la humedad disponible en el suelo (Godoy, 2000).

La necesidad de agua de los cultivos se ha calculado de diferentes formas; en esta publicación, se presenta una metodología práctica utilizada en cultivos de hortalizas. Esta metodología consiste en medir u obtener el dato de Evaporación potencial (Eo) de un tanque evaporímetro Tipo "A", de las estaciones climatológicas que opera la Comisión Nacional del Agua; este dato, se multiplica por un coeficiente (kc), que depende de la humedad relativa del aire, velocidad del viento y las condiciones de vegetación alrededor del tanque evaporímetro (Berzosa y Chávez, 1997).

En caso que no se cuente con el dato de Eo de una estación climatológica cercana, se puede mandar fabricar un tanque evaporímetro de aluminio o fibra de vidrio, para tenerlo en el predio. Con este dato (Eo), se calcula la evapotranspiración potencial (Etp), o la evapotranspiración de referencia que se puede determinar por una serie de métodos empíricos, dentro de las cuales sobresale por su simplicidad y exactitud, el método del tanque evaporímetro (Doorenbos y Pruitt, 1977; Goldhamer y Snyder, 1989; Hartz, 1996).

La Etp calculada por el método del tanque evaporímetro se determina con la siguiente ecuación:

$$Etp = (kp) (Eo)$$

Donde:

Etp= Evapotranspiración potencial

kp= Coeficiente del tanque (para zonas áridas y semiáridas es de 0.75)

Eo= Evaporación potencial (obtenido del tanque evaporímetro)

Conociendo el valor de Etp, se podrá calcular el volumen de agua evapotranspirada por las plantas de chile regadas por goteo, utilizando la siguiente fórmula:

$$Vet = (kc) (Etp) (A) (Fc)$$

Donde:

Vet = Volumen de agua evapotranspirada (m³)

Kc = Coeficiente del cultivo

Etp = Evapotranspiración potencial (obtenida de la fórmula anterior)

A = área cultivada

Fc = factor de cobertura

$Fc = 0.1 (Pc \% / 0.8)^{0.5}$ para Pc menor de 80%

Fc = 1.0 para Pc mayor de 80%

Pc = por ciento de la superficie total cultivada que ocupa la cubierta vegetal

En la fórmula anterior, kc se refiere al coeficiente del cultivo, que por lo general se determina experimentalmente y varía dependiendo de la etapa en que se encuentren las plantas. En el Cuadro 4.1 se proporcionan los kc para el cultivo de chile, que se pueden utilizar en la fórmula anterior.

Cuadro 4.1. Valores de coeficiente de cultivo (kc) para diferentes etapas fenológicas del cultivo de chile.

Cultivo	Etapa fenológica del cultivo		
	Crecimiento	Floración y formación del fruto	Madurez
Chile	0.30 - 0.40	0.60 - 0.75	0.40 - 0.50
DDT*	0 - 40	40 - 125	125 - 160

*DDT: Días después del trasplante.

El área (A) en la fórmula anterior, se refiere a la superficie total que se está regando en un mismo tiempo.

Una vez calculado el volumen de agua que consumen las plantas (por medio de la fórmula anterior), éste se divide entre el caudal por hora que se está aplicando en toda la parcela, o la superficie que se está regando en un mismo tiempo; lo anterior, para obtener las horas necesarias que permitan reponer el volumen perdido por el cultivo; este resultado es el "Tiempo de riego".

Ejemplo:

La lectura de la evaporación potencial (E_o), en un tanque evaporímetro después de dos días es de 1.6 cm, por lo tanto, se tienen los siguientes datos:

$$E_o = 1.6 \text{ cm}$$

$$k_p = 0.75 \text{ (para zonas áridas)}$$

$$k_c = 0.70 \text{ (en estado de desarrollo, según Cuadro 6)}$$

$$\text{Área de riego} = 1,280 \text{ m}^2$$

$$P_c = 50 \% \text{ (por ciento de la superficie que ocupa el cultivo)}$$

Con estos datos, se determina el Factor de cobertura (F_c), la Evapotranspiración potencial (E_{tp}) y el Volumen evapotranspirado por el cultivo; al utilizar las ecuaciones presentadas con anterioridad se tienen:

$$1) \quad F_c = 0.1 (50/0.70)^{0.5} = 0.84$$

$$2) \quad E_{tp} = (k_p) (E_o) = (0.75) (1.6) = 1.2 \text{ cm} = 0.024 \text{ m}$$

$$3) \quad V_{et} = (k_c) (E_{tp}) (A) (F_c)$$

$$V_{et} = (0.7) (0.024) (1,280) (0.84) = 18.06 \text{ m}^3$$

Tiempo de riego: gasto del emisor= 1.86 lt/hr/m (lo determina el fabricante)

Longitud de las hileras= 100 m

Gasto por hilera= (1.86) (100 m)= 186 lt/hr

Número de hileras= 16

Gasto/hr/hilera= (186) (16)= 2,976 lt/hr= 2.9 m³/hr

Por lo tanto, el tiempo de riego para esa sección es de:

En 1 hr se aplican: 2.9 m³

¿Cuántas horas se requieren para aplicar 18.06 m³?

$$18.06 / 2.9 = 6.23 \text{ hr}$$

Resultado: El tiempo de riego será de 6 hr con 15 minutos, cuando se tengan las condiciones del ejemplo anterior.

FERTIRRIGACIÓN

Se debe controlar el pH de la solución nutritiva que se va a inyectar por el sistema de riego y del suelo, para facilitar que las plantas tomen los nutrimentos esenciales para su desarrollo; se recomienda que el suelo tenga un valor de pH de 6.5 a 7.0, para que sean asimilables todos los nutrientes (Martínez, 2002).

Los nutrimentos pueden ser inyectados por el sistema de riego; los más empleados son el nitrógeno (N) y el potasio (K), ya que el fósforo (P) se puede aplicar todo al suelo debido a su baja movilidad. Los fertilizantes que se pueden usar como fuente de N son: nitrato de amonio, sulfato de amonio y urea; como fuente de P: ácido fosfórico, fosfato monoamónico (MAP) y fosfato diamónico (DAP); como fuente de K: nitrato de potasio y cloruro de potasio. También, se puede utilizar algún otro fertilizante que contenga alto contenido de N P K, y que sea soluble.

Fertilizantes utilizados en fertirrigación.

Por definición, fertilizante es cualquier material orgánico o inorgánico, natural o sintético, capaz de proporcionar a las plantas uno o más de los elementos químicos esenciales para su desarrollo normal. Hasta la fecha, se consideran 16 elementos esenciales. Los fertilizantes a utilizar en fertirrigación deben reunir ciertas características para su correcta aplicación a través del riego por goteo, dentro de las que destacan por su importancia: la solubilidad, pureza, compatibilidad y el precio, el cual es un factor importante a considerar (Martínez *et al.*, 2004).

Solubilidad. Los fertilizantes deben ser altamente solubles al agua, para obtener en disolución los elementos contenidos en los mismos y evitar obstrucciones en los goteros. Se debe descartar todos los que contengan aditivos para mejorar su conservación y los fertilizantes de liberación lenta.

Pureza. Los fertilizantes que han de ser inyectados en el sistema de riego, deben contener la menor cantidad de impurezas. Se debe evitar el uso de fertilizantes de alto índice de salinidad y aquellos que contengan sustancias tóxicas para los cultivos.

Compatibilidad. Esta propiedad se debe tener en cuenta al momento de preparar las mezclas de fertilizantes, ya que de lo contrario, se tendrán problemas de formación de precipitados. Como norma general, el ión sulfato es incompatible con el calcio, y los fosfatos con el calcio y el magnesio.

Cuadro 4.2. Orientación sobre la compatibilidad de mezclas de los principales fertilizantes para uso en fertirrigación.

	SA	U	NC	NP	NA	AF	MAP	DAP	FMP	CP	SP	SM
SA		X	P	+	+	X	X	X	X	+	+	+
U	X		X	X	P	X	X	X	X	+	+	X
NC	P	X		+	P	P	P	P	P	+	P	P
NP	+	X	+		+	+	+	+	+	+	+	+
NA	+	P	P	+		X	X	X	X	+	+	+
AF	X	X	P	+	X		+	+	+	+	+	+
MAP	X	X	P	+	X	+		+	+	+	+	X
DAP	X	X	P	+	X	+	+		+	+	+	+
FMP	X	X	P	+	X	+	+	+		+	+	+
CP	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+
SP	+	+	P	+	+	+	+	+	+	+		+
SM	+	X	P	+	+	X	+	+	+	+	+	

Fuente: Alarcón y Egea, 1999.

SA = sulfato de amonio
 U = urea
 NC = nitrato de calcio
 NP = nitrato de potasio
 NA = nitrato de amonio
 AF = ácido fosfórico

DAP = fosfato diamónico
 MAP = fosfato monoamónico
 FMP = fosfato monopotásico
 CP = cloruro potásico
 SP = sulfato potásico
 SM = sulfato de magnesio

P = mezcla prohibida
+=mezcla sin limitaciones
X = mezcla posible en el momento de la aplicación

Es importante saber los elementos que el agua de riego contiene en forma natural, así como las concentraciones de ellos, para estar en condiciones de hacer una buena elección de los fertilizantes a utilizar. Se debe tener cuidado con los fertilizantes para usarlos en forma de mezcla en fertirrigación, ya que no todos son compatibles. Algunas mezclas de fertilizantes pueden causar reacciones químicas, que dan como resultado una muy baja solubilidad de los fertilizantes mezclados y el taponamiento de los emisores, así

como de las mangueras de riego. En el cuadro 4.2, se presenta una orientación de los fertilizantes que se pueden o no mezclar.

Recomendaciones generales

a) Aplicar los fertilizantes al inicio del riego (unado la tubería esté cargada de agua y estén abiertas únicamente las válvulas que mandan el agua a la parcela por fertilizar).

b) Una vez que se acabó de fertilizar, se debe continuar con la operación del sistema de riego, cuando menos durante una hora, con la finalidad de lavar la tubería y permitir que el fertilizante sea arrastrado hacia las raíces del cultivo y no se quede en la superficie del suelo.

c) Es necesario que no existan fugas en las tuberías o en las líneas de goteros, ya que se puede perder gran cantidad de agua y fertilizante.

En el Cuadro 4.3 se presentan los principales fertilizantes que se utilizan en fertirrigación, su porcentaje de N, P y K, así como de otros elementos menores y su solubilidad (Martínez *et al.*, 2004).

Necesidades de fertilizante

La necesidad de fertilizante en cada predio estará determinada por la calidad del agua de riego a utilizar, así como del análisis físico y químico del suelo. El total de los fertilizantes por aplicar estará en base a las necesidades del cultivo de cada nutrimento, menos lo que se esté aplicando de cada nutriente por el agua de riego y menos lo que ya contiene el suelo de cada elemento.

Un análisis del agua y suelo puede disminuir los fertilizantes por aplicar en el ciclo del cultivo; en esto radica la importancia de los análisis, antes de la plantación del cultivo de chile. Por ejemplo, la dosis por aplicar de K dependerá de la cantidad de K asimilable que contenga el suelo, ya que los suelos del Altiplano de Zacatecas, por lo general son ricos en K, por lo que puede ser innecesaria la aplicación de altos contenidos de este elemento que es caro.

En el CEZAC, por medio de trabajos de investigación realizados en el cultivo de chile Mirasol, se determinó que al regar con el sistema de goteo y al utilizar la fertirrigación con la fórmula compuesta por: 200 kg de N, 75 de P y 100 de K, se logran buenos rendimientos de chile seco, con alto porcentaje de frutos de primera.

Cuadro 4.3. Principales materiales fertilizantes para su uso en fertirrigación.

Fertilizante	Análisis (%) Nitrógeno-fósforo-potasio- varios	Solubilidad gr/lt
Fosfo-nitrato	32 - 02	1,185
Nitrato de cal	15.5 - 00 - 00 - 19 (CaO)	1,200
Nitrato de calcio	15 - 00 - 00 - 19.4 (Ca)	2,670
Agua amonia	20 - 00 - 00	97
Sulfato de amonio	21 - 00 - 00 - 22(S)	700
Urea	46 - 00 - 00	1,000
Nitrato de potasio	13 - 00 - 46	310
Sulfato de potasio	00 - 00 - 50	110
Cloruro de potasio	00 - 00 - 60	340
Fosfato monopotásico	00 - 52 - 32	230
Fosfato monoamónico	12 - 46 - 00	225
Fosfato bioamónico	18 - 46 - 00	413
Fosfato de urea	17 - 44 - 00	620
Sulfato ferroso	00 - 00-00 - 36(Fe)	260
Sulfato de manganeso	00 - 00 - 00 - 32(Mn)	517
Sulfato de magnesio	00 - 00 - 00 - 13(Mg) 13 (S)	700
Borax	00 - 00 - 00 - 11(B)	50
Sulfato de zinc	00 - 00 - 00 - 23(Zn)	750
Cloruro de calcio	00 - 00 - 00 - 30(Ca)	600
UAN-32	32 - 00 - 00	7,812
Ácido nítrico	85 - 00 - 00	
Ácido fosfórico	00 - 55 - 00	
Ácido fosfórico	00 - 61 - 00	

Se recomienda inyectar por el sistema de riego la fórmula señalada. El P se puede aplicar en dos ocasiones al principio del cultivo, ya que este fertilizante no es muy móvil en el suelo y no se pierde con facilidad; la primera aplicación, se debe hacer a los 20 días después del trasplante (37.5 kg) y la otra a los 40 días después de la primera (37.5 kg). Si se aplica ácido fosfórico (50% de P), que es muy soluble, se tendrá que inyectar por el sistema de riego 76 kg/ha de este ácido en cada aplicación, para obtener los 75 kg de P total por ha.

El N y P se aplican a través del sistema de riego por goteo durante todo el ciclo del cultivo, ya que éstos se pueden perder por evaporación, fijación o lixiviación, por lo que es conveniente aplicarlos poco a poco. En el Cuadro 4.4 se presenta un ejemplo de la distribución de los fertilizantes N y P, en base a la extracción de estos nutrientes durante el desarrollo del cultivo; esto puede cambiar, dependiendo del tipo de chile y del suelo.

Resultados de investigación muestran que se obtienen buenos resultados al aplicar al suelo una fertilización base del 15 al 20% del total, antes del trasplante; si se decide aplicar 20% de fertilización base, con las fuentes de fertilizante más utilizadas en la región, se aplicaría al suelo la fórmula compuesta de 40 kg de N, con urea como fuente de N (46% de nitrógeno), o el sulfato de amonio (20.5% de N); 15 kg de P, con superfosfato de calcio triple (46% de P) como fuente de P y 20 kg de K, al utilizar el sulfato de potasio (50% de K) como fuente de K. El resto de la fórmula de fertilización (160-60-80), se debe aplicar por medio del sistema de riego por goteo.

El pH de la solución al momento de entrar al suelo debe ser de 6.5; cuando éste es menor o mayor, la asimilación de algunos nutrientes disminuye, como es el caso del P, hierro y otros, que se reducen hasta en 100% (Figura 4.1). Es importante realizar un análisis del suelo antes del inicio del cultivo, para corregir la fórmula propuesta, ya que algunos nutrientes pueden estar con deficiencias y otros con buen nivel en el suelo. También, es importante realizar análisis foliares al inicio de la floración y del llenado del fruto, para corregir cualquier problema nutrimental (Martínez, 2002).

Cuadro 4.4. Distribución del nitrógeno y potasio en diferentes etapas del cultivo de chile seco en el altiplano de Zacatecas.

Etapa	Duración en días	Nitrógeno kg / ha / día	Duración en días	Potasio kg / ha / día
1	45	0.5	45	0.3
2	18	0.75	18	0.5
3	10	1.1	18	0.8
4	10	1.4	10	1.1
5	18	1.8	18	1.5
6	10	2.2	10	1.3
7	10	2.5	10	0.7
8	10	3.0	10	0.5
9	10	2.0	10	0.3
10	10	1.0		

En la Figura 4.1, se observa la forma en que el pH del suelo facilita o limita la absorción de algunos nutrimentos, a través de las raíces (las zonas más gruesas de las bandas indican mayor absorción).

Para la preparación y aplicación de la solución de fertirrigación, es recomendable disolver las fuentes de nitrógeno y potasio por separado; esta solución, debe ser concentrada y se realiza mediante agitación. Es importante el orden de aplicación de las fuentes cuando se hace la mezcla; por ejemplo, al mezclar urea con ácido, primeramente se disuelve la urea en agua, y posteriormente se agrega el ácido; una vez disueltas las fuentes, se retiran las natas y grumos, luego se diluye en otro tanque para su inyección, en proporción de 200 a 500 kg de fertilizante por cada 1,000 lt de agua, dependiendo de la solubilidad de cada fuente y se mide el pH y la conductividad de la mezcla que se va a inyectar; se recomienda un pH de 6.5 y una conductividad eléctrica no



Figura 4.1. El pH del suelo y la absorción de algunos nutrimentos (PPI, 1997).

mayor a 2.0 ó 2.5 desiciemens/m (dS/m), o anteriormente llamado milimhos/cm (mmhos/cm).

La inyección del fertilizante en el sistema de riego, se debe realizar una hora después de iniciado el riego y suspender la aplicación una hora antes de finalizar; lo anterior, para que la solución sea diluida, se mueva uniformemente en los horizontes del suelo, llegue a las raíces y se lave el sistema (Berzoza y Chávez, 2001).

LITERATURA CITADA

Alarcón A., L. y C. Egea. 1999. Fertirrigación en plantas y semilleros. *In:* Anna Villareal y Jerónimo González (coords.). Planteles, compendio de horticultura (13). Ediciones de Horticultura. Barcelona, España. p. 69-81.

Baumann, D.D.; J.J. Boland and J.H. Sims. 1980. "The Problem of Defining Water Conservation". The Cornett Papers. University of Victoria, Victoria B.C. p. 125-134.

Berzoza M., M. y N. Chávez S. 1997. Fertirrigación en cultivos hortícolas. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Delicias. Delicias, Chih., México. (Publicación Especial N° 4). p. 15.

Berzoza M., M. y N. Chávez S. 2001. Quimigación en sistemas de riego presurizado. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Delicias. Delicias, Chih., México. (Publicación Especial Núm. 4). p. 12.

Bravo L., Á. G. y J. L. Chan C. 1987. Relaciones agua-suelo-planta-atmósfera del maíz de riego en zonas semiáridas. Rendimiento de grano. *TERRA* 5 (2):132-139.

Bravo L., Á. G.; B. Cabañas C.; J. Mena C.; R. Velásquez V.; S. Rubio D.; F. Mojarro D. y G. Medina G. 2002. Guía para la producción de chile seco en el Altiplano de Zacatecas. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Instituto Nacional de Investigación Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Zacatecas. Calera de V. R., Zac., México (Publicación Técnica Núm. 1). p.20.

Bravo L., Á. G. 2004. Fertirrigación en el cultivo del chile seco. Memorias del Curso -Taller Producción y Manejo Integral del Cultivo del Chile. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Consejo Nacional de Productores de Chile. Campo Experimental Zacatecas. p. 33.

-
-
- Bravo L., Á G.; H. Salinas G. y A. F. Rumayor R. 2004. Sequía: vulnerabilidad, impacto y tecnología para afrontarla en el Norte Centro de México. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Zacatecas (Libro Técnico Núm. 4). p. 100.
- Burt, C.; K. O. Connor and T. Ruehr. 1995. Fertigation. Irrigation Training and Research Center, California Polytechnic State University Publishers. 320 p.
- Castellanos, J. Z.; S. Villalobos J.; S. Ojodeagua and P. Vargas. 2000. Nutritional requirement of chili poblano in the Sandbank. *In*: 2º International Congress of Chilis Picosos. CONEXPO, León, Gto. Mexico.
- Doorenbos, J. and W. O. Pruitt. 1977. Guidelines for predicting crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper 24. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Italy, Roma. p. 30-34.
- Goldhamer, O. A. and R. L. Snyder. 1989. Irrigation scheduling; A guide for efficient on-farm water management. University of California Publication 21454, ANR Publications, Oakland, CA. 67p.
- Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2002. Descubrir el potencial del agua en la agricultura. Roma, Italia. http://www.fao.org/agl/aglw/docs/unlocking_s.pdf). Consultado en febrero del 2005.
- Godoy A., C. 1986. Método práctico para determinar el número y aplicación oportuna de los riegos en los viñedos. Folleto Técnico No. 2. Centro de Investigaciones Agrícolas del Norte. 17 pag.
- Hanson, B. R.; L. Schwankl; S. Grattan and T. Prichard. 1997. Drip irrigation for row crops. Division of Agriculture and Natural Resources. University of California, Davis. Publication 3376. 238 p.
- Hartz, T. K. 1996. Water management in drip irrigated vegetable production. Hort. Technol. 6:165-167.
- Hidalgo G. A. 1971. Métodos modernos de riego por superficie. Aguilar, S.A., Madrid, España. 463p.
- Martínez G., M. A. 2002. El cultivo del chile guajillo con ferti-irrigación en el Altiplano de San Luis Potosí. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales, Agrícolas y

-
- Pecuarias, Campo Experimental Palma de la Cruz. San Luis, Potosí, SLP., México (Folleto para Productores Núm. 33). p.6.
- Martínez G., M. A.; C. Jasso Ch. y Á. G. Bravo L. 2004. Memoria del curso: "Fertirrigación en hortalizas". Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental San Luis Potosí, SLP., México (Engargolado).
- Palacios V., E. y R. Fernández G. 1972. Estimación de los requerimientos de riego para nuevos proyectos. Ponencia en el Simposium Internacional para el Desarrollo de Recursos Hidráulicos. D.F., México. p. 150
- Palacios V., E. 1975. Productividad, ingreso y eficiencia en el uso del agua en los distritos de riego en México. Riego y Drenaje. Colegio de Postgraduados, Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, Edo. De Méx., México. p.95.
- Phene, C. J.; K. R. Davis; R. B. Hutmacher and R. L. McCormick. 1987. Advantages of subsurface irrigation for processing tomatoes. Acta Hort. 200:101-114.
- Phene, C. J. and O. W. Beale. 1976. High-frequency irrigation for water nutrient management in humid regions. Soil Sci. Soc. Am. J. 40: 430-436.
- Phene, C. J.; R. L. McCormick; K. R. Davis; J. D. Pierro and D.W. Meek. 1989. A lysimeter feedback irrigation controller system for evapotranspiration measurements and real time irrigation scheduling. Transactions of the Am. Soc. of Agric. Eng. 32: 477-488.
- Phene, C. J. 1999. Producción de alfalfa con riego por goteo. Memorias del 1^{er} Simposium Internacional de Irrigación y Nutrición Vegetal. León, Guanajuato, México. p. 15-17: 75-83.
- Potash & Phosphate Institute (PPI). 1997. Manual internacional de fertilidad de suelos. Instituto del Fósforo y la Potasa. Georgia, USA. p. 27.

CAPÍTULO 5

RIEGO Y FERTILIZACIÓN EN SURCOS

Dr. Francisco Mojarro Dávila,
Programa Uso y Manejo del Agua
Campo Experimental Zacatecas-INIFAP

M.C. Salvador Rubio Díaz
Programa de Fertilidad de Suelos
Campo Experimental Zacatecas-INIFAP

M.C. Ángel Bravo Lozano
Programa Uso y Manejo del Agua
Campo Experimental Zacatecas-INIFAP

Fertilización y densidad de plantas para chile tipo mirasol

El cultivo del chile responde positivamente a la aplicación de insumos como los fertilizantes y sus requerimientos pueden ser considerados por encima de otros cultivos hortícolas (Cochran, 1941; Da Silva, 1971). En Zacatecas, se tienen evidencias de que un buen rendimiento para este cultivo (entre 3 y 4 ton de chile seco/ha), se logra con el manejo adecuado de dos de los factores de la producción que están muy relacionados entre si y que afectan no solo la cantidad sino también los niveles de calidad de los frutos (Rylski y Halevy, 1974; Bravo *et al.*, 2002).

De esta manera, establecer la plantación en surcos de 76 cm con 25 cm de separación entre plantas, permite obtener una población aproximada de 52,000 plantas/ha, que es la adecuada para aprovechar eficientemente el terreno y los recursos disponibles. Para que esta población logre su mejor expresión, se debe asociar con la fórmula fertilizante: (220N-100P-150K), que se compone de 220 unidades de nitrógeno (N), 100 de fósforo (P) y 150 de potasio (K). Dichas cantidades son por hectárea y constituyen una dosis suficiente y balanceada, que ha demostrado cubrir las necesidades de esa cantidad de plantas señalada, en las condiciones de los suelos del Altiplano de Zacatecas, con el manejo acostumbrado por los productores y para riego rodado.

Esta fórmula es una sugerencia que resultó de varios años de investigación en la zonas productoras de chile y constituye una recomendación acertada pero que se puede variar, alrededor de ella, hacia arriba o hacia abajo en cada elemento; lo anterior, de acuerdo a las condiciones particulares del terreno, del comportamiento del cultivo durante

el ciclo anterior y además de considerar los objetivos que se pretendan en el presente ciclo (Castellanos *et al.*, 2000; Bravo *et al.*, 2002).

Se debe tomar en cuenta también las condiciones generales del entorno de producción, para tomar las decisiones más adecuadas en busca del mejor rendimiento. Toda la información que se tenga sobre el lote, el clima y hasta de las condiciones del mercado, son importantes. Por supuesto que los resultados de los análisis del suelo y agua, serán de gran ayuda. Datos como textura, pH, contenido de materia orgánica y nutrimentos, presencia de sales en el perfil, calidad del agua, etc., tienen un papel importante antes de iniciar las actividades del ciclo de producción.

Normalmente, cada productor conoce su parcela, sabe si ésta es de mucha o poca agua, en qué parte se tiene problemas de encharcamiento o sequía, hacia donde corren los surcos, donde es más delgado o profundo el suelo, las partes con mayor o menor sanidad y fertilidad, etc. (Kim, 1970; Pety y Cotter, 1984; Hochmuth, 1988; Castellanos *et al.*, 2000).

Fracciones fertilizantes

La aplicación de fertilizantes debe distribuirse en el tiempo para que sea mejor aprovechada por los cultivos; no siempre los suelos tienen capacidad de mantener disponibles los nutrimentos para las raíces por un tiempo largo y se corre el riesgo de que se pierdan en el perfil, incluso con el agua de riego (Aldrich y Leng, 1974; Castellanos *et al.*, 2000).

En algunos casos, es importante que la fórmula de fertilización se divida en varias fracciones, sobre todo cuando la textura del suelo es gruesa o arenosa, para evitar que parte del material fertilizante se pierda en lo profundo del perfil o hacia fuera en forma de gas, como en el caso del nitrógeno (Aldrich y Leng, 1974; Rylski y Halevy, 1974; Stofella *et al.*, 1988; Castellanos *et al.*, 2000).

En el Cuadro 5.1 se muestra la distribución de los fertilizantes. Para suelos de textura media, como la gran mayoría de los suelos de riego del Estado, se ha encontrado que el nitrógeno (N) debe dividirse al menos en dos fracciones ($220\text{N} = 110 + 110$), para que se distribuya mejor durante el ciclo de cultivo. La primera, se podrá aplicar al surcar o

en la primera escarda: la segunda fracción cuando los primeros frutos tengan una longitud entre 5 y 10 cm y el cultivo esté en plena floración (Bravo *et al.*, 2002).

En la misma aplicación mencionada, se debe incluir el total del P (100P) y la mitad del K (150K= 75 + 75), para que se distribuyan igual que en el caso del N, con mayor eficiencia durante el ciclo. La fórmula resultante será entonces: (110N-100P-75K), que corresponde a la primera fracción para el chile (Bravo *et al.*, 2002).

Para la aplicación fraccionada en tres partes, la primera queda: (80N-100P-50K); la segunda: (70N-00P-50K); y por último, se aplicará el resto: (70N-00P-50K). Cada aplicación se debe hacer entre el surcado inicial y el momento de la máxima floración, con los primeros chiles en desarrollo, para que el cultivo disponga siempre de las cantidades adecuadas de nutrimentos y en los momentos de mayor demanda, para que se puedan manifestar en el rendimiento y calidad de la cosecha.

La aplicación fraccionada de los materiales fertilizantes garantiza su mejor aprovechamiento durante el ciclo. Además, es importante que se coloquen en el sitio donde la planta los pueda tomar fácilmente, es decir, en la zona donde se encuentra la raíz, a un lado y abajo del cuello de la planta. Las aplicaciones deben estar completas dentro del periodo de mayor actividad del cultivo, es decir, aproximadamente 20 días después del trasplante, hasta la floración, con los primeros frutos iniciando su desarrollo, para garantizar que sean aprovechados en forma eficiente.

Habrán casos extremos donde la textura sea demasiado arenosa y el riesgo de pérdida del fertilizante sea mayor; existen evidencias que sugieren que la aplicación se haga hasta en tres fracciones, como en los siguientes valores de textura del suelo: franco, franco limoso, franco-arenoso, arena-migajonosa, arena, etc. (Aldrich y Leng, 1974; Castellanos *et al.*, 2000).

Cuadro 5.1. Distribución sugerida para dos fracciones fertilizantes en el cultivo del chile tipo mirasol en el altiplano de zacatecas. INIFAP. Zacatecas.

Etapa	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Observaciones
	(kg/ha)			
Antes de plantar o al surcar I Fracción	110*	100*	75*	Normalmente se hace al principio de abril. En este momento se puede aplicar la primera fracción fertilizante
Primera pica o escarda I Fracción	110*	100*	75*	Más o menos 15 días después de la plantación; también, se puede aplicar la primera fracción en este momento
**Floración plena II Fracción	110	00	75	Alrededor de 70 días después de la plantación

* La aplicación de estas cantidades se puede hacer en cualquiera de las dos etapas. Si no se aplica en la primera, se podrá recorrer a la etapa siguiente.

** Floración plena, es cuando el cultivo tiene los primeros frutos entre 5 y 10 cm, con la segunda y tercera generación de flores en pleno desarrollo.

Los nutrimentos N y K, por sus características de movilidad en el suelo, se deben aplicar al menos en tres partes, para evitar pérdidas hacia dentro y fuera del perfil del suelo. Las cantidades deberán ser proporcionales para no desbalancear la dosis, siguiendo lo señalado en el caso anterior. En el Cuadro 5.2, se muestran que las cantidades de N se pueden fraccionar así: $220 = 80 + 70 + 70$, el P aplicar en una sola parte (100P), y el K se fracciona en: $150 = 50 + 50 + 50$. Como se mencionó anteriormente, es importante aplicarlos balanceados, o sea, en cantidades similares entre sí y alrededor de los momentos señalados (Kim, 1970; Kiss, 1974; Bravo *et al.*, 2002).

Evidencias experimentales

El rendimiento de chile Mirasol varía de acuerdo con el número de plantas que se establezcan en la parcela y a su vez, con las cantidades aplicadas de fertilizantes (Bravo *et al.*, 2002). En el Cuadro 5.3 se muestran algunas evidencias experimentales que se han encontrado en Zacatecas; en éste, se pueden distinguir tres condiciones donde se obtiene también diferente rendimiento (Bravo *et al.*, 2002).

Cuadro 5.2. Distribución sugerida para tres fracciones fertilizantes en el cultivo del chile tipo mirasol en el altiplano de Zacatecas.

Etapa	Nitrógeno (kg/ha)	Fósforo	Potasio	Observaciones
Antes de plantar o al surcar I Fracción	80*	100*	50*	Normalmente al principio de abril
Primera pica o escarda I Fracción	80*	100*	50*	Más o menos 15 días después de la plantación
Segunda escarda II Fracción	70	00	50	Quince días después de la anterior
**Floración plena III fracción	70	00	50	Alrededor de 70 días después de la plantación

* La aplicación de estas cantidades se puede hacer en cualquiera de las dos etapas. Si no se aplica en la primera se podrá recorrer a la etapa siguiente.

** Floración plena, es cuando el cultivo tiene los primeros frutos entre 5 y 10 cm, con la segunda y tercera generación de flores en pleno desarrollo.

Cuadro 5.3. Resultados experimentales sobre la fertilización del chile mirasol con riego rodado y tres densidades de plantación en el altiplano de Zacatecas.

Rendimiento (ton/ha)	Plantas/ha (surcos a 76 cm)		Fórmulas de fertilización (kg/ha de NPK)		
	Plantas/ha	Distancia entre plantas(cm)	Nitrógeno	Fósforo	Potasio
3.0	40,000	33	210	100	150
3.5	55,000	25	220	100	150
4.0	70,000	19	230	150	100

Fuente: Bravo *et al.*, 2002.

Cálculo de las cantidades fertilizantes

Es sencillo calcular estas cantidades si se tiene a la mano algunos datos básicos, como: a) el cultivo a fertilizar, b) la fórmula que se recomienda para el cultivo, c) las fracciones en que se va a dividir la fórmula, d) las fuentes a utilizar (cada fuente tiene diferente concentración del o los elementos de interés, por lo que es fundamental saber

cuáles son), y e) la distancia entre los surcos. Como ejemplo se presenta el siguiente caso:

Cultivo= Fertilización del chile con riego rodado

Fórmula recomendada= 220N 100P 150K

Fracciones= dos

I = (110N 100P 75K), que se aplicará al rayar.

II = (110N 00P 75K), que se aplicará en la primera escarda.

Fuentes fertilizantes

N= Sulfato de amonio (20.5% de N)

P= Superfosfato de calcio simple (19.5% de P₂O₅)

K= sulfato de potasio (50% de K₂O)

Distancia entre surcos= 76 cm.

Una vez que se tiene la información necesaria, se procede al cálculo de las cantidades para cada material fertilizante. Se trata de simples reglas de tres como se indica con la expresión siguiente:

$$(Cf = 100 \text{ dr}) / c$$

Donde:

Cf= cantidad de fertilizante necesario para cada elemento NPK en kg/ha

dr= dosis recomendada o fracción para cada elemento en kg/ha

c= concentración del elemento en el fertilizante

Ejemplo:

Primera fracción de fertilizante= (110 kg/ha N + 100 kg/ha P + 75 kg/ha K)

Cálculos:

1) Cf= (100 110 kg/ha) / 20.5%N = 536.585 kg/ha de sulfato de amonio

2) Cf= (100 100 kg/ha) / 19.5%P = 512.820 kg/ha de super fosfato simple

3) Cf= (100 75 kg/ha) / 50%K = 150 kg/ha de sulfato de potasio

Mezcla= (536.585 + 512.82 + 150) = 1,199.405 kg/ha

La suma de estos tres materiales fertilizantes será la cantidad necesaria para tener la dosis o la fracción calculada y servirá para obtener la cantidad del fertilizante de calibración como se indica ahora.

Fertilizante de calibración (Fc). Es la cantidad de mezcla de fertilizante que se debe tirar en una hectárea, con la certeza de que se está aplicando la dosis deseada y ésta se calcula con la siguiente fórmula:

$$F_c = (mz)(ds)$$

Donde:

Fc= Cantidad de fertilizante de calibración (en gramos por 10 metros).

mz= Cantidad de mezcla por hectárea. Es la suma de cada uno de los fertilizantes utilizados para preparar dicha fórmula o fracción fertilizante: sulfato de amonio + super fosfato simple + sulfato de potasio, en kg/ha.

ds= distancia entre surcos en metros.

Con estos datos se tiene que:

$$F_c = (1199.405 \text{ kg/ha}) (0.76\text{m}) = 911.5478\text{g por cada } 10\text{m lineales}$$

Lo anterior indica que se debe tirar alrededor de 911 g/10m de esa mezcla para tener la certeza de que se está aplicando la dosis: (110N-100P- 75K).

Es importante la calibración de la fertilizadora mecánica, con el fin de aplicar la dosis correcta de fertilizante y distribuirla uniformemente a lo largo de los surcos.

Calibración de la fertilizadora

Para realizar una fertilización eficiente y uniforme, es necesario iniciar por lo siguiente:

Limpiar y lavar los botes y mangueras de la cultivadora-fertilizadora;

Hacer la mezcla de acuerdo con los cálculos;

Cuidar que quede uniforme (eliminar los terrones formados en el fertilizante para evitar que se tapen las salidas);

Medir una distancia de 100 m de largo en la cabecera de la parcela y marcar a cada 10 m;

Quitar las mangueras de las salidas del fertilizante;

Colocar bolsas y amarrarlas en cada una de las salidas para recibir el fertilizante;

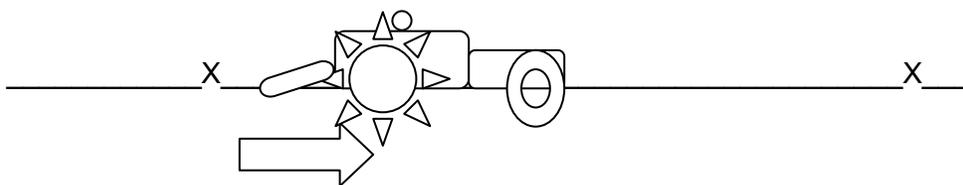
Poner la mezcla de fertilizante en los botes fertilizadores;

Recorrer el tractor los primeros 10 m, como si se fuera a fertilizar;

Quitar las bolsas y pesar el fertilizante colectado en cada una;

Modificar el mecanismo hasta que tire la cantidad de mezcla calculada para cada chuzo o salida del implemento; y

Por último, repetir este proceso hasta que se logre una cantidad muy próxima; normalmente, se obtiene al tercer o cuarto intento, que corresponde al mismo número de marca en los 100 m de la cabecera.



La cantidad puede variar, dependiendo del equipo que se use, pero se debe tratar de que sea lo más próximo a ésta. Sí la cultivadora-fertilizadora cuenta con dos chuzos de salida para fertilizar a los dos lados del hilo de siembra en el surco, se debe tirar la mitad de la mezcla por cada lado del mismo.

Aplicación de la II fracción (110N-00P-75K)

Ésta se debe calcular y aplicar igual que la primera fracción y tendrá las mismas consideraciones; es importante que se haga la fertilización completa para lograr el rendimiento deseado con el uso de esta dosis y las consideraciones de este cultivo. Está por demás decir, que si se tuvieran tres fracciones el procedimiento a seguir sería el mismo.

Riego por surcos

El objetivo central del diseño de riego parcelario, es satisfacer en el momento adecuado y en la cantidad necesaria, los requerimientos de agua de los cultivos. El diseño consiste en la selección de longitud, ancho de la melga (espaciamiento del surco) y pendiente longitudinal; además, la dirección y el gasto de riego, que permitan distribuir uniformemente la lámina de riego previamente calculada (Fuentes *et al.*, 1997; Bassett *et al.*, 1987; Alvarado *et al.*, 2000; Ortiz, 2005).

Es importante no usar contras, ya que éstas incrementan 5% más los costos de mano de obra por la aplicación del riego, también causa mala distribución del agua, propiciando un medio favorable para la incidencia de la enfermedad denominada "secadera". El riego por surcos se adapta a cultivos sembrados en hileras, como chiles y hortalizas en general. El agua corre desde la cabecera de la parcela, hasta el pie de la misma, a través de canales o surcos (Mojarro, 1991; Mojarro, 2001).

La eficiencia promedio del método de riego por surcos alcanza 75%, es decir, de 100 lt que se aplican, sólo 75 quedan disponibles para las plantas. Para usar este método con la eficiencia señalada, se requiere tener el suelo parejo (sin desniveles); de lo contrario, se reventarán los surcos y la distribución del riego no será uniforme. Para lograr buena eficiencia, se debe determinar los factores que se mencionan a continuación (Walker y Gaylord, 1987; Hart *et al.*, 1987; Mojarro, 2004a.).

Largo de surcos. La longitud de los surcos depende del tipo de suelo, de la pendiente y del gasto disponible. Para determinar la longitud de los mismos, enseguida se presentan algunos criterios: a) en suelos arcillosos, los surcos pueden ser más largos que en los arenosos; b) en las parcelas más parejas, los surcos pueden ser más largos, que

en las que tienen más desnivel; y c) si el gasto disponible es alto, los surcos pueden ser más largos.

En el Cuadro 5.4 se presenta el largo de surco recomendado, en función del tipo de suelo y la pendiente.

Cuadro 5.4. Longitud máxima de surcos (m) en diferentes suelos y pendientes, para un riego equivalente a 10 cm de agua.

Desnivel del suelo (cm en 100 m)	Tipo de suelo		
	Arenoso	Franco	Arcilloso
5	180	200	250
25	145	175	210
50	< 100	< 150	< 150

Fuente: Mojarro, 2004a.

Cantidad de agua por aplicar. En el riego por surcos, se debe controlar el agua que se aplica, para no provocar erosión al suelo y lograr alta eficiencia; por lo anterior, se recomienda usar sifones, así como cajas de distribución o multicompuertas (Rendón *et al.*, 1997).

Al iniciar el riego, se debe aplicar la máxima cantidad de agua que pueda llevar el surco, sin causar erosión o arrastre de terrones o partículas en el fondo; una vez que el agua llega al final del surco, se debe reducir el caudal a la mitad, con lo que disminuyen las pérdidas por escurrimiento y precolación. Este caudal reducido, se mantiene hasta completar el tiempo necesario para regar la zona de raíces del cultivo. Para reducir el caudal, existen las siguientes alternativas: a) si se usa un sifón por surco, hundir la entrada de éste hacia el fondo del canal o acequia, de manera que se levante la salida; b) si se usan dos sifones por surco, dejar sólo uno; y c) si se usan multicompuertas, cerrar la compuerta.

En el Cuadro 5.5 se recomienda la cantidad de agua por surco, en función de la textura del suelo, la cual fue calculada mediante el programa de simulación Sirmod II (Utah State University, 2003).

Cuadro 5.5. Cantidad de agua (lt/segundo) sugerida por surco, en función de la textura del suelo.

Textura del suelo	Longitud de surcos	
	100 m	150 m
Franco-arenoso	1.0 lt / segundo / surco	1.5 lt / segundo / surco
Franco-limoso	1.0 lt / segundo / surco	1.7 lt / segundo / surco
Limo-arcilloso	1.0 lt / segundo / surco	1.5 lt / segundo / surco
Franco-arcilloso	0.5 lt / segundo / surco	0.7 lt / segundo / surco

Fuente: Mojarro, 2004a.

Variaciones del método de riego por surcos. Los surcos se pueden trazar rectos en suelos con desniveles inferiores a 50 cm en 100 m; el trazado se puede modificar de acuerdo a las características de los suelos, como se menciona enseguida.

a) Surcos en contorno. Cuando el suelo tiene demasiada pendiente (un desnivel de 1 m en 100 m) y no es posible nivelarlo, se trazan los surcos siguiendo las curvas de nivel del terreno.

b) Surcos alternos. Cuando el volumen de agua es limitado, se sugiere regar un surco sí y otro no, especialmente durante la temporada de lluvias.

Manejo del agua dentro del predio. Las medidas que se proponen a continuación, permiten mejorar y facilitar el manejo y disponibilidad del agua en la parcela, éstas son:

- a) Medir la cantidad de agua que llega a la parcela (si es de presa o de pozo);
- b) Instalar o reparar las estructuras que faciliten la distribución del agua al interior del predio, como: compuertas, cajas de distribución, acequias (limpias y niveladas), multicompuertas, etc.;
- c) Desarrollar un programa de emparejamiento y nivelación de suelos, de manera de ir estableciendo sistemas de riego más tecnificados y eficientes;
- d) Usar elementos que faciliten la aplicación de agua, como: sifones, cajas de distribución, multicompuertas, etc.

Programación del riego. La toma de decisiones sobre cuánto y cuándo regar los cultivos, debe estar sustentada en criterios tecnológicos y no empíricos. El objetivo de

cada productor de riego, es obtener la máxima producción en calidad y cantidad, con el fin de lograr más ingresos (Palacios y Martínez, 1978; Mojarro, 2004 b).

La programación del riego, consiste en la determinación de sus intervalos y de las láminas correspondientes (calendarios de riego), con la finalidad de satisfacer las necesidades hídricas de los cultivos. Es imposible recomendar de manera universal un programa de riego, por la cantidad de factores que afectan el consumo de agua por los cultivos; además, éstos difieren en su tolerancia del abatimiento del nivel de humedad aprovechable del suelo (Mojarro, 2004a).

Una buena programación de los riegos, implica conocer el tiempo en que éstos se deben aplicar, para obtener el máximo rendimiento del cultivo. Actualmente, los criterios de los usuarios de riego es aplicar el agua por la apariencia del cultivo (cuando éste presenta un color verde oscuro, debido a la falta de agua), y otros determinan de manera visual el contenido de humedad del suelo; finalmente, otros están sujetos a la programación rígida del calendario programado por el “canalero”.

Una estrategia de la programación del riego, es mantener un buen nivel de humedad en la zona radical del cultivo, de tal forma, que la planta no sufra de estrés hídrico y que el rendimiento máximo no se vea reducido.

Cuando el contenido de humedad del suelo es bajo, las plantas consumen menos agua de la necesaria, es decir, entran a un estrés hídrico que disminuye el rendimiento.

Resultados de investigaciones (Mojarro, 1991; Mojarro 2001; Mojarro, 2004b) reportan, que cuando se aplica agua de menos (que la demandada por el cultivo), o se retrasa el riego del día óptimo, las pérdidas económicas pueden ser de consideración; por ejemplo, en el cultivo de chile con riego por surcos, si se retrasa el riego 10 días durante la floración, se pierden más de 300 kg/ha de chile seco.

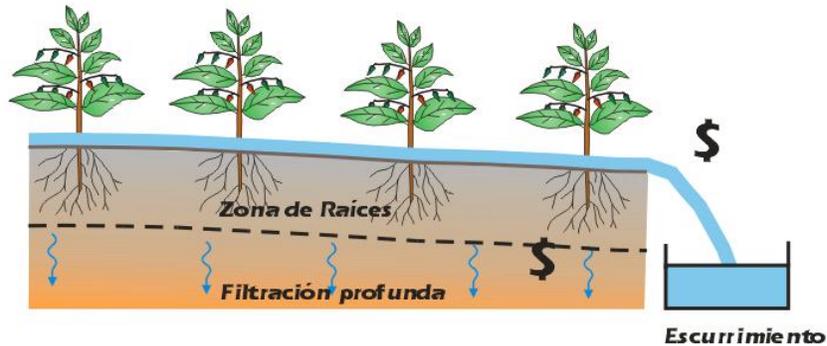


Figura 5.1. Pérdida por exceso de agua.

Excesivas cantidades de agua aplicadas al suelo, como las presentadas en la Figura 5.1 propician que ésta se pierda por evaporación, que escurra por la superficie erosionando el suelo, que se percole a capas muy profundas, donde no es recuperable por el cultivo y en consecuencia, la pérdida de dinero; como ejemplo, por cada 200 m³/ha de agua de más, de la que puede retener el suelo, se pierden cerca de 5 kg/ha de nitrógeno y varios kilogramos de suelo fértil. (University of Nebraska, 2003).

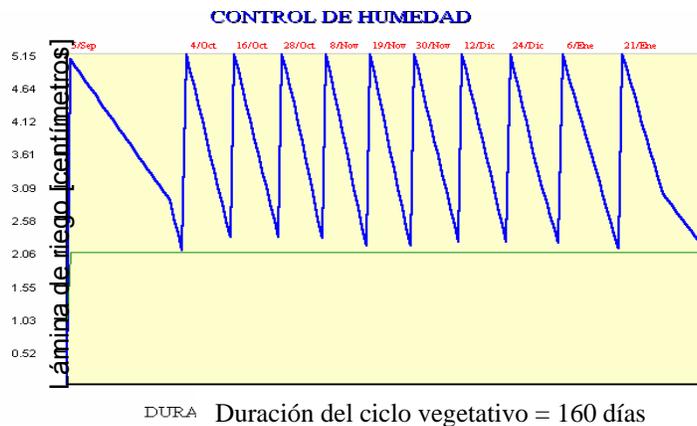


Figura 5.2. Calendario de riego.

Calendario de riego. En la Figura 5.2, se muestra gráficamente el objetivo de la calendarización, el cual es mantener las raíces dentro de un rango óptimo de humedad. Cuando el contenido de humedad alcanza un valor crítico inferior, el riego es aplicado para reponer la humedad perdida, hasta un límite superior, dado usualmente por la capacidad de campo.

En caso de observar síntomas de deficiencia de agua en las plantas de chile, se deben hacer correcciones en el programa de riego (días entre riegos). Si se presentan lluvias mayores de 30 mm/día, se sugiere suspender el riego.

Para disminuir la incidencia de la secadera hasta 40%, se debe evitar al máximo el exceso de agua, las contras y los encharcamientos, ya que el hongo que provoca esta enfermedad, necesita abundante agua para infestar plantas sanas; además, si la infección se presenta al principio del surco, las plantas infestadas extenderán la enfermedad, si cuentan con abundante agua.

El hongo señalado en el párrafo anterior, generalmente infecta el cuello de la raíz; para que alcance el agua esa parte, se requieren riegos pesados y que las plantas sean trasplantadas en camas o surcos muy bajos; por lo anterior, se recomienda evitar los excesos de agua en la parcela, así como los encharcamientos (Velásquez y Medina, 2003).

Programas de riego para diferentes tipos de suelo. La programación del riego consiste en determinar cuándo aplicar el riego y en qué cantidad. El programa de riego varía de acuerdo a las condiciones del suelo, clima y cultivo. En el Cuadro 5.6 se presentan ejemplos de programas de riego, considerando las texturas medias de los suelos del estado de Zacatecas y usando el programa de computo Pirez (Mojarro *et al.*, 2002).

Cuadro 5.6. Programas de riego para diferentes tipos de suelo.

Tipo de suelo	Riego	Trasplante	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
Franco - arenoso	Lámina (cm)	3.5	7.0	5.9	5.8	5.9	5.8	5.7	5.7	5.9	6.0	57.2
	Días	0	8	20	18	17	16	18	17	16	20	150
Franco-arcillo-arenoso	Lámina (cm)	3.5	7.5	6.6	6.4	6.5	6.6	6.5	6.4	6.7	--	56.7
	Días	0	8	26	22	18	19	17	18	22	--	150
Franco-arcilloso	Lámina (cm)	3.5	8.2	7.6	7.5	7.4	7.6	7.4	7.6	--	--	56.8
	Días	0	8	31	26	22	22	19	22	--	--	150

Nota: Las láminas de riego no están afectadas por la eficiencia de riego.

Cálculo para determinar el volumen de agua en riego por surcos. A continuación se presenta un ejemplo, donde se determina el volumen de agua necesario para el riego de chile mediante surcos, suponiendo algunas condiciones comunes en los suelos de Zacatecas.

Se supone que se tiene un gasto disponible de 40 lt/seg para regar 20 ha; los surcos tienen 100 m de longitud, la pendiente es de 0.1% y la textura del suelo es franco-arenoso; se desea aplicar una lámina de riego de 7.5 cm para el primer riego.

Para determinar el volumen requerido y el tiempo que debe permanecer el agua en el surco para aplicarlo, se realiza lo siguiente:

1. Determinación del volumen por hectárea para el primer riego

El volumen necesario por hectárea es el siguiente:

$$\begin{aligned}
 \text{Volumen neto/ha} &= (\text{lámina de riego}) (10,000 \text{ m}^2) \\
 &= (0.075 \text{ m}) (10,000 \text{ m}^2) \\
 &= 750 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

2. Determinación del volumen total necesario por hectárea (volumen bruto)

Como el sistema de riego tiene pérdidas de agua por su deficiente manejo y características propias, es necesario determinar el volumen total necesario, incluyendo las pérdidas.

Volumen bruto= (volumen neto) / (eficiencia de riego)

Volumen bruto= $750 \text{ m}^3 / 0.7$

Volumen bruto= $1,071.4 \text{ m}^3$

3. Número de surcos por hectárea

El número de surcos es el siguiente:

Número de surcos= $1 \text{ ha} / [(longitud \text{ del surco}) (\text{ancho del surco})]$

Número de surcos= $10,000 \text{ m}^2 / [(100 \text{ m}) (0.76 \text{ m})]$

Número de surcos= $10,000 \text{ m}^2 / 76 \text{ m}^2$

Número de surcos= 132

4. Determinación del volumen por surco

El volumen por surco es:

Volumen por surco= volumen bruto por riego / número de surcos

Volumen por surco= $1,071 \text{ m}^3 / 132$

Volumen por surco= 8.11 m^3

5. Tiempo de riego por surco

Dado que el suelo es franco-arenoso, de acuerdo con el Cuadro 5.6, el gasto por surco será de 1 lt por segundo y el volumen por surco de 8.11 m^3 , que corresponde a 8,110 lt, por lo que:

Tiempo por surco= (volumen por surco) (gasto por surco)

Tiempo por surco= $8,110 \text{ lt} / 1 \text{ lt por segundo}$

Tiempo por surco= $8,110 \text{ segundos} / 60$ (número de segundos por minuto)

Tiempo por surco= 135 minutos

6. Número de surcos por tendida

Dado que el gasto disponible es de 40 lt / segundo, el número de surcos por tendida es:

Número de surcos por tendida= gasto disponible / gasto por surco

Número de surcos por tendida= $40 \text{ lt} / \text{segundo} / (1 \text{ lt} / \text{segundo} / \text{surco})$

Número de surcos por tendida= 40

7. Número de tendidas por riego en 1 ha

$$\text{Número de tendidas por riego} = \frac{\text{total de surcos}}{\text{surcos por riego}}$$

Número de tendidas por riego= 132 surcos / 40 surcos

Número de tendidas por riego= 3.3

Se consideran cuatro tendidas por hectárea

8. Tiempo de riego para regar 20 ha

Tiempo de riego total= (tiempo de riego por tendida) (número de tendidas)
(superficie)

Tiempo de riego total= (135 minutos) (4) (20)

Tiempo de riego total= 10,800 minutos / 60 (minutos por hora)

Tiempo de riego total= 180 horas= 7.5 días

Para proporcionar el primer riego a la parcela de chile de 20 ha, son necesarios siete días y medio.

Para conocer el tiempo necesario para dar los otros riegos, se sigue el mismo procedimiento; de esta manera, se desarrolla una programación adecuada de los riegos de la parcela de chile.

LITERATURA CITADA

Aldrich, S. R. and R. Leng. 1974. Producción moderna del maíz. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 308 pp.

Alvarado M., P.; F. Mojarro D. y J. González T. 2000. Evaluación de modelos de simulación para el diseño del riego superficial. *In*: Congreso Nacional de Irrigación. Asociación Nacional de Especialistas en Irrigación, A.C. Chihuahua, Chih., México.

Bassett, D. L.; D. D. Fangmeyer and T. Strelkoff. 1987. Hydraulics of surface irrigation. pp. 447-490. *In*: Design and operation of farm irrigation systems. USA.

- Bravo L., Á. G.; B. Cabañas C.; J. Mena C.; R. Velásquez V.; S. Rubio D.; F. Mojarro D. y G. Medina G. 2002. Guía para la producción de chile seco en el Altiplano de Zacatecas. Publicación Técnica Número 1. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Zacatecas. 39 p (Publicación Técnica Núm. 1).
- Castellanos, J. Z.; J. X. Uvalle B. y A. Aguilar S. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. Colección del Instituto de Capacitación para la Productividad Agrícola. 2ª edición. Celaya, Gto., México. 226 p.
- Cochran, H. L. 1941. Growth of the perfection pimiento fruit. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 38:557-562.
- Da Silva, R. F. *et al.* 1971. The effects of spacing and fertilizer levels on seed production in pepper *Capsicum annum*. *Experientiae* 11:197-317.
- Fuentes R., C. *et al.* 1997. Caracterización mínima del suelo con fines de riego. *In*; Manual para el diseño de zonas de riego pequeñas. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. México, D.F., México. p. 1.3-1.12.
- Hart, W. E.; H. G. Collins; G. Woodward and A. S. Humpherys. 1987. Desing and operation of gravity or surface systems. *In*: Desing and operation of farm irrigation systems. p. 145-182.
- Hochmuth, G. J. 1988. Pepper production guide for Florida. Florida Coop. Ext. Serv., Inst. Food Agr. Sci., Univ. of Florida Circ. 102 E.
- Kim, Y. C. 1970. Studies on fruit size of red pepper. *Korean J. of Hort. Sci.* 8:21-26.
- Kiss, A. 1974. Order of the flowering process in capsicum cultivars. *Agrobotanika* 16:77-88.
- Mojarro D., F. 2001. Optimización del sistema producto chile en la región Norte Centro de México. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Calera. p. 90. Calera de V. R., Zac., México (Reporte Técnico).
- Mojarro D., F.; J. González T.; J. A. Gutiérrez N.; A. Toledo B. y J. Q. Araiza E. 2002. Software PIREZ (Proyecto integral de riego para el estado de Zacatecas. México).

-
- Mojarro D., F. 2004a. Manual práctico de riego y fertirriego para el estado de Zacatecas. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Zacatecas. Calera de V. R., Zac., México (En revisión).
- Mojarro D., F. 2004b. Optimización del uso del agua de riego para incrementar la productividad del chile seco en Zacatecas. *In: First World Pepper Convention*. León Gto. México. pp. 203-210.
- Mojarro D., F. 1991. Funciones de producción del agua y su aplicación en el riego. *In: Seminario internacional del uso eficiente del agua*. Colegio de Ingenieros Civiles. México, D.F., México. p. 262-266.
- Ortiz V., G. 2005. Evaluación en campo del método de riego con incremento de gasto en surcos cerrados. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Zacatecas. Zacatecas, Zac., México. p. 1-10
- Palacios V., E. y A. Martínez G. 1978. Respuestas de los cultivos a diferentes niveles de humedad del suelo. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Edo. De Méx., México. p. 149.
- Pety, E. and D. J. Cotter. 1984. Growth of long green chile pepper fruit. Research Report. N. M. Univ. Coll. Agric. Home. Econ. Agric. Exp. Stn. (556) 9 p.
- Rendón P., L.; C. Fuentes R. y Magaña S. C. 1997. Diseño del riego por gravedad. *In: Manual para el diseño de zonas de riego pequeñas*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. México, D.F., México. p. 177-190.
- Rylski, I. and A. H. Halevy. 1974. Optimal environment for set and development of sweet pepper fruit. *Acta Hort.* 42:55-62.
- Stofella, P.J. *et al.* 1988. Root morphology and development of bell peppers. *HortScience* 23(6):1074-1077.
- University of Nebraska (USA). 2003. Institute of agriculture and natural resources. <http://www.ianr.unl.edu/PUBS/irrigation/G1043.htm>. Consultado el 17 de septiembre del 2003.
- Utah State University. 2003. Simulación, diseño y evaluación de riego por superficie. Guía del curso y documentación técnica. p. 155. USA.

Velásquez V., R. y M. M. Medina A. 2003. La pudrición de la raíz de chile (*Capsicum annuum*) en el norte-centro de México. I. Estudios básicos. Folleto científico No. 14. Campo Experimental Pabellón, CIRNOC-INIFAP, Ags. p. 26.

Walker, R. W. and V. S. Gaylord. 1987. Surface Irrigation Theory and Practice. Utah, USA, Utah State University. p. 386.

CAPÍTULO 6

ESTRATEGIA DE MANEJO INTEGRADO CONTRA LOS INSECTOS PLAGA DEL CHILE

Dr. Jaime Mena Covarrubias
Programa Entomología
Campo Experimental Zacatecas-INIFAP

El manejo integrado de plagas (MIP) es una estrategia moderna de protección de cultivos que tiene como objetivo central reducir los daños ocasionados por las plagas a través del uso eficiente de los recursos, de manera que se contamine menos el ambiente y se mantenga el equilibrio ecológico, sin descuidar la competitividad de la cadena agropecuaria.

El ingrediente principal del MIP es la información destinada a fortalecer una mejor toma de decisiones en el control de insectos plaga. La información que se busca en MIP debe incluir al menos los siguientes seis componentes: 1) aspectos clave en la biología y ecología de los insectos plaga y sus enemigos naturales, 2) población de insectos presentes en el campo, 3) población mínima que ocasiona un daño, 4) época crítica de daños, 5) efectividad y rapidez de las acciones de control que se pretenden implementar, y 6) compatibilidad de los posibles métodos de control a utilizar (Mena, 2001c); por ejemplo, la toxicidad de los grupos de insecticidas sobre las poblaciones de insectos benéficos es de manera global así: los organofosforados son los más tóxicos; les siguen los carbamatos, piretroides y el endosulfán; hay productos aún menos destructivos que los anteriores como el fipronil y el amitraz, y los menos tóxicos son los reguladores de crecimiento, los Bt's, y entomopatógenos (Huffman *et al.*, 1996).

Los insectos de mayor importancia económica para el cultivo del chile en Zacatecas son:

PICUDO DEL CHILE, *Anthonomus eugenii* Cano

El picudo del chile, también conocido como "barrenillo", es uno de los insectos plaga más importantes de este cultivo en México (Figura 6.1). El daño principal es ocasionado por la alimentación de la larva dentro de los botones florales y los frutos pequeños, los cuales

comúnmente se caen. Una infestación severa puede destruir más del 90% de la cosecha. El picudo del chile es un problema serio para los productores de chile en el área de Ojocaliente, Luis Moya, La Blanca, Loreto, y en el área de los cañones de Juchipila y Tlaltenango.

Descripción. El adulto tiene el cuerpo oval, con su pico largo y curvado; mide de 2.0 a 3.5 mm de longitud, y su color va desde gris a café rojizo oscuro hasta casi negro (Figura 6.1). La larva tiene tres instares, cuyo tamaño promedio es de 1.0, 1.9 y 3.3 mm de largo para el primero, segundo y tercer instar, respectivamente (Capinera, 2002), los cuales son de color blanco grisáceo con la cabeza café, y no tienen patas.

Posteriormente se desarrolla la pupa, la cual tiene la forma del adulto, excepto porque las alas no están bien desarrolladas, es de color blanco cremoso, de apariencia frágil y tiene unas setas largas en el protórax y el abdomen; mide de 3 a 4 mm de largo.

Aspectos clave de su biología y ecología. Los adultos del picudo del chile viven de 3 a 4 meses bajo condiciones naturales (Elmore *et al.*, 1934), pero si no tienen comida solo viven de 1 a 3 semanas (Riley y Sparks, 1995). El ciclo de huevo a adulto se completa con 256.4 unidades calor, teniendo como temperatura mínima umbral de 9.6°C; la temperatura óptima de desarrollo ocurre a los 30°C, durante la cual, el picudo completa su ciclo en 12.9 días (Toapanta, 2001).

La fecundidad promedio es de 341 huevos por hembra (Burke y Woodruff, 1980), aunque hay casos de hasta 600 huevos puestos en un período de 2 a 3 meses (Capinera, 2002). Los huevos son depositados en las yemas florales, flores y frutos; los frutos de 1.3 a 5 cm de largo son los preferidos para oviposición (Riley y Sparks, 1995); de manera general se puede decir que los cultivares de chile cuyos frutos son de pared delgada son mas dañados que los cultivares de pared gruesa (Mau y Kessing, 1994).

El picudo del chile puede completar 7 y 11 generaciones en Ojocaliente y Juchipila, respectivamente, con base en las temperaturas promedio que se presentan durante el período de abril a octubre; durante el verano, el picudo del chile puede completar una generación en tan solo 13 días (Riley y Sparks, 1995).

Monitoreo. La estrategia de manejo de este insecto plaga se basa en el monitoreo de los adultos. El adulto es activo durante el día, y hay mas adultos presentes en la mañana que en la tarde (Riley *et al.*, 1992a). Se sugiere iniciar los monitoreos de este insecto al inicio de floración, cuando se tenga un 5% de botones florales, y revisar los campos de cultivo dos veces



Figura 6.1. Ciclo de vida del picudo del chile: adulto (a), huevo (b), larva-pupa-adulto (c), larva (d).

por semana, entre las 7:00 a 11:00 horas de la mañana (Andrews *et al.*, 1986). Se deben de revisar al menos 100 brotes terminales, un brote terminal (yema o botón floral) por planta, 20 plantas seguidas por punto de muestreo. Al inicio, cuatro de los cinco puntos de muestreo deben de estar cerca de la orilla del cultivo, y después, ya se escogen como puntos representativos del lote cultivado. Los adultos del picudo del chile tienen la tendencia a permanecer en el mismo sitio donde se localizan con el muestreo, por lo que es importante marcar esos focos de infestación para tener una mejor idea del nivel poblacional, posibles sitios de re-infestación y ahorro de recursos en el monitoreo (Riley *et al.*, 1995).

El umbral para iniciar las acciones de control es cuando se encuentre al menos un picudo adulto por cada 100 terminales revisadas (Andrews *et al.*, 1986); aunque en un cultivo con alta inversión, un adulto por cada 400 terminales, revisando dos yemas por planta, es un umbral mas apropiado (Riley *et al.*, 1992b).

Actualmente ya se tiene una feromona para monitorear los adultos, aunque aun no se tiene un umbral de manejo basándose en la captura con feromonas, por lo que su principal utilidad es detectar el inicio de las infestaciones del picudo del chile. Las trampas pegajosas amarillas o blancas, de 30 cm x 12.5 cm, colocadas a una altura de 10 a 60 cm sobre la superficie del suelo (según el desarrollo del cultivo), también pueden ser un método efectivo de monitoreo de los adultos (Sagarra-Carmona y Pantoja, 1988), ya que

una trampa representa la revisión de aproximadamente 50 yemas (Riley y Schuster, 1994).

Manejo. El eje central en las decisiones de manejo del picudo del chile va dirigido a eliminar los adultos, cuando estos se encuentran en el exterior de las plantas.

Una primera acción de control es tratar de identificar las plantas que sirven de hospederas al picudo durante el invierno, como el trompillo, *Solanum nigrum* (Patrock y Schuster, 1987) y otras solanáceas silvestres (Capinera, 2002), la eliminación de las cuales redundará en una menor incidencia de la plaga. Otra acción es eliminar las plantas de chile tan pronto como se cosechen, para reducir la población invernante de esta plaga. En Nuevo México, EUA, existe una fecha límite para realizar esta práctica, y el agricultor que no cumpla con ella puede ser multado hasta con \$1,000.00 dólares (DuBois y Witte, 2002).

Durante el desarrollo del cultivo, el juntar los frutos caídos es otra opción para reducir daños posteriores de este insecto. Sin embargo, esta práctica se debe realizar continuamente, ya que el adulto del picudo del chile, una vez que está formado, tarda un mínimo de 3 horas y un máximo de 4 días en salir del fruto atacado (Riley y Sparks, 1995); esta práctica puede ser económicamente no efectiva cuando se usan insecticidas, y sólo de valor limitado en ausencia de uso de los mismos (Andrews *et al.*, 1986).

El parasitoide *Catolaccus hunteri* tiene un potencial reproductivo superior al picudo del chile, y debería considerársele como un agente de control biológico apto para evaluarse contra esta plaga (Rodríguez-Leyva *et al.*, 2002).

La presencia de frutos caídos no debe utilizarse como una guía para iniciar las aplicaciones de insecticidas, ya que en ese momento es demasiado tarde para prevenir un daño de importancia económica (Riley y Sparks, 1995). Existen varios insecticidas que se pueden utilizar para controlar este insecto plaga (estas aplicaciones no afectan a los huevos, larvas, pupas y/o adultos que están dentro de los frutos), tal como: permctrina, esfenveralato, oxamyl, orthene, azinfos metilico, diazinon, triclorfon, endosulfan, clorpirifos, metomilo, carbarilo, dimetoato, entre otros. Existen reportes de resistencia del picudo del chile a los insecticidas carbarilo, diazinon y dimetoato (Whalon, 2004).

GUSANO DEL FRUTO, *Helicoverpa (Heliothis) zea* (Boddie)

El gusano del fruto es una plaga de importancia económica que ataca más de 100 especies de plantas, donde destacan maíz y tomate (Mau y Kessing, 1992); sólo en ciertos años, este insecto causa pérdidas económicas importantes en chiles en el altiplano zacatecano. El daño es ocasionado por la larva al alimentarse de las semillas y la pulpa; los frutos tienen grandes cantidades de excremento en su interior, se vuelven de color rojo y caen prematuramente de la planta. Los frutos de chile que se desarrollan entre la segunda quincena de junio y la primera de julio, son los más dañados por este insecto.

Descripción. Recién nacidos, los gusanos son de color blanco cremoso con la cabeza negra, y tienen el cuerpo cubierto por una gran cantidad de espinas negras; después de 24 horas, su color cambia a verde, amarillo, rojo oscuro, negro o marrón, con franjas claras y oscuras a lo largo de su cuerpo (Mau y Kessing, 1992). Es posible encontrar varios colores de larvas en un mismo cultivo, por lo que el color de la larva no puede utilizarse para identificar la especie (Cole y Jackman, 1991).

Un gusano del fruto bien desarrollado mide de 35 a 40 mm de largo. Los adultos son palomillas de hábitos nocturnos que miden unos 35 a 40 mm de longitud con las alas extendidas; las alas delanteras son de color marrón claro a verde olivo, marcadas con líneas irregulares transversales de color gris oscuro a verde olivo y tienen una mancha oscura en forma de “coma” cerca del centro del ala, la cual es más notoria en los machos (Sorensen, 1996) (Figura 6.2).

Aspectos clave de su biología y ecología. El ciclo de huevo a adulto se completa en 422.3 unidades calor, calculadas sobre la base de 12.6 y 33.3°C como temperatura umbral mínima y máxima, respectivamente (Hartstack *et al.*, 1976). Los adultos pasan por un periodo de preoviposición de 62.6 unidades calor, tiempo durante el cual los adultos, especialmente las hembras, solo se alimentan de sustancias azucaradas. Se requieren 40.5, 81.7, 120.6 y 179.5 unidades calor para que se complete la fase de: huevo, primeros tres instares, instares cuatro y cinco, y la pupa, respectivamente (Hartstack *et al.*, 1976).

Los adultos del gusano del fruto viven de 12 a 16 días y las hembras pueden poner desde 500 hasta 3,000 huevos en un lapso de 5 a 7 días (Cole y Jackman, 1991); durante la fase de luna nueva hay mayor actividad de los adultos y también mayor

cantidad de huevos puestos (Kranz *et al.*, 1982). Aunque tiene muchas plantas hospederas, su cultivo preferido es el maíz, especialmente el maíz dulce, cuando se encuentra en la fase de jilote tierno (los pelitos del futuro elote son frescos y de color verde). Los adultos vuelan, se aparean y ponen sus huevos durante las primeras horas de la noche (Davidson y Lyon, 1979) y pueden volar varios kilómetros en una sola noche.

Monitoreo. El manejo adecuado del gusano del fruto requiere monitorear la actividad de los adultos junto con el muestreo de sus huevos en campo; se debe evitar tomar decisiones de control en base a poblaciones de frutos dañados. El monitoreo de los adultos se puede realizar con trampas de luz negra, alimenticias a base de melaza, o bien feromonas (Figura 6.2); las trampas con feromona empezaran a atrapar palomillas, unos 10 días antes de que inicie la puesta de huevos. Las trampas se deben de colocar cerca del campo cultivado, y se deben de revisar mínimo 2 a 3 veces por semana con el fin de detectar el inicio, el máximo y la declinación de un pico poblacional; 25 palomillas capturadas en un período de 5 días es un buen indicador de cuando intensificar el muestreo en campo para buscar la presencia de huevos (Sorensen, 1996).

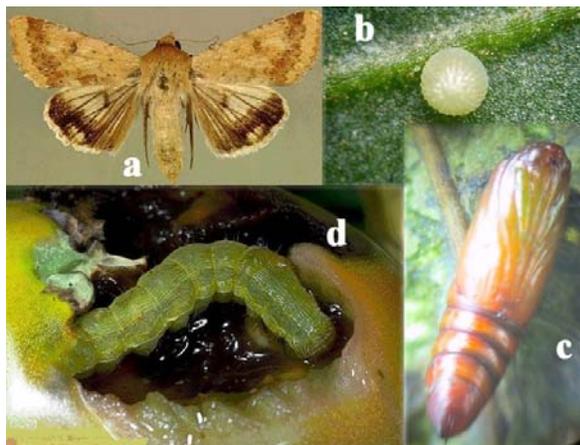


Figura 6.2. Ciclo de vida del gusano del fruto: adulto (a), huevo (b), pupa (c), larva (d).

Para el caso de Zacatecas, las palomillas de esta plaga están presentes todo el año, excepto en los meses de diciembre y enero, cuando las capturas son muy bajas. El vuelo de mayor riesgo es el que se presenta a fines de junio o principios de julio (Mena-Covarrubias, 2005b). El mayor riesgo de daño se presentará cuando coincide el pico poblacional con una gran cantidad de chiles de la primera floración que pueden ser atacados.

Manejo. Se debe evitar plantar chiles en lotes que el año anterior fueron plantados con maíz o en lotes que estén cerca de un cultivo de maíz, ya que los adultos se pueden dispersar del maíz hacia el chile, una vez que ya no es atractivo para poner sus huevos, cuando los pelos del jilote se vuelven café y se empiezan a secar (Sorensen, 1996).

El control de los huevos o la destrucción de las larvas recién nacidas, es la base de la estrategia para manejar este insecto plaga.

El uso de la avispa *Trichogramma*, que es un parasitoide de huevos, es una buena opción para controlar este insecto en la fase de huevo. Las liberaciones de *Trichogramma* se deben hacer a los 3 a 4 días del inicio de un pico poblacional de adultos (con base en los datos de las trampas); se liberan al menos 60,000 avispas por hectárea (24 pulgadas de material biológico) de preferencia dos veces por semana. Existe un control natural importante por los enemigos naturales del gusano del fruto, como la chinche pirata, *Orius tricolor*, la cual puede destruir hasta un 38% de los huevos de *H. zea* (Davidson y Lyon, 1979).

El control de las larvas recién nacidas es con el uso de insecticidas que se aplican a las 40 unidades calor si se encuentran huevos recién puestos. Si en el monitoreo se encuentra que la mayoría de los huevos tienen la membrana transparente y es posible ver la cabeza negra de la larva, la aplicación se debe hacer al siguiente día. El cubrimiento de la aspersión es clave para tener un buen control; se debe buscar que el insecticida aplicado penetre el follaje de la planta y se deposite en los frutos, especialmente en el pedúnculo del mismo (Sorensen, 1996).

Los insecticidas que se pueden utilizar para el control del gusano del fruto en Chile son similares a los sugeridos anteriormente para el control del picudo del Chile. El insecticida Bt también controla esta plaga, pero debe aplicarse cuando los gusanos son pequeños (primeros dos instares) y tener un buen cubrimiento de la aspersión.

PULGÓN VERDE DEL DURAZNO, *Myzus persicae* (Sulzer) y PULGÓN DEL ALGODÓN, *Aphis gossypii* Glover.

El pulgón verde del durazno y el pulgón del algodón, son las dos especies de pulgones que se presentan comúnmente sobre plantas de Chile en Zacatecas (Figura 6.3). Su importancia radica en su capacidad para transmitir virus, los cuales en algunos años ocasionan pérdidas de gran magnitud en todo el altiplano zacatecano.

Descripción. El pulgón verde del durazno es de color verde claro, verde amarillento, y algunas veces rosa (especialmente en el otoño), con franjas oscuras indefinidas en el

abdomen (Bishop *et al.*, 1986). Este pulgón se distingue por los tubérculos frontales prominentes que convergen cerca de la base de las antenas y que forman una especie de “cerro de la silla” (Bishop *et al.*, 1986).

Por su parte, el pulgón del algodón es de color amarillo pálido a verde oscuro, con las articulaciones de las patas negras, lo mismo que los ojos y los cornículos (par de proyecciones localizadas en la parte posterior del cuerpo, por donde excretan la mielecilla los pulgones); el estado adulto mide 2 mm de longitud.

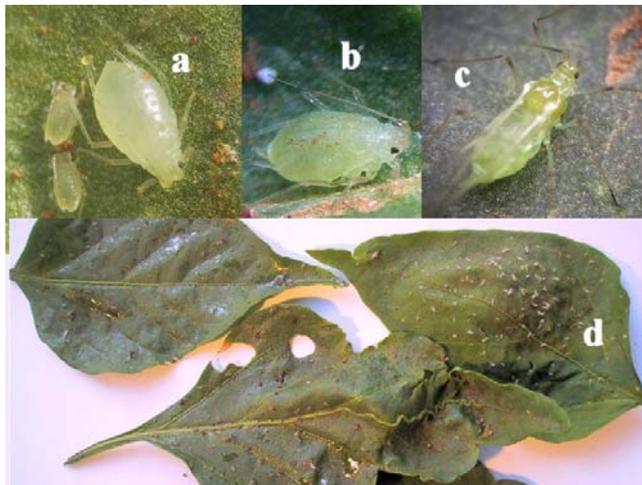


Figura 6.3. Pulgones del chile: hembra y ninfas de *Myzus* (a), hembra de *Myzus* (b), hembra de *Aphis* (c), daños y mielecilla en hojas (d).

Aspectos clave de su biología y ecología.

Las temperaturas umbrales mínima y máxima de desarrollo para el pulgón verde es de 4 y 28°C, respectivamente; a temperaturas mayores de 30°C no se reproduce. Las ninfas requieren 133.4 unidades calor para su desarrollo, y el tiempo generacional (ninfa a ninfa) necesita un total de 152.5 unidades calor (Weed, 1927). Una generación se desarrolla en 6 a 7 días en el verano. Los pulgones pueden llegar en grandes números cuando el clima es seco y cálido (Nielse, 1997); normalmente en un campo cultivado la infestación avanza en la misma dirección que el viento, por lo que las plantas de las orillas son las primeras en infestarse (Bishop *et al.*, 1986). La población del pulgón *M. persicae* se concentra en el tercio inferior de la planta, infestaciones en la parte superior de las plantas se presentan cuando el clima es nublado por largos períodos de tiempo, o cuando hay grandes poblaciones de pulgones en la parte inferior de las plantas (Bishop *et al.*, 1986).

Para el pulgón del algodón con una temperatura mínima umbral de 6.2°C, se requieren 108.9 unidades calor para completar el ciclo de ninfa de primer instar al adulto. La temperatura óptima de desarrollo esta entre los 25 a 30°C; temperaturas arriba de 30°C alargan el ciclo del insecto, incrementan la mortalidad y reducen la fecundidad

(Kersting *et al.*, 1999). El promedio de vida de las hembras adultas fue de 39.7 días a 15°C y de 12.6 días a 30/35°C; la tasa de reproducción promedio por hembra fue de 51.5 y 20.9 individuos por hembra a 25 y 30/35°C, respectivamente; puede tener hasta 30 generaciones por año. Estos pulgones forman colonias en las hojas más jóvenes o en los pedicelos de las flores.

El pulgón *M. persicae* es vector de más de 150 virus, y tiene más de 400 hospederos (Kranz *et al.*, 1982), en tanto que *A. gossypii* transmite unas 50 enfermedades virales. Los virus que se presentan comúnmente en las plantas de Chile en altiplano de Zacatecas son: virus del mosaico del tabaco, virus del mosaico del pepino y virus del jaspeado del tabaco (Velásquez *et al.*, 2002). Los daños ocasionados por virus son mayores cuando es más joven la planta al momento de ser infestada.

Monitoreo. La detección temprana de la llegada de los pulgones adultos (alados) transmisores de los virus, es el eje central del monitoreo, si se quiere prevenir los daños por virus en Chile (Sorensen *et al.*, 1997). Los adultos alados se pueden atrapar en trampas amarillas pegajosas (pegamento Biotac® por ejemplo), o bien en sartenes con su interior pintado de color amarillo, de un diámetro de al menos 20 cm, llenos a la mitad de agua, con un poco de jabón (Kranz *et al.*, 1982).

Si se quiere monitorear la densidad poblacional del pulgón verde del durazno en Chile, se debe de revisar la parte inferior de cuatro hojas por planta, y revisar 25 plantas escogidas al azar en todo el lote; el umbral que justifica el control de esta plaga para prevenir daños por alimentación es de 10 pulgones en promedio por hoja (Hazzard, 1997; Sorensen *et al.*, 1997).

Manejo. El problema a controlar son los virus que transmiten los pulgones, por lo que todas las acciones deben de estar dirigidas a: 1) disminuir la cantidad de reservorios de virus a finales del invierno (identificar y destruir plantas hospederas que sirven de refugio para los pulgones durante el invierno, además de estar infestadas con los virus que afectan al Chile) y 2) retrasar, lo más posible, el momento en que los pulgones infesten con virus a las plantas de Chile. Se debe tener en mente que el uso de insecticidas no evita que los pulgones transmitan los virus, ya que requieren tan solo 8 a 15 segundos

para infestar una planta (Hazzard, 1997), el insecticida no los mata en ese tiempo, y unos cuantos pulgones pueden infestar un gran numero de plantas.

Como los pulgones van a llegar volando hacia el cultivo de chile, el uso de plásticos plateados repele a estos insectos, y por tanto, evitan que se posen y alimenten de las plantas de chile (Hazzard, 1997; Sorensen *et al.*, 1997). Los plásticos deben de colocarse al momento de la plantación de los chiles; el efecto repelente del plástico es solo durante las primeras cuatro semanas, después, se pierde su impacto porque al crecer las plantas van bloqueando el reflejo del plástico.

Otra opción es tener un cultivo trampa (maíz, cereales, sorgo, girasol) que esté bien desarrollado para cuando se planten los chiles, con el fin de que sea mas atractivo que las pequeñas plantas de chile para los pulgones; el objetivo es que estos insectos “prueban” el cultivo trampa antes de volar hacia otro lugar, y con ello se logra desinfectar los estiletes de las partículas de virus que tengan. Se debe evitar fertilizar en exceso el cultivo, especialmente con nitrógeno, ya que esto favorece el desarrollo poblacional de *A. gossypii* (Kranz *et al.*, 1982).

También se pueden aplicar aceites ligeros (Sorensen *et al.*, 1997) (Saf-T-side® por ejemplo), tratando de cubrir lo mejor posible el follaje (el aceite sirve para limpiar los virus del estilete del pulgón); el funcionamiento de esta táctica es tener siempre el follaje protegido con una capa fina de aceite, por lo que un cultivo que este en constante crecimiento requiere de varias aplicaciones para proteger los tejidos nuevos que va formando la planta.

En caso de que se decida utilizar un insecticida, la mejor opción son los de tipo sistémico aplicados al suelo, como el carbofuran, los cuales pueden reducir las poblaciones de pulgones por dos a tres semanas (Sorensen *et al.*, 1997).

PULGA SALTONA, *Epitrix cucumeris* (Harris)

La pulga saltona es un insecto que se presenta año con año en las plantaciones de chile en el altiplano zacatecano; la mayoría de las veces no ocasiona daños de importancia económica. Sin embargo, los productores de Zacatecas hacen al menos una o dos aplicaciones de insecticidas cada temporada para su control.

Descripción. El adulto es un escarabajo pequeño (1.7 mm X 1.0 mm), de color negro, con las patas y las antenas de color café; la forma del cuerpo tiende a ser mas oval, y se caracteriza por tener los fémures de las patas posteriores grandemente hinchados, los cuales le sirven para brincar cuando es disturbado, de ahí su nombre de pulga saltona (Figura 6.4). Ponen sus huevos de manera dispersa en el suelo, bajo las plantas; la larva es blanca, con la cabeza café, alargada, delgada, generalmente pasa por tres instares y mide de 4 a 5mm (Sorensen, 1995).

Aspectos clave de su biología y ecología. La pulga saltona del chile inverna como adulto en el suelo, protegida con los residuos de plantas, hojarasca, pastos y basura cerca de los campos de cultivo, a lo largo de los cercos, los arbustos y árboles de los alrededores; se han colectado hasta dos millones de pulgas saltonas invernantes por hectárea (140 a 250 insectos por m²) (Anónimo, 2001). Se estima que esta especie de pulga saltona tiene dos o tres generaciones por año, dependiendo de las condiciones climáticas.

Los adultos inician su actividad a principios de la primavera cuando las temperaturas alcanzan los 10°C (Delahaut, 2001); tan pronto como se plantan sus hospederas preferidas, y la temperatura es mayor de 14°C, emigran hacia ellas. La pulga saltona es particularmente activa en días cálidos, soleados y sin viento; son mas activas con temperaturas mayores de 18°C y sin viento (Anónimo, 2001; Ellis, 1997). Algunas de las malezas sobre las que se alimenta *E. cucumeris* son: la correhuela (*Ipomoea spp*), el toloache (*Datura stramonium*) y quelite cenizo (*Chenopodium album*). Los adultos pueden alimentarse por un período de dos meses (Sorensen, 1995).

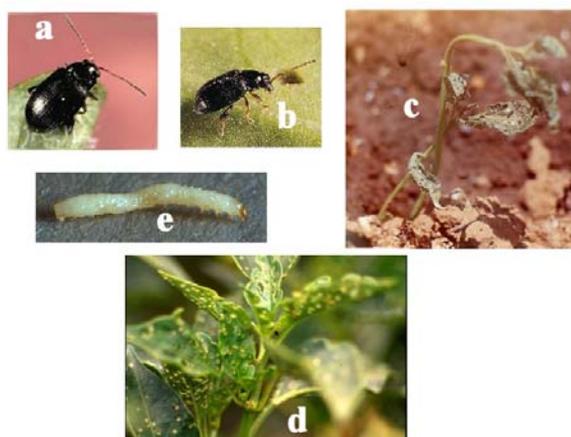


Figura 6.4. Pulga saltona del chile: adultos (a y b), planta marchita por daño (c), daño reciente en follaje (d), larva (e).

Un ataque fuerte de los adultos de pulga saltona resultará en plantas marchitas o achaparradas, especialmente si el ataque ocurre durante, o a los pocos días de

trasplantado el cultivo. Las plántulas que provienen de almácigos a suelo desnudo, o bien cuando se utiliza una sola planta por mata (semillas híbridas), toleran menos el daño por pulga saltona.

Las larvas de la pulga saltona se alimentan de las raíces de las plantas de chile, y ese daño se considera que no afecta el rendimiento, aunque hay reportes de que en crucíferas reducen en un 5% el rendimiento (Anónimo, 2001). Sin embargo, las heridas que hacen esas larvas pueden ser un punto importante de entrada para el complejo de hongos que causan la marchites del chile, lo que refuerza la necesidad de estudiar esta posible conexión.

Monitoreo. Hay que tener en cuenta que estos insectos plaga invaden el cultivo desde las orillas y lugares cercanos al mismo, por lo que el daño se observa primero en la maleza de los alrededores, de ahí la importancia de localizar los sitios donde pasan el invierno los adultos, así como identificar la maleza de la que se alimentan.

Debido a que los adultos de esta plaga pueden localizar, atacar y dañar rápidamente sus plantas hospederas (Anónimo, 2001), los lotes recién trasplantados deben revisarse al menos dos veces por semana para buscar estos insectos (Delahaut, 2001); este monitoreo se debe continuar hasta que las plantas estén bien establecidas (tres a cuatro semanas después del trasplante). También es posible utilizar trampas amarillas pegajosas (25 X 15 cm), colocando al menos cuatro trampas por lote, separadas a 3 m de las orillas y a una altura de 10 a 20 cm (Ellis, 1997).

Manejo Aunque la mayoría de los cultivos hortícolas pueden tolerar 20% a 30% de defoliación, el ataque de pulga saltona puede ocasionar retraso en el desarrollo fenológico y un período de maduración irregular (Anónimo, 2001).

Establecer un cultivo trampa (rábano, por ejemplo), el cual debe estar en campo 7 a 14 días antes de plantar los chiles; los rábanos se deben plantar o sembrar en las orillas del lote, en una superficie equivalente al 1% del lote a establecer con chile. Los adultos de

pulga saltona se concentran en el cultivo trampa, donde pueden controlarse con algún insecticida (Hines y Hutchinson, 2002).

La rotación de cultivos no es un medio efectivo para controlar pulga saltona, ya que los adultos invernan tanto dentro como fuera de las áreas cultivadas y son capaces de migrar por grandes distancias (Anónimo, 2001). Sin embargo, cuando año con año se planta un cultivo susceptible, las poblaciones de pulga saltona tienden a incrementarse, y por tanto, se debe rotar de cultivo (Foster y Edwards, 2004).

Aunque no se tiene definido un umbral económico para decidir aplicar o no contra este insecto, existen reportes para otros cultivos donde las pérdidas en rendimiento comienzan cuando la defoliación es mayor a un 10% (English, 2004). Los adultos de pulga saltona son fáciles de eliminar con insecticidas, aunque puede requerirse más de una aplicación. Si las poblaciones de este insecto son más abundantes en las orillas del cultivo, la aspersión de insecticida se puede dirigir a esos lugares (Hines y Hutchinson, 2002), con el consecuente ahorro de producto, dinero, tiempo y esfuerzo. Algunos insecticidas que se pueden utilizar para controlar este insecto plaga similares a los sugeridos para el picudo del chile al inicio de este capítulo.

LA PARATRIOZA, PULGÓN SALTADOR Ó PSÍLIDO DE LA PAPA, *Bactericera (Paratrioza) cockerelli* Sulc

Este es un insecto plaga que durante los últimos años ha incrementado sus poblaciones en las plantaciones de chile en Zacatecas. Debido a que ha ocasionado pérdidas de gran magnitud en cultivos como tomate, tanto en el Estado como en otras zonas productoras del país, la Paratrioza es considerada como una plaga primaria, a la cual se le aplican grandes cantidades de insecticidas para su control.

Descripción. El psílido de la papa pasa por tres estados de desarrollo: huevo, ninfa y adulto. Los huevos son pequeños, tienen la forma de un balón de fútbol americano, de color amarillo a naranja, que están suspendidos individualmente de filamentos delgados y generalmente a lo largo de los márgenes de la hoja (Figura 6.5). Las ninfas son aplanadas, algo parecidas a una escama, con un fleco de pelos alrededor de toda la orilla del cuerpo; las ninfas jóvenes son de color café claro y se vuelven verdes a medida que crecen;

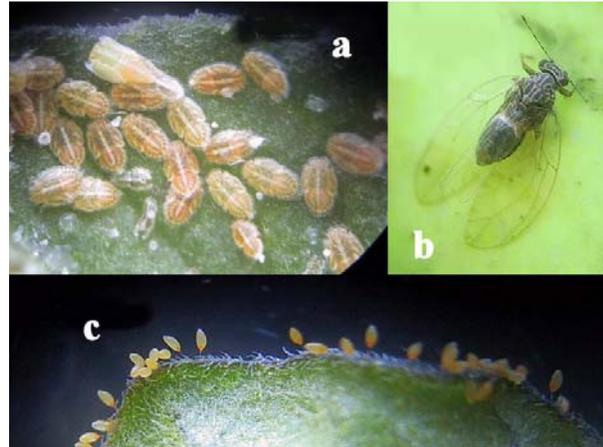


Figura 6.5. Ciclo de vida de la Paratrioza: ninfas (a), adulto (b), huevos sobre los márgenes de una hoja (c).

mudan cuatro veces. Los adultos recién emergidos son de color verde por un día o dos, antes de volverse mas oscuros, tienen una franja paralela blanca sobre el primer segmento abdominal y otra marca en forma de Y invertida blanca cerca de la orilla del abdomen; miden unos 3 mm de largo, tienen los fémures de las patas posteriores agrandados, lo que les permite saltar cuando son molestados; se les conoce también como “pulgones saltadores”, por tener una apariencia similar a los pulgones.

Aspectos clave de su biología y ecología. Poblaciones de campo de la Paratrioza son particularmente abundantes después de inviernos con poco frío y ambiente fresco (Drees y Jackman, 1999). El tiempo promedio requerido para el desarrollo de una generación (desde el huevo hasta el adulto) es de 15 a 30 días; la temperatura óptima de desarrollo es de 27°C, en tanto que debajo de 15°C, ó arriba de 32°C se afecta negativamente el desarrollo y la sobrevivencia de los psílidos (Ferguson, 2003). Una hembra deposita unos 500 huevos en 21 días, que es lo que dura en promedio su período de oviposición (Ferguson, 2003). Puede haber de cuatro a siete generaciones por año, con un traslape entre ellas (Hall *et al.*, 1998).

Hay dos tipos de daños que causa la Paratrioza: el toxinífero o directo y el indirecto como transmisor de un fitoplasma (organismo similar a un virus) (Garzón, 2002), ambos ocasionados por las ninfas de este insecto. En lo que respecta al primer tipo de daño, éste ocurre cuando se alimentan las ninfas, las cuales inyectan una toxina que ocasiona una condición fisiológica conocida como “amarillamiento del psílido” en los cultivos de papa y tomate. Además, las pérdidas ocasionadas por las ninfas en tomate pueden incrementarse grandemente si estos insectos le transmiten un fitoplasma (Garzón, 2002). El efecto de Paratrioza en chiles se considera menos dañino, ya que hasta el momento no se ha definido que las ninfas transmitan un fitoplasma (Ferguson, 2003), pero el chile es una de las hospederas ideales donde Paratrioza incrementa grandemente sus poblaciones (Mena, 2005a). Las ninfas se encuentran en el envés de las hojas inferiores de las plantas; excretan una sustancia blanca que parece azúcar o sal, la cual se acumula sobre las hojas que están debajo de donde se alimentan.

Esta especie de psílido se alimenta de la papa, el tomate, la berenjena, chile y tomatillo, además de plantas silvestres como el quelite cenizo (*Chenopodium*), la enredadera (*Convolvulus spp*), el quelite (*Amaranthus spp*), la malva (*Malva spp*), el trompillo (*Solanum nigrum*) y algunos tomatillos silvestres (Drees y Jackman, 1999; Ferguson, 2003).

Monitoreo. Es importante monitorear los psílicos antes de iniciar cualquier medida de control, ya que sus infestaciones son esporádicas. Los muestreos al inicio de la temporada de cultivo se deben concentrar en las hojas inferiores de las plantas o de la maleza relacionada a la familia Solanaceae que crece en los alrededores. Primeramente, se debe detectar la llegada de los adultos utilizando el esquema de monitoreo descrito para los pulgones. Una vez detectados los adultos, se debe hacer un muestreo mas intensivo para las ninfas de los psílicos, a través de cortar 50 hojas al azar en todo el lote, las cuales se obtienen de la parte media de la planta revisada (Nava, 2002).

Manejo. Existen dos fuentes importantes de una infestación con Paratrioza: 1) las poblaciones que se generan dentro del cultivo (huevos, ninfas y adultos), y 2) los adultos que llegan al chilar procedente de otros campos cultivados. El manejo de la Paratrioza

requiere que se consideren ambas fuentes de contaminación, ya que en la mayoría de las veces la fuente más importante de incremento poblacional de Paratrioza son los adultos que provienen del exterior.

La aplicación de insecticidas foliares es una opción de control para las poblaciones que se generan dentro del cultivo de chile, pero requiere que se tenga un buen cubrimiento de la aspersión, que penetre el follaje, y sobretodo, que se deposite en el envés de la hoja, que es donde están presentes las ninfas de este insecto plaga. Aunque la mayoría de los insecticidas que controlan pulgones, también eliminan los psílicos, existen algunos productos piretroides y quizás de otro tipo, los cuales pueden eliminar una parte de la población, pero también hiperexcitan (hacen que se alimentan mas veces en menos tiempo) a las ninfas, lo que resultan en un daño mucho mayor, ya que la toxina que inyecta la ninfa se incrementa grandemente en la planta. Se sugiere iniciar las aplicaciones con productos de acción más suave como aceites ligeros, jabones y extractos de plantas, llevar un monitoreo de las poblaciones de Paratrioza, y evitar querer tener cero insectos presentes. Otra opción es aplicar un insecticida al suelo (imidacloprid, thiametoxan), lo que permite tener control de las poblaciones de Paratrioza durante las primeras semanas de desarrollo del cultivo (Wright *et al.*, 2003). Sin embargo, este método de control se debe utilizar solo en campos de chile donde se sabe que la mayoría de los años se tienen problemas con los psílicos.

Aplicaciones de terramicina destruyen el fitoplasma que transmiten los psílicos, se aplica a una dosis de 200 partes por millón, cada cinco días a partir de cuando aparecen los primeros síntomas de daño ó se observen las primeras ninfas en las plantas (García y Flores, 2002).

Una de las mejores opciones para el manejo de las poblaciones de Paratrioza que provienen del exterior, es la colocación de barreras de plástico amarillo pegajoso alrededor del cultivo, o si se conoce, en la dirección de donde está llegando la mayor población de Paratrioza, lo cual se puede determinar con la colocación de trampas amarillas pegajosas de cartón, en cada una de las orillas del chilar, colocadas fuera del área cultivada.

GUSANO SOLDADO DEL BETABEL, *Spodoptera exigua* (Hübner)

El gusano soldado es una plaga de importancia económica en el altiplano zacatecano ocasionalmente (Figura 6.6). El daño es ocasionado por la larva al alimentarse principalmente del follaje, aunque también del fruto (Sorensen, 1996), y debido a que puede presentarse en altas poblaciones, cuando se descuida su control, puede defoliar totalmente al cultivo en una o dos semanas.

Descripción La hembra pone sus huevos sobre la superficie de las hojas, en masas de dos o tres capas, que tienen de 80 a 100 huevos, los cuales son cubiertos por escamas de la hembra (Cole y Jackman, 1991).



Figura 6.6. Gusano soldado el betabel: adulto (a), masa de huevos (b), grupo de larvas alimentándose (c), daños en follaje del chile (d), acercamiento a la parte anterior de una larva (e).

Las larvas son de color verde claro con varias bandas longitudinales de color claro y una franja mas ancha a lo largo del cuerpo, ellas casi siempre tienen una mancha de color oscuro arriba del segundo par de patas verdaderas (Huffman *et al.*, 1996; Sorensen *et al.*, 1997). Los adultos son

palomillas de hábitos nocturnos de color grisáceo, que miden de 1.5 a 2.0 cm de longitud y tienen un extensión alar de 2.5 cm; cerca del centro de las alas anteriores, a la altura del margen costal tienen una mancha casi circular de color herrumbre y con una segunda mancha arriñonada más pequeña, ubicada más abajo, y en los bordes de las alas existe dos bandas transversales, en zigzag, también de color claro (Kranz *et al.*, 1982).

Aspectos clave de su biología y ecología. Una hembra puede depositar de 500 a 600 huevos en un período de 3 a 7 días, y los adultos son capaces de volar más de 150 km en una sola noche (Huffman *et al.*, 1996). El ciclo de huevo a adulto se completa en 490 unidades calor para las hembras y 543 para los machos, calculadas sobre la base mínima umbral de 12.2°C. Se requieren 52.2, 261.1 y 176.7 unidades calor para que se complete las fases de huevo, larva y pupa de las hembras, respectivamente (Hogg y Gutiérrez,

1980). El ciclo biológico normalmente se completa en un mes durante el verano, y puede tener en promedio cinco generaciones por año. Los cultivos que ataca incluyen brócoli, betabel, frijol, repollo, zanahoria, maíz, algodón, lechuga, cebolla, sorgo, chícharo, chile, papa, soya, espinaca, camote, tomate, rosal y crisantemo, entre otros (Mau y Kessing, 1991), además de las especies de maleza *Chenopodium*, *Portulaca*, *Convolvulus*, *Sida* y *Amaranthus* (Kranz *et al.*, 1982).

Un aspecto importante en el manejo del gusano soldado del betabel es que una vez que la fase de larva mide 1.5 cm o más de longitud, es muy difícil su control con insecticidas, ya que tiene una gran capacidad de tolerancia a los mismos (Bessin, 1990).

Monitoreo. El manejo adecuado del gusano del fruto requiere monitorear la actividad de los adultos junto con el muestreo de sus huevos en campo; se debe evitar tomar decisiones de control en base a presencia de plantas defoliadas en campo, ya que normalmente para entonces se tiene un daño considerable y es muy difícil su control con insecticidas. Se sugiere seguir el mismo esquema de monitoreo propuesto anteriormente para el gusano del fruto. Sin embargo, en el caso del gusano soldado, el monitoreo con trampas no siempre se correlaciona bien con la actividad de *S. exigua* en campo (Huffman *et al.*, 1996).

Manejo. La destrucción de las larvas pequeñas (menores de 1.5 cm de largo) o de preferencia recién nacidas, es la base de la estrategia para manejar este insecto plaga.

Si se recurre al uso de insecticidas, estos deben de aplicarse a las 52 unidades calor después del pico poblacional de los adultos. Los insecticidas que se pueden utilizar para el control del gusano soldado del betabel son similares a los sugeridos anteriormente para el control del picudo del chile; sin embargo, debe tomarse en cuenta que este insecto tiene un alto grado de resistencia a los insecticidas (Sorensen *et al.*, 1997). El insecticida Bt también controla esta plaga (especialmente la cepa azaiwi, Xen tari®), pero debe aplicarse cuando los gusanos son pequeños (primeros dos instares) y tener un buen cubrimiento de la aspersion.

LITERATURA CITADA

- Anónimo. 2001. "Flea beetle management for canola, rapeseed & mustard in the Northern Great Plains". <http://www.gov.mb.ca/agriculture/crops/insects/fad52s00.html> (Apr. 2001).
- Andrews, K. L.; A. Rueda; G. Gandini; S. Evans; A. Arango and M. Avedillo. 1986. A supervised control program for the pepper weevil, *Anthonomus eugenii* Cano, in Honduras, Central America. *Trop. Pest Management*. 32 (1): 1-4.
- Bessin, R. 1990. Beet armyworm in Kentucky. Entomology Department, University of Kentucky, EntFact-308.
- Bishop, G. W.; G. D. Kleinschmidt; K. W. Knutson; A. R. Moseley; R. E. Thornton and R. E. Voss. 1986. Integrated pest management for potatoes in the western United States. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 3316. pp 44-51.
- Burke, H. R. and R. E. Woodruff. 1980. The pepper weevil (*Anthonomus eugenii* Cano) in Florida (Coleoptera: Curculionidae). Fla. Dept. Agric. and Consumer Serv., Entomol. Circular No. 219.
- Capinera, J. L. "Pepper weevil, *Anthonomus eugenii* Cano (Insecta: Coleoptera: Curculionidae): life cycle and description, host plants, damage, natural enemies and management." University of Florida. http://creatures.ifas.ufl.edu/veg/beetle/pepper_weevil.htm (Nov. 2002).
- Cartwright, B. T.; T. G. Teague; L. D. Chandler; J. V. Edelson and G. Bentsen. 1990. An action threshold for management of the pepper weevil (Coleoptera: Curculionidae) on bell peppers. *J. Econ. Entomol.* 83(5): 1499-1502.
- CATIE. 1993. Guía para el manejo integrado de plagas del cultivo de chile dulce. Informe Técnico No. 201. Turrialba, Costa Rica. pp 49-76.
- Cole, C. L. and J. A. Jackman. "Insects in vegetables". Texas Agric. Ext. Serv. <http://entowww.tamu.edu/extension/bulletins/b-1273.html> (Oct., 1991).
- Davidson, R. H. and W. F. Lyon. 1979. *Insect pests of farm, garden & orchard*. Wiley, New York, 7ed. pp. 147-149.
- Delahaut, K. A. 2001. Flea beetles. University of Wisconsin – Extension, booklet A3720-E, 2 p.

-
- Drees, B. M. and J. Jackman. 1999, Field guide to Texas Insects. Gulf Publishing Co, Houston, Texas.
- DuBois, F. A. and J. Witte. "NMDA Alerting chile growers of plowdown deadline". New Mexico Department of Agriculture, <http://nmdaweb.nmsu.edu/NEWS/2002/chiliplow.html> (Jan., 2002).
- Ellis, Roy. "Integrated pest management on zero till fields: flea beetles". <http://www.mandakzerotill.org/i05b.html> (Nov. 1993).
- Elmore, J. C.; A. C. Davis and R. E. Campbell. 1934. The Pepper Weevil. Washington D. C. United States Department of Agriculture, No. 447. 28 pp.
- English, L. M. and B. Lewis. "Economic insects of chile, guide H.243". New Mexico State University. http://www.cahe.nmsu.edu/pubs/_h/h-243.html (Mar. 1999).
- Ferguson, G. "Potato psyllid – a new pest in greenhouse tomatoes and peppers". http://www.gov.on.ca/OMAFRA/english/crops/facts/potato_psyllid.htm (Aug. 2003).
- Foster, R. E. and C. R. Edwards. 2003. Flea beetles. Department of Entomology, Purdue University, Publication E-74, 5p.
- García, J. y A. Flores. 2002. Potato purple top. Pfizer, México, Nov-2002. 2 p.
- Garzón T., J. A. 2002. El pulgón saltador o la Paratrioza, una amenaza para la horticultura de Sinaloa. Memoria del primer taller sobre *Paratrioza cockerelli* Sulc., Culiacán, Sinaloa, 25 y 26 de junio de 2002. pp. 9-12.
- Hall, K. D.; R. L. Holloway and D. T. Smith. 1998. Texas crop profile: potatoes. Texas Agricultural Extension Service. E-19: 14p.
- Hartstack, A. W.; J. P. Hollingsworth; R. L. Ridgeway and J. D. López. 1975. MOTHZV-2: a computer simulation of *Heliothis zea* and *virescens* population dynamics. User's Manual. 1976, USDA, ARS-S-127.
- Hazzard, R. "Insect management in peppers" University of Massachusetts. <http://www.umass.edu/umext/programs/agro/vegsmfr/Articles/Insectmgt2.htm> (Oct. 1997).
- Hines, R. L. and D. L. Hutchinson. "Flea beetles". Department of Entomology, University of Minnesota. <http://vegedge.umn.edu/vegpest/colecrop/flea.htm> (Jun., 2002).

-
- Hogg, D. B. and A. P. Gutiérrez. 1980. A model of the flight phenology of the beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) in central California. *Hilgardia*: 48: 1-36.
- Huffman, R.; T. Fuchs; J. Benedict; R. Parker; S. Sparks; J. Norman; J. Leser; A. Knutson; R. Minzenmayer and R. Frisbie. "Guidelines for the beet armyworm on cotton". Texas Agric. Ext. Serv. <http://entowww.tamu.edu/extension/bulletins/baw96.html> (Apr., 1996).
- Kranz, J.; H. Schmutterer y W. Koch. 1982. Enfermedades, plagas y malezas de los cultivos tropicales. Verlag Paul Parey, Berlin. pp. 351, 357, 525, 534-535.
- Kersting, U.; S. Satar and N. Uygum. 1999. Effect of temperature on development rate and fecundity of apterus *Aphis gossypii* Glover (Hom., Aphididae) reared on *Gossypium hirsutum* L. *J. Applied Entomol.* 123 (1): 23-27.
- Mau, Ronald F. L. and J. L. Martin Kessing. "*Helicoverpa zea* (Boddie)". University of Hawaii Extension Service. <http://www.extento.hawaii.edu/kbase/crop/Type/helicove.htm> (May, 1992).
- Mau, Ronald F. L. and J. L. Martin Kessing. "*Anthonomus emigratella* (Busck)". University of Hawaii. <http://www.extento.hawaii.edu/kbase/crop/Type/anthonom.htm> (Nov. 1994).
- Mena-Covarrubias, J. 2001a. Manual para hacer liberaciones de *Chrysopa* contra insectos plaga. INIFAP, Campo Experimental Zacatecas, Calera, Zacatecas. Publicación especial # 12. 28 p.
- Mena-Covarrubias, J. 2001b. Manual para el control de plagas mediante la avispa parasitoide *Trichogramma*. INIFAP, Campo Experimental Zacatecas, Calera, Zacatecas. Publicación especial # 13. 38 p.
- Mena-Covarrubias, J. 2001c. Problemática y alternativas de solución para realizar un mejor control de plagas en duraznero. In G. Perez S, M.P González y M. Quintos E. (eds). Tópicos de fitosanidad del cultivo de duraznero en la región Durango – Zacatecas. IPN unidad CIIDIR Durango, Dgo., pp. 17-21.
- Mena-Covarrubias, J. 2005a. Bioecología de insectos chupadores en chile y tomate en Zacatecas. In A.G. Bravo-Lozano, O. Pozo-Campodónico y L.H. Hernández-Arrese (eds). Second World Pepper Convention 2005, Zacatecas, Zac., Mexico 14 al 16 de agosto del 2005. pp. 85-86.

- Mena-Covarrubias, J. 2005b. Rastreo del gusano del betabel, *Spodoptera exigua*, y del gusano del fruto, *Heliothis zea* (Lepidoptera: Noctuidae). In A.G. Bravo-Lozano, O. Pozo-Campodónico y L.H. Hernández-Arrese (eds). Second World Pepper Convention 2005, Zacatecas, Zac., Mexico 14 al 16 de agosto del 2005. pp. 101-106.
- Nava, C. U. 2002. Muestreo, monitoreo y umbrales económicos del psílido del tomate, *Bactericera cockerelli* (Sulc.). Memoria del primer taller sobre *Paratrioza cockerelli* Sulc., Culiacán, Sinaloa, 25 y 26 de junio de 2002. pp. 57-77.
- Nielsen, G. R. "EL 78 Pepper pests". The University of Vermont Extensión. <http://www.uvm.edu/extension/publications/el/el78.htm> (Jan., 1997).
- Patrock, R. J. and D. J. Schuster. 1987. Field survey for the pepper weevil, *Anthonomus eugenii*, on nightshade. Florida State Horticultural Society Proceedings Annual Meeting. 100: 217-220.
- Riley, D. G. and D. J. Schuster. 1994. Pepper weevil adult response to colored sticky traps in pepper fields. Southwestern Entomolo. 19: 93-107.
- Riley, D. G. and A. N. Sparks. "The pepper weevil and its management". Texas Agricultural Extension Service, <http://insects.tamu.edu/extension/bulletins/1-5069.html> (March, 1995).
- Riley, D. G.; D. J. Schuster and C. S. Barfield. 1992a. Sampling and dispersion of pepper weevil (Coleoptera: Curculionidae) adults. Environ. Entomol. 21:1013-1021.
- Riley, D. G.; D. J. Schuster and C. S. Barfield. 1992b. Refined action threshold for pepper weevil adults (Coleoptera: Curculionidae) in bell peppers. J. Econ. Entomol. 85:1919-1925.
- Rodríguez, L. E.; J. L. Leyva; V. Gómez; N. M. Bárcenas and G. W. Elzen. 2000. Biology of *Catolaccus hunteri* (Hymenoptera: Pteromalidae), parasitoid of pepper weevil and boll weevil. Ann. Entomol. Soc. Am. 93: 862-868.
- Sagarra-Carmona, A. and A. Pantoja. 1988. Evaluation of relative sampling methods for population estimation of the pepper weevil, *Anthonomus eugenii* Cano (Coleoptera: Curculionidae). J. Agric. Univ. Puerto Rico 72 (3): 387-393.
- Sorensen, K. A. "Fleabeetles on vegetables". North Carolina State University. <http://www.ces.ncsu.edu/depts/ent/notes/Vegetables/veg27.html> (Apr. 1995).

-
- Sorensen, K. A. "Pepper worms and their management". North Carolina State University. <http://www.ces.ncsu.edu/depts/ent/notes/Vegetables/veg030e/veg030e.htm> (May 1996).
- Sorensen, K. A.; Ch. W. Averre and N. Leidy. "Know and manage pepper insects" NCSU. <http://ipmwww.ncsu.edu/vegetables/pamphlets/peppers/peppers.html> (Jan. 1997).
- Toapanta, M. A. 2001. Life history of the pepper weevil, *Anthonomus eugenii* Cano. The ESA 2001 Annual Meeting – 2001: An Entomological Odyssey of ESA, San Diego, California, December 9-12th, 2001., paper 3938.
- Velásquez, V. R.; M. M. Medina y J. Mena C. 2002. Guía para identificar y manejar las principales enfermedades parasitarias del chile en Aguascalientes y Zacatecas. Campo Experimental Pabellón, CIRNOC, Folleto técnico # 20, 41p.
- Whalon, M. E. "The data base of arthropods resistant to pesticides". Michigan State University. http://www.cips.msu.edu/resistance/rmdb/code/profile_a.php?1=1&arthropodid=42 (Feb., 2004)
- Whalon, M. E. and M. E. Smilowitz. 1979. Temperature-dependent model for predicting field populations of green peach aphid, *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae). Can. Entomol. 111: 1025-1032.
- Wright, R.; G. Hein; W. Wyatt and A. Pavista. 2003. Biology and management of potato insects. Nebraska Cooperative Extension. EC02-1565: 16p.

CAPÍTULO 7

MANEJO INTEGRADO DE ENFERMEDADES

Dr. Rodolfo Velásquez Valle
Programa Fitopatología
Campo Experimental Pabellón-INIFAP

Biol. Ma. Mercedes Medina Aguilar
Laboratorio de Investigación y Diagnóstico Fitopatológico
Campo Experimental Pabellón-INIFAP

Durante la fase de almácigo, a lo largo del proceso de producción y frecuentemente después de la cosecha, el cultivo de chile se ve afectado por diferentes patógenos, cuya acción reduce la población de plantas, abate el potencial productivo de las plantas sobrevivientes y afecta directamente la calidad y cantidad de la cosecha. Los patógenos más comunes, que causan enfermedades en las parcelas de chile en la región, son: hongos, bacterias, nematodos y virus, cuya incidencia y severidad cambia de un lugar a otro, así como entre ciclos de cultivo.

A continuación, se describe la sintomatología asociada con las principales enfermedades del cultivo de chile, se discuten aspectos relevantes de su ciclo de vida y sugieren algunas medidas de manejo integrado para su combate.

PUDRICIONES DE LA RAÍZ

Agentes causales. Esta es la enfermedad más importante del cultivo de chile en el Norte-Centro de México, donde puede provocar del 40 a 70% de mortandad en la población inicial de plantas. La sintomatología de la enfermedad, ha sido asociada con un grupo de organismos habitantes del suelo, entre los que destacan los siguientes hongos: *Rhizoctonia* spp, *Fusarium* spp, *Verticillium* spp, *Phytophthora* spp, *Pythium* spp, y *Sclerotium* spp (Velásquez *et al.*, 2000; Velásquez *et al.*, 2002), así como el nematodo *Meloidogyne incognita* (Velásquez y García, 2000; Velásquez-Valle, 2001).

En las raíces de las plantas afectadas, pueden encontrarse dos o más de estos organismos, aunque probablemente sólo uno de ellos sea responsable de la mayoría de

los síntomas observados, mientras que el otro u otros organismos, se desarrollan sobre el tejido muerto de la raíz, a causa del ataque del primer hongo.

Sintomatología. En los almácigos tradicionales, este grupo de hongos provoca la enfermedad conocida como "*damping-off*", "ahogamiento", "remolinos", etc., en la cual las plántulas de chile se marchitan, doblan y mueren rápidamente; esta enfermedad, se tratará posteriormente con mayor detalle.

Después del trasplante, el primer síntoma observable de esta enfermedad en la parte aérea de las plantas, es una ligera marchitez, así como un cambio en el color del follaje; la marchitez se acentúa al avanzar el día y aunque las plantas afectadas parecen recuperarse al inicio del día y al atardecer, finalmente muestran síntomas todo el tiempo (Figura 7.1).

Otro síntoma asociado con la pudrición de la raíz, es la pérdida de hojas o defoliación que se observa principalmente a lo largo del tallo principal y ramas, por lo que las plantas de chile afectadas conservan follaje, solamente en los puntos de crecimiento. Los hongos responsables de este síntoma, son: *P. capsici* y *Verticillium* spp, según lo mencionado por Goldberg (1995) y Black *et al.* (1991). La pérdida de hojas puede ser más severa en años cuando la presencia de cenicilla polvorienta (que también causa defoliación), sea más elevada (Velásquez *et al.*, 2001).



Figura 7.1. Planta de chile mostrando follaje "colgante".

El cambio, en la coloración del follaje, comprende desde una ligera clorosis al inicio de la enfermedad, hasta necrosis total o parcial de la lámina foliar. El hongo *F. oxysporum* f. sp. *capsici*, ha sido señalado por Black *et al* (1991), como responsable de este síntoma, aunque también *V. dahliae* provoca cambios en las hojas de plantas de chile (Bhat *et al.*, 2003).

Entre los síntomas observados en plantas con pudrición de la raíz se encuentra el rizado del follaje, que consiste en que la lámina foliar se doble hacia arriba. Esta característica se ha encontrado asociada a infecciones por *Verticillium* spp (Black *et al.*, 1991; Bhat *et al.*, 2003).

Las plantas afectadas por la enfermedad presentan: botones, flores y frutos; sin embargo, eventualmente algunos de estos órganos muestran daños, que evitan el desarrollo o maduración de los frutos; éstos daños consisten en lesiones de color café que rodean total o parcialmente el pedúnculo de botones, flores o frutos (especialmente de frutos jóvenes); estas lesiones, se localizan en la unión del pedúnculo con la planta, o inmediatamente antes del botón, flor o fruto, y provocan la caída de esos órganos. Adicionalmente, los frutos más jóvenes en plantas afectadas por la enfermedad, presentan falta de turgencia y con frecuencia toman una apariencia de letra "C", a la vez que detienen su desarrollo, toman una coloración rojiza y son abortados (Velásquez y Medina, 2003).

La infección de plantas de chile por *P. capsici* causa la maduración irregular (áreas verdes combinadas con zonas rojas) o prematura de frutos (CATIE, 1993) (Figura 7.2). En ocasiones, las plantas afectadas por pudrición de la raíz emiten rebrotes (de uno hasta cinco por planta), que a veces llegan a tener la misma altura que la planta madre y producir frutos (Velásquez y Medina, 2003).

Durante la temporada de lluvias, es frecuente observar una lesión de color verde pálido con figura de rombo en el ápice de las hojas, causada por *Phytophthora*.



Figura 7.2. Frutos mostrando maduración irregular.

Los síntomas subterráneos más comunes inducidos por los patógenos asociados con esta enfermedad, son la pudrición de la raíz principal, así como la necrosis de las raicillas secundarias (Figura 7.3). Es importante indicar, que este daño ocurre en la zona más activa para la emisión de raíces secundarias, probablemente las más importantes en la absorción de agua y nutrimentos (Velásquez y Medina 2003).



Figura 7.3. Raíces de chile con pudrición de la raíz principal.

Las raicillas secundarias pueden mostrar lesiones necróticas aisladas, frecuentemente en la zona de unión con la raíz principal, lo que impide parcialmente, el transporte de agua y nutrimentos a través de estos sitios.

Epidemiología. El exceso de agua en el suelo (debido a lluvia o riegos pesados), favorece la dispersión e incrementa la severidad de esta enfermedad, ya que proporciona una capa de agua, donde algunos de los responsables de la enfermedad se transportan rápidamente entre plantas y a través de los surcos o camas; por lo tanto, la enfermedad es más severa durante la temporada de lluvias, cuando se registran días nublados acompañados de temperaturas frescas en parcelas con suelos pesados, compactos y mal nivelados (con drenaje deficiente).

Como esta enfermedad aparece cuando existe alta humedad en el suelo, coincide generalmente con la época de floración y fructificación del cultivo. A partir del inicio de la fructificación, la expresión de los síntomas de la enfermedad se hace más notoria, después de que ocurre un periodo de alta humedad y temperaturas frescas, seguido por varios días con temperaturas elevadas, que exigen a las plantas enfermas un abastecimiento adicional de agua y nutrimentos, que sus raíces no podrán proporcionar por estar dañadas. Esto provoca que la planta muestre los síntomas típicos de la enfermedad (marchitez, clorosis, etc.) y muera en pocos días.

La larga persistencia y alta severidad de la enfermedad, es resultado entre otros factores, de algunas características de los hongos asociados con la enfermedad; *Rhizoctonia* spp, *Verticillium* spp y *Sclerotium* spp, son capaces de producir esclerocios, *Phytophthora* spp produce oosporas y *Fusarium* spp forma clamidosporas; todas ellas son estructuras de resistencia, que hace que estos hongos sobrevivan por largos periodos en el suelo, aún sin que se cultive chile. Otra característica de estos hongos, es que pueden afectar gran número de plantas cultivadas y silvestres, que dificultan las medidas de manejo; por ejemplo, los aislamientos de *Rhizoctonia* spp que afectan al chile, son capaces de infectar al frijol y viceversa (Velásquez-Valle y Medina-Aguilar, 2003).

Algunos de los hongos señalados en el párrafo anterior, son capaces de ser diseminados por medio de las semillas de chile y causar el damping-off en el almácigo o infectar plántulas que al ser trasplantadas, llevan la infección del almácigo a la parcela definitiva; sin embargo, el suelo constituye la reserva más importante de patógenos, cuya población puede incrementarse en las plantas de chile enfermas o muertas.

Manejo de la enfermedad. Las medidas sugeridas a continuación para el manejo de la enfermedad son de *carácter preventivo*, ya que actualmente, no se posee evidencia experimental regional, que avale el empleo de fungicidas que controlen eficientemente esta enfermedad; tampoco, se cuenta con variedades de los tipos de chile producidas regionalmente, que sean resistentes a la pudrición de la raíz; por lo anterior, el éxito en el manejo de esta enfermedad, será mayor si se aplican las prácticas sugeridas para prevenir o abatir la severidad de ésta, más que a controlarla, una vez que los síntomas aparecen en el campo (Velásquez *et al.*, 2002). Las sugerencias, se mencionan en seguida:

-Seleccionar parcelas, donde el chile no haya sido trasplantado en los últimos cuatro o cinco años.

-Evitar trasplantar chile, en parcelas donde otros cultivos, como: jitomate, calabaza, pepino o frijol, hayan tenido problemas severos de pudrición de la raíz. También, se puede fumigar el suelo de la cama antes del trasplante, para abatir la población de patógenos.

-Evitar el empleo de surcos de más de 100 m de longitud, donde es probable que el agua de riego o lluvia se encharque, debido a deficiencias en la nivelación del terreno.

Manejo del cultivo después del trasplante. Una vez establecido el cultivo de chile en el campo, el agua es el factor más importante en la presencia y severidad de la pudrición de la raíz; por lo anterior, las siguientes prácticas tienen como objetivo mantener las condiciones de humedad en el suelo, que permitan el desarrollo óptimo del cultivo y retrasen el avance de la enfermedad.

Después del trasplante, el manejo del agua de riego es de suma importancia, para evitar y reducir el ataque de pudriciones de la raíz. Es necesario recordar, que el exceso y deficiencia de humedad en el suelo son dañinos al cultivo; además, el cambio marcado de humedad, como el de un riego pesado después de que las plantas estuvieron en condiciones de escasa humedad, puede ser motivo para que la pudrición de la raíz inicie su desarrollo; por lo tanto, mantener un nivel de humedad constante a través del ciclo de cultivo, puede evitar o retrasar la aparición de la enfermedad.

El manejo eficiente del agua de riego incluye la aplicación de riegos terciados y ligeros durante la época de lluvias. Esta práctica ayuda a retrasar o reducir la incidencia de la enfermedad. Al aplicar el riego por cintilla, se puede abatir la incidencia de ésta, ya que se tiene mejor control de la lámina de riego aplicada al suelo.

Se debe tratar de que el agua de riego no toque el cuello de las plantas; la humedad debe llegar a la raíz por trasporo, pero nunca mojar el cuello de las mismas, ya que serían más susceptibles a la enfermedad.

Por otra parte, el uso de piletas significa que el terreno o la parcela tienen deficiente nivelación, por lo que siempre es mejor nivelar correctamente la parcela; si es necesario utilizar las piletas, se sugiere borrarlas después de regar en la temporada de lluvias. Se debe eliminar el exceso de agua que se acumule después de las lluvias fuertes, tan pronto como sea posible; lo anterior, se logra haciendo una "acequia" al final de los surcos, que recoja el exceso de agua y la saque fuera de la parcela.

La práctica de eliminar de la parcela las plantas con síntomas de la enfermedad, no es efectiva, por lo cual, no se sugiere su realización, en parcelas donde la mortalidad de plantas es elevada. En parcelas nuevas, o con escasa incidencia de la enfermedad; se

sugiere eliminar las plantas enfermas, tan pronto como se noten los primeros síntomas (plantas que muestren clorosis ligera y marchitez temporal), lo cual ayuda a reducir o mantener bajo el nivel de población de los hongos causantes de esta enfermedad; lo anterior, al no permitir que éstos se reproduzcan sobre los tejidos de la raíz.

Las plantas eliminadas, se deben retirar del suelo con la mayor cantidad posible de raíces secundarias, colocarlas inmediatamente en una bolsa y quemarlas fuera de la parcela. Las bolsas con plantas enfermas no se deben enterrar.

La práctica de "arrimar" tierra a los tallos de las plantas, incrementa el área del tallo que se expone a la infección por alguno de los hongos mencionados anteriormente, por lo que no se sugiere su realización.

Por lo general, los chiles anchos son más susceptibles a la pudrición de la raíz, por lo que no se sugiere su trasplante en parcelas donde la enfermedad ha sido severa en otros ciclos; también, otros tipos de chile como Mirasol o Pasilla, pueden tener pérdidas elevadas en este tipo de terrenos. Generalmente, los híbridos y variedades mejoradas de chile son susceptibles al ataque de esta enfermedad, por lo que para su cultivo, se deben emplear las medidas de manejo integrado mencionadas anteriormente.

AHOGAMIENTO DE LOS ALMÁCIGOS

En el almácigo, la enfermedad más importante es conocida como damping-off o ahogamiento (entre otras denominaciones); ésta es más común y severa en almácigos establecidos en suelo que no fue fumigado y donde se empleó semilla no tratada con algún fungicida. La severidad de la enfermedad se incrementa, cuando el método de siembra es al voleo y los riegos aplicados son pesados y frecuentes.

Agente causal. Los agentes fungosos responsables de esta enfermedad son los siguientes hongos: *Rhizoctonia* spp, *Fusarium* spp, *Phytophthora* spp, *Verticillium* spp y *Alternaria* spp. Entre los nematodos fitoparásitos encontrados en el suelo de los almácigos tradicionales de los estados de Aguascalientes y Zacatecas, se encuentran: *Aphelenchus* spp, *Aphelenchoides* spp y *Pratylenchus* spp; también, se han detectado quistes de *Heterodera*, spp.

Sintomatología. El ataque de esos patógenos puede impedir la germinación de la semilla o matar la plántula antes de que emerja del suelo, por lo que es posible observar manchones sin plántulas; una vez que la plántula emergió, el ataque de estos patógenos se nota en plántulas ligeramente cloróticas, que muestran las hojas cotiledonares dobladas y tiradas en el suelo del almácigo. Un examen del cuello de la planta, mostrará una lesión de aspecto acuoso, que estrangula el talluelo de las plántulas y que se extiende aproximadamente 1 cm por encima y debajo de la línea del suelo.

Las raíces de estas plántulas afectadas por la enfermedad, presentan poco desarrollo, toman coloración café y muestran pocas raicillas secundarias, que finalmente se necrosan. El daño ocasionado por esta enfermedad, puede ser confundido con el que provocan: la fertilización excesiva, la sequía y las altas y bajas temperaturas, entre otros; sin embargo, el daño por estos factores aparece primero en el follaje de las plántulas, antes de afectar las raíces. Probablemente, el daño causado por los nematodos mencionados previamente, sea la puerta de entrada a los hongos ya señalados.

Epidemiología. Los hongos que causan esta enfermedad, son habitantes nativos del suelo, que poseen estructuras de supervivencia, que les permite pasar largos periodos en el suelo, aún en ausencia de hospederos como el chile, o sobre materia orgánica en descomposición.

Se ha corroborado que la semilla de chile colectada en el estado de Zacatecas, es capaz de acarrear superficialmente hongos fitopatógenos, como: *Rhizoctonia* spp, *Fusarium* spp y *Alternaria* spp (Velásquez V., R. y Medina A., M. M., datos no publicados).

La enfermedad puede extenderse rápidamente en el almácigo, por medio del agua de riego que arrastra propágulos de los patógenos señalados, o restos de plantas infectadas que pasan de una cama infectada a una sana.

La mayoría de los almácigos en la región son sembrados al voleo, lo que eventualmente impide la rápida eliminación de los excesos de humedad, que favorecen la diseminación de la enfermedad. Ligado al método de siembra se encuentra el manejo del agua de riego, que tiende a ser excesivo y propicia la aparición y desarrollo de la enfermedad. Por otro lado, los excesos de fertilización nitrogenada favorece la infección de plántulas por estos patógenos (APS, 2003). Las plantas



Figura 7.4. Almacigo tradicional con manchón de plántulas enfermas.

afectadas pueden aparecer aisladas dentro del almacigo, pero lo más común, es que se formen manchones o lunares de plantas dañadas o muertas (Figura 7.4).

Manejo de la plántula en el almacigo y durante el trasplante. Es importante tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

-Para el establecimiento del almacigo, es recomendable utilizar semillas provenientes de plantas sanas con buenas características agronómicas (tamaño y forma del fruto, resistencia a enfermedades, etc.); la selección de las mismas, se debe llevar a cabo cuando aún permanezcan en el campo. Se debe evitar el empleo de semilla de "patio" o de origen desconocido, para el establecimiento de almácigos.

-Las medidas de manejo del *damping-off* más importantes, son: 1) la fumigación del suelo con algún fumigante, como el bromuro de metilo o Vapam, 2) solarización o por medio de vapor que mantenga la temperatura del suelo a por lo menos 71 °C como mínimo durante 30 minutos, y 3) la siembra de semilla tratada o "curada" con algún fungicida como el Captán (Legusán, Intercaptán, etc.), en dosis de 4 gr de producto comercial por kilogramo de semilla.

-Es recomendable que la semilla se someta a una prueba de germinación, a fin de ajustar la cantidad de semilla a sembrar en el almacigo. La semilla tratada y con alto

porcentaje de germinación, no se debe depositar muy profundo en el sustrato o suelo (APS, 2003).

-Si los almácigos se establecen en charolas, éstas deben ser nuevas o tratadas (antes de usarse nuevamente) con agua caliente o vapor, a la temperatura y tiempo mencionado anteriormente, o bien, colocándolas en una solución de hipoclorito de sodio al 10% por 30 minutos.

-Para evitar la dispersión de enfermedades dentro del almácigo, los trabajadores deben limpiar sus manos y herramientas, antes de manejar plantas sanas.

-El exceso de humedad y la siembra al voleo, favorece la aparición y desarrollo de la enfermedad, por lo que se recomienda la siembra del almácigo en surcos, ya que al ocurrir una acumulación excesiva de agua, permite abrir una pequeña zanja a lo largo de los mismos, para que escape el exceso de humedad.

-Al presentarse la enfermedad se sugiere suspender, hasta donde sea posible, el riego en las áreas afectadas, o aplicarlo más espaciado y ligero; esto debe ser suficiente para detener la enfermedad; para mayor seguridad, las plántulas alrededor del área afectada deben eliminarse, o no emplearse en el trasplante, aunque parezcan sanas.

-En caso de que se presenten más plantas enfermas o nuevos manchones, se sugiere enviar una muestra de las plantas enfermas a un laboratorio, para identificar el o los patógenos presentes y así definir el fungicida que será necesario aplicar para controlar la enfermedad; se puede aplicar un fungicida de amplio espectro como Captán, en dosis de 1 gr de material comercial por litro de agua; ésta solución se aplica directamente sobre el manchón de plántulas enfermas y sobre las sanas que se encuentren alrededor del manchón.

-Si el trasplante se realiza a raíz desnuda, en predios donde la enfermedad ha estado presente, se recomienda sumergir por un minuto las raíces de las plántulas en una mezcla de fungicidas como Captán (Captán) y Metalaxyl (Ridomil), a razón de 1 gr de cada fungicida por litro de agua; lo anterior, para prevenir o reducir la mortandad de plantas que la enfermedad puede provocar en las primeras etapas del cultivo.

NEMATODOS FORMADORES DE AGALLAS DE LAS RAÍCES

Agente causal. Recientemente, se ha detectado la presencia de nematodos (gusanos redondos de tamaño microscópico, no segmentados) formadores de agallas, bolas o nudos en las raíces de plantas de chile, cuyo agente causal ha sido identificado como *Meloidogyne incognita* o *Meloidogyne* spp (Velásquez, 2001; Velásquez y García, 2000; Velásquez-Valle, 2001). La importancia de este nematodo, radica en que produce heridas en las raíces de las plantas de chile, por las cuales penetran fácilmente algunos de los hongos que las atacan, además se impide la conducción normal de agua y nutrimentos de la raíz al resto de la planta.

Este nematodo puede ser un problema grave en los almácigos tradicionales de chile, que emplean suelo no esterilizado; lo anterior, debido a que su daño inicial podría no ser detectado en esta etapa, donde éstos, además de infectar y debilitar las plántulas, pueden utilizarlas como medio de transporte para infectar nuevas parcelas.

Sintomatología. Los síntomas foliares producidos por estos organismos, son similares a los que provocan otros patógenos que invaden las raíces de las plantas de chile, como son: amarillamiento del follaje, plantas de menor altura, marchitez durante los periodos con alta temperatura y escaso follaje; las plantas enfermas producen frutos pequeños y de poca calidad (Velásquez *et al.*, 2002).

Ocasionalmente, las plantas afectadas por nematodos parecen mostrar daño por



Figura 7.5. Raíz de chile con agallas causadas por *Meloidogyne*.

sales, viento o insectos (APS, 2003). Las raíces de las plantas afectadas son de menor tamaño y desarrollan pequeñas agallas o nudos (Black *et al.*, 1991).

Las agallas (Figura 7.5) son el resultado de la actividad de estos nematodos endoparásitos (que viven dentro de la raíz), las cuales inducen la formación de células gigantes, que son evidentes como agallas (APS, 2003); éstas, generalmente son más

pequeñas en las raíces de plantas de chile (de 2 a 8 mm), que en las de otros hospederos, como frijol o calabaza. Las agallas reducen la circulación del agua y nutrimentos de la raíz hacia el follaje, por lo que la planta afectada muestra los síntomas descritos previamente.

A nivel mundial, más de 2,000 especies de plantas pueden ser atacadas por este nematodo; en Zacatecas, se ha encontrado que otros cultivos como: girasol, frijol, calabaza y cebolla, pueden ser dañados por éste. Se ha confirmado, que el quelite (*Amaranthus graecizans*) es también hospedero de *Meloidogyne* spp; en el Valle de Aguascalientes, se determinó que este nematodo afecta al frijol y la alfalfa; en el Altiplano de San Luis Potosí, también se detectaron plantas intercaladas de chile tipo Mirasol y frijol, afectadas por *Meloidogyne* spp (Velásquez-Valle, 2001).

Epidemiología. Las diferentes poblaciones de este nematodo se especializan en causar daño a ciertos cultivos; esta especialización divide a las poblaciones del nematodo en razas; se sabe que las razas 1, 2, 3 y 4 de *M. incognita* atacan al chile (Black *et al.*, 1991).

Las áreas con mayor daño por nematodos formadores de agallas, son las que se localizan en terrenos predominantemente arenosos (con más del 50 % de arena); en suelos arcillosos, el tamaño de las agallas es menor y consecuentemente el daño disminuye (Goldberg, 1995). El desarrollo de estos nematodos, es favorecido por temperaturas del suelo entre 15 y 27 °C, las cuales normalmente se presentan en la región durante el periodo de crecimiento del cultivo.

Los nematodos se mueven lentamente en el suelo y pueden ser diseminados fácilmente por cualquier medio que lleve suelo contaminado con este nematodo, como: agua de riego, equipo agrícola, calzado, arpillas, costales y plántulas de chile.

El género *Meloidogyne* presenta dimorfismo sexual, es decir, la forma de los machos es diferente a la de las hembras; mientras que los machos son vermiformes, las hembras tienen forma de pera, de color blanco a crema. Las hembras depositan sus huevecillos en una matriz o bolsa gelatinosa, en la superficie o dentro de las agallas; al ser liberados en el suelo, los huevecillos pueden eclosionar (que la larva del nematodo

abandone el huevecillo) inmediatamente, o pasar el invierno en ese estado, hasta que las temperaturas del suelo se eleven durante la primavera.

Después de emerger del huevecillo, los nematodos jóvenes viven libres en el suelo, pero solo son infectivos en esta fase; las hembras, al infectar una raíz de chile u otro hospedero, introducen la cabeza en el tejido de la raíz y ahí permanecen adheridas el resto de sus vidas. El ciclo de vida de huevecillo a huevecillo, puede tomar de tres a cuatro semanas (APS, 2003; Goldberg, 1995).

Manejo de la enfermedad. Para evitar la diseminación de estos nematodos hacia parcelas no infestadas, se sugiere emplear suelo esterilizado en los almácigos de chile y la revisión minuciosa de las plántulas provenientes de almácigos tradicionales.

La rotación de cultivos previo a la producción de chile, puede ser una medida útil para suprimir las poblaciones de nematodos, en parcelas con antecedentes del patógeno; se sugiere emplear pastos y cereales en rotaciones de dos a tres años, para reducir significativamente la población de nematodos y los daños que éstos ocasionan; se debe tener cuidado de no incluir al sorgo para grano, ya que la raza 3 de *M. incognita* que afecta al chile, también puede atacar al sorgo para grano (APS, 2003). Además, en las parcelas donde se han encontrado estos organismos, no se debe sembrar o trasplantar cultivos susceptibles como: frijol, tomate, calabaza o girasol, debido a que éstos favorecen la reproducción de nematodos.

Es importante mencionar, que en Zacatecas se ha determinado la presencia de plantas de frijol afectadas por el falso nematodo agallador *Nacobbus aberrans* (Velásquez y González, 1991), que causa daño parecido a *M. incognita*; sin embargo, las diferencias entre las hembras de ambos géneros, solo pueden ser observadas en un laboratorio de fitopatología, por lo que se sugiere el envío de muestras de plantas de frijol con raíces agalladas, para identificar los géneros presentes y determinar las medidas de combate.

La exposición de las raíces agalladas a bajas o altas temperaturas, puede eliminar una parte de la población de nematodos, al deshidratar las hembras y masas de huevecillos expuestos; por lo anterior, se recomienda que las parcelas infestadas se barbechen, o por lo menos, se les de un paso de rastra, una vez terminada la cosecha, o

al principio del invierno. Esta práctica, se debe realizar en forma aislada del resto de la parcela o parcelas, para impedir que el paso de la maquinaria disemine los nematodos hacia áreas libres.

Debido a que los nematodos pueden ser diseminados por el agua de riego y equipo agrícola, se sugiere regar, fertilizar, desyerbar y cultivar por separado las áreas dentro de una parcela, donde se hayan encontrado plantas con raíces agalladas. Para evitar la dispersión de los nematodos (hacia áreas libres) por medio del equipo agrícola, se recomienda lavarlo con una solución de Vapam al 5% (Mezclar 5.0 lt de Vapam en 95 lt de agua); además, se debe restringir al máximo la circulación del equipo y personal, en áreas de la parcela, donde se ha detectado la presencia de plantas con raíces agalladas.

La práctica de controlar la maleza tiene un efecto positivo, no solo para el combate de otras plagas y enfermedades, sino que puede ayudar a reducir la población de nematodos en el suelo, ya que al ser eliminadas se evita que éstos se reproduzcan en ellas; también, se ayuda a que el programa de rotación de cultivos sea más efectivo. La maleza conocida como coquillo (*Cyperus* spp), permite el incremento de las poblaciones de este nematodo en chile y las protege de las aplicaciones de nematicidas (APS, 2003); como se indicó anteriormente, en la región una especie por lo menos de quelite es hospedera de estos nematodos.

Otra medida útil para reducir la población de nematodos es la siembra de cempasuchil (*Tagetes erecta*), el cual libera una sustancia repelente a los nematodos; los mejores resultados se obtienen cuando esta planta se siembra en parcelas infestadas por más de dos ciclos consecutivos.

En el mercado de agroquímicos, se encuentran disponibles algunos nematicidas, que han proporcionado excelentes resultados en el combate de esta enfermedad. Su época óptima de aplicación puede ser durante los primeros 45 días después del trasplante. Los nematicidas que se sugieren, son: Oxamyl (Vydate), Carbofurán (Furadán) y Fenamifos (Nemacur); éstos tienen el inconveniente de persistencia durante periodos largos en la planta, por lo que no se sugiere utilizarlos cuando se va a "verdear" el cultivo, sobre todo en chile tipo ancho.

En otras regiones donde la producción de chile es intensiva, los nematicidas con propiedades fumigantes, han dado mejor resultado que aquellos con una presentación granular (APS, 2003).

En otras partes del mundo, se han generado variedades de chile resistentes a estos organismos, como las denominadas: Carolina Wonder y Charleston Bell; su explotación en áreas productoras de chile del norte-centro de México, puede ser limitada por cuestiones de adaptación y debido a que la población nativa de nematodos formadores de agallas podría ser diferente a la del lugar de origen de estas variedades. Algunos genotipos resistentes a *Meloidogyne* spp, pueden perder parcialmente esta característica, cuando la temperatura del suelo supera los 28 °C (APS, 2003).

La solarización del suelo puede ser una práctica útil en el manejo de las especies de *Meloidogyne* presentes en la región, sobre todo, de las poblaciones localizadas en la capa superior del suelo (APS, 2003), aunque se tienen dificultades para su implementación práctica.

CENICILLA POLVORIENTA

Agente causal. La cenicilla polvorienta del chile es una enfermedad emergente en el norte-centro de México; ésta fue inicialmente detectada en Israel en 1950 y en el estado de Florida en los Estados Unidos de América en 1971 (APS, 2003); es causada por el hongo llamado *Oidiopsis* spp y puede afectar otros cultivos y maleza como: tomate,



Figura 7.6. Hojas de chile mostrando lesiones de cenicilla polvorienta.



Figura 7.7. Lesiones de cenicilla polvorienta en el envés de la hoja.

cebolla, berenjena y quelite, respectivamente; bajo condiciones de invernadero, se ha reportado que éste patógeno afecta también al pepino (Forster, 1989); en el norte centro de México y Chihuahua, su presencia fue reportada por primera vez en 1999, afectando parcelas de chile ancho, mirasol y jalapeño (Velásquez-Valle y Valle-García, 1999).

Sintomatología. Los primeros síntomas de la enfermedad aparecen en el follaje más viejo de la planta y eventualmente se pueden observar en las hojas jóvenes. El hongo aparece como polvillo de color blanco a grisáceo por debajo de las hojas, donde inicialmente afecta pequeñas áreas aisladas, pero puede cubrir toda la superficie inferior de la hoja (Figura 7.6). Durante epidemias severas, el haz de las hojas puede presentar manchas de color amarillo a café, donde el hongo se reproduce y libera nuevas esporas; éstas continuarán infectando hojas sanas de la misma planta, así como el follaje sano de otras.

Cuando el ataque de cenicilla polvorienta es severo, la planta adquiere clorosis o amarillamiento general y posteriormente los bordes de las hojas infectadas se enrollan, exponiendo el crecimiento del hongo en su envés y después de algunos días se desprenden (Figura 7.7); al ocurrir lo anterior, los frutos quedan expuestos diariamente a la luz solar, que les causa lesiones severas (quemadura de sol) e impide su comercialización exitosa; además, si la defoliación es intensa, el número y tamaño de los frutos se reducen y éstos tendrán poco sabor. Se sabe que la defoliación es más intensa en condiciones de baja humedad ambiental (Holliday, 1980).

Epidemiología. La cenicilla polvorienta de chile puede ocurrir tanto en clima húmedo como en condiciones secas. En algunas regiones *Oidiopsis* spp es favorecido por altas temperaturas (hasta 31 °C) y sólo requiere de un periodo de alta humedad por dos horas para infectar otra hoja. Bajo condiciones óptimas, el hongo produce una nueva generación de esporas cada cinco a 10 días. Las esporas del hongo son diseminadas por el viento, lo cual ayuda a dispersar la enfermedad dentro de un campo o en las parcelas vecinas.

En otras áreas productoras de chile, se ha observado que la incidencia de la enfermedad es mayor en parcelas irrigadas por gravedad y cintilla, que en donde se utiliza

riego por aspersión (APS, 2003); se ha determinado que al ocurrir lluvias abundantes, las lesiones de cenicilla polvorienta no muestran esporulación (Velásquez y Medina, 2004).

Los primeros síntomas de la enfermedad en esta región, ocurren generalmente a principios del mes de julio, una vez que se ha iniciado la etapa de fructificación; sin embargo, las pérdidas son más severas, si la infección ocurre temprano en las etapas de desarrollo del cultivo.

Manejo de la enfermedad. Debido a que este hongo afecta un gran número de plantas cultivadas y silvestres (alrededor de 700 especies en 59 familias), la práctica de recolectar y destruir los restos de cultivos infectados, así como el control de la maleza dentro o alrededor de las parcelas de chile, no es suficiente para combatir la enfermedad.

No existen variedades de los tipos de chile comúnmente explotados en la región con altos niveles de resistencia a la enfermedad, pero se ha confirmado que los tipos Húngaro y Ancho, son más susceptibles a ésta, bajo las condiciones de los estados de Aguascalientes y Zacatecas (Velásquez-Valle y Valle-García, 1999; Velásquez y Medina, 2004). Se ha reportado, que las variedades de chile menos pungentes parecen tener altos niveles de resistencia, mientras que aquellas con alto nivel de pungencia, muestran poca o ninguna resistencia al hongo (APS, 2003).

Cuando la severidad de la enfermedad es alta, es necesario recurrir al empleo de fungicidas, a base de azufre, en dosis de 3.0 a 5.0 kg/ha; sin embargo, es necesario advertir que si éstos se aplican en condiciones cálidas (temperaturas mayores de 27 °C) pueden resultar tóxicos al cultivo. Otros fungicidas que han proporcionado buenos resultados regionalmente, son: Trifloxystrobín (Flint), en dosis de 150 a 200 gr de material comercial por hectárea, o Triadimefón (Bayletón) en dosis de 300 gr de material comercial por hectárea.

La efectividad de las aspersiones, depende inicialmente de la detección temprana de la enfermedad; por lo anterior, es importante buscar las manchas grises o blancas causadas por ésta en el envés de las hojas más viejas de la planta, a partir de las dos últimas semanas de junio. Se deben coleccionar hojas en diferentes puntos de la parcela, e iniciar las aspersiones de fungicida al encontrar una o más lesiones de cenicilla

polvoriento; si es necesario, enviar una muestra de este follaje al laboratorio de fitopatología más cercano.

Otro factor que limita la efectividad de las aspersiones, es la cobertura del follaje que se obtenga con ellas; hasta donde sea posible, es necesario dirigir la aspersión a cubrir el follaje más viejo, donde se localizan las primeras lesiones. Aspersiones posteriores, deberán garantizar un cubrimiento total de la planta, que incluya también el follaje más joven. Por lo anterior, es fundamental que el follaje sea completamente cubierto por el fungicida, procurando crear turbulencia, que permita mojar con la solución fungicida el envés de las hojas.

Si las condiciones ambientales son altamente favorables para el desarrollo del hongo, las aspersiones de fungicidas preventivos (como el azufre), solamente proporcionarán control parcial de la enfermedad. Los fungicidas preventivos protegen los tejidos no infectados, pero no curan los tejidos ya infectados, por lo que su aplicación debe iniciarse al notar las primeras lesiones en las hojas más viejas.

Las aspersiones de fungicidas sistémicos, como: Trifloxystrobín y el Triadimefón, deberán repetirse hasta que la enfermedad se detenga, o sea, cuando el follaje joven no presente lesiones de la enfermedad, o muestre el color verde normal.

MANCHA FOLIAR POR *Cercospora*

Agente causal. Aunque esta enfermedad se encuentra en la mayoría de las áreas donde se cultiva chile, no causa daños de mayor importancia, por lo que no existe gran cantidad de investigación sobre ella; ésta es causada por un hongo, cuyo nombre científico es *Cercospora capsici*.

Sintomatología. El hongo forma lesiones en hojas, peciolo, pedúnculos y tallos. Las lesiones en las hojas son circulares, de aspecto acuoso, de color café, con el centro de café claro a gris y márgenes de color café oscuro (Figura 7.8). Estas lesiones pueden llegar a medir hasta 1 cm de diámetro y ocasionalmente varias de éstas pueden unirse. Con el paso del tiempo, la parte interior de la

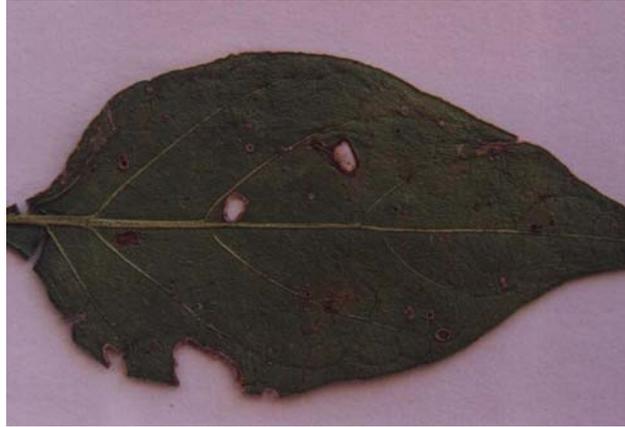


Figura 7.8. Lesiones de *Cercospora* spp en hojas de chile.

lesión se decolora, se torna quebradiza y se rompe. Las lesiones localizadas en los peciolo, pedúnculos y tallos, también presentan el centro de color gris con márgenes oscuros, pero su forma típica es elíptica y bajo condiciones propicias, un tallo puede ser estrangulado por una sola lesión; estas zonas enfermas, al secarse pueden caer de la hoja, dejando los hoyos característicos de la enfermedad (APS, 2003; Goldberg, 1995).

La presencia de pocas lesiones en una hoja o peciolo, es suficiente para provocar la caída de ésta. La defoliación puede ocurrir después de que la hoja completa toma coloración amarilla, o bien, cuando aún muestra el color verde normal. A causa de la pérdida de hojas o de parte de ellas, la planta pierden vigor y los frutos pueden ser de tamaño reducido; éstos no son atacados por el hongo (Black *et al.*, 1991).

Epidemiología. El hongo puede sobrevivir en la semilla y en asociación con residuos infectados del cultivo, como en las hojas del suelo. Las esporas de este hongo requieren de agua para la germinación y penetración en los tejidos de las hojas de chile, aunque la presencia abundante de rocío, parece ser suficiente para la germinación. El patógeno es más activo en condiciones cálidas (de 30 a 35 °C durante el día y alrededor de 21 °C durante la noche). En periodos prolongados de alta humedad ambiental provocados por lluvia, la enfermedad puede provocar defoliación severa. Las nuevas esporas son formadas de cada siete a 10 días, en la porción decolorada de las lesiones; éstas son diseminadas por el viento, lluvia o medios mecánicos, es decir, por contacto entre hojas sanas y enfermas (APS, 2003; Black *et al.*, 1991; Goldberg, 1995).

Manejo de la enfermedad. La mancha foliar por *Cercospora* es generalmente una enfermedad poco importante; sin embargo, se debe evitar que bajo condiciones adecuadas se incremente su severidad.

Se sugiere enterrar los residuos infectados del cultivo anterior; asimismo, se recomienda llevar a cabo una rotación de cultivos, especialmente con cereales, para evitar el incremento de la población de este hongo. Solamente en caso de existir las condiciones apropiadas para el desarrollo de epidemias severas de mancha por *Cercospora* (altas temperaturas y excesiva humedad), se sugiere la aplicación de fungicidas cúpricos (asperjados con un adherente antes del inicio de las lluvias) o Maneb, aplicado en intervalos de siete a 10 días (Goldberg, 1995).

MANCHA BACTERIANA DEL CHILE

Agente causal. Esta enfermedad, que también recibe los nombres de roña o sarna, es causada por una bacteria, cuyo nombre científico es *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* (Doidge) Dye. Entre las características bioquímicas importantes de este organismo, se encuentran que: es de reacción Gram negativa, hidroliza el almidón, metaboliza carbohidratos y da resultado positivo en la producción de catalasa; en medio de cultivo produce un pigmento amarillo propio de algunas especies del género *Xanthomonas* (Carrillo-Fasio *et al.*, 2001; APS, 2003).

El proceso de identificación de esta bacteria en la región, se inició con la colecta de hojas y tallos infectados de plantas de chile pasilla en el municipio de Rincón de Romos en Aguascalientes y posteriormente se extendió al estado de Zacatecas, durante el ciclo de cultivo primavera – verano del 2004. Aunque esta enfermedad no había sido reportada en la región, se sabe que en otras áreas agrícolas de México es una enfermedad común; Sánchez-Bautista *et al.* (2001) mencionan la existencia de algunas variantes del patógeno, que son capaces de afectar a chile y jitomate. En Aguascalientes y Zacatecas, una de estas cepas ya había sido reportada (Velásquez y Medina, 2004) afectando al cultivo de jitomate.

Síntomas. La bacteria puede infectar todas las partes aéreas de la planta; es decir, las manchas causadas por la enfermedad pueden aparecer en hojas, tallos y frutos, sin embargo, regionalmente no se han observado lesiones en los frutos.

La bacteria causa al principio de la infección pequeñas manchas de color café y aspecto húmedo, de contorno redondeado a irregular. Las lesiones conservan la apariencia húmeda durante los periodos lluviosos o cuando se forma rocío. Estas lesiones son hundidas en la porción superior de las hojas y ligeramente levantadas en la parte inferior de las mismas, pero no son limitadas por la nervadura de las hojas. Si las condiciones son favorables para el desarrollo de la enfermedad, las manchas toman color negro de aspecto grasoso, que se fusionan y una porción considerable de la hoja toma una coloración amarilla (Figura 7.9).



Figura 7.9. Lesiones de mancha bacteriana en hojas cloróticas de chile.



Figura 7.10. Hoja de chile mostrando clorosis en solo una porción de la hoja.

La epidemia de mancha bacteriana durante el ciclo de cultivo 2004, afectó principalmente una gran parte del follaje más viejo, que adquirió una coloración amarillenta, aún en las porciones donde no había lesiones bacterianas (Figura 7.10); el follaje infectado se desprendió prematuramente, abatiendo el potencial productivo de la planta y exponiendo los frutos a la luz solar, lo que pudo haber reducido su calidad.

Se reporta que los frutos son dañados por esta enfermedad solamente mientras conservan su color verde y que los síntomas en ellos se inician como manchas circulares, acuosas y de color café, de aspecto levantado sobre la superficie del fruto, mostrando una superficie áspera y agrietada. Alrededor de estas lesiones, se pueden desarrollar otros

hongos o bacterias secundarias, que hacen que el fruto pierda su valor comercial (APS, 2003; Black *et al.*, 1991).

Epidemiología. La bacteria es transmitida dentro o en la superficie de la semilla. Dentro de una parcela, la bacteria puede ser dispersada por el roce de hojas infectadas con otras sanas, sobre todo, en presencia de lluvia o abundante rocío y viento (APS, 2003; Carrillo, 1990).

El desarrollo de la mancha bacteriana es más rápido, cuando la temperatura fluctúa entre 24 y 30 °C, acompañada de alta precipitación pluvial, alta humedad relativa, presencia abundante de rocío, exceso de humedad en el suelo y días nublados (Carrillo, 1990).

Manejo de la enfermedad. Es importante desinfectar la semilla de chile para evitar la transmisión de éste u otros patógenos.

Otra fuente de contaminación de la enfermedad es el almácigo, por lo que se sugiere asperjarlo con productos a base de cobre y antibióticos, en caso de que existan antecedentes de la presencia de mancha bacteriana en las parcelas cercanas al almácigo y condiciones propicias para el desarrollo de la enfermedad (alta temperatura, exceso de humedad en el suelo, formación de rocío, etc.).

La enfermedad prospera en condiciones de alta temperatura y humedad relativa, por lo que en los invernaderos con cubierta de plástico, se debe usar cualquier medio que ayude a reducir la temperatura y humedad relativa. Por otro lado, es preferible producir en diferentes invernaderos o almácigos las plántulas de chile y jitomate. Además, se debe emplear suelo o sustrato esterilizado, usar charolas nuevas o desinfectadas.

Se sabe que la bacteria puede ser diseminada en las manos de los trabajadores que manejan las plántulas en los almácigos o invernaderos, por lo que se recomienda el aseo enérgico de manos al cambiar de almácigo o invernadero. Los almácigos o invernaderos con plántulas enfermas deben ser atendidos después de los sanos. Estas plántulas deben ser eliminadas, preferentemente, colocadas en bolsas de plástico y

sacarlas del invernadero o almácigo, tan pronto como se observen los primeros síntomas. Debe evitarse su traslado a la parcela, donde continuarán dispersando la bacteria.

Se recomienda practicar la rotación de cultivos (sembrar cereales como avena, maíz o cebada), para tratar de reducir las poblaciones de las bacterias que sobreviven en el suelo, en plantas voluntarias o en residuos de cultivo; sin embargo, nunca se debe trasplantar chile en las parcelas donde el ciclo anterior se cultivó jitomate y viceversa.

Se debe tomar en cuenta la distancia entre camas o surcos y entre plantas, ya que entre más separadas estén las plantas, menor será la severidad de la enfermedad, ya que los excesos de humedad se eliminarán rápidamente. Es recomendable también aplicar riegos ligeros, que eviten la acumulación excesiva de humedad, que también favorece la pudrición de la raíz.

Se ha señalado que la bacteria puede albergarse en algunas malas hierbas, por lo que se recomienda su combate dentro y alrededor de las parcelas de chile; una parcela con alta población de maleza, conservará por mayor tiempo los excesos de humedad que favorecen la presencia de ésta y otras enfermedades.

En caso de encontrar frutos afectados por la enfermedad, no se recomienda apilarlos o coleccionarlos cerca de invernaderos u otras instalaciones, para evitar la diseminación y supervivencia de la bacteria, en lugares cercanos a futuras áreas de producción de plántulas.

Para el combate químico de la enfermedad, se ha sugerido el empleo de bactericidas a base de cobre, aunque su efectividad puede ser limitada, porque eliminan únicamente las bacterias que se encuentran en la superficie de las hojas; además, el intervalo entre las aspersiones debe ser menor a cuatro días; sin embargo, se ha reportado razas de esta bacteria que son resistentes a los bactericidas cúpricos; para minimizar ese riesgo, se sugiere alternar las aspersiones de productos cúpricos con fungicidas, como Mancozeb o Zineb (Muñoz, 2003).

Actualmente, no se dispone de variedades comerciales resistentes a la mancha bacteriana, pero se sabe que algunos genotipos experimentales de *Capsicum frutescens*

y *C. annuum*, son resistentes a esta enfermedad. La incidencia y severidad de la mancha bacteriana durante la epidemia de 2004, varió de parcela, a parcela pero la mayoría de las variedades regionales (ancho, mirasol, pasilla, etc.), fueron susceptibles a la bacteria (Velásquez y Medina, 2005).

VIROSIS

Los virus son parásitos obligados (que deben estar dentro de un organismo vivo), microscópicos, compuestos por ácido nucleico y proteínas (Agrios, 1998); las plantas de chile infectadas reducen drásticamente su rendimiento. Los tipos de virus que limitan la productividad del cultivo de chile en el norte-centro de México son dos: a) los virus no persistentes o de estilete, aunque es posible que éstos sean retenidos en el canal alimenticio (Matthews, 1992) y b) los geminivirus, que también se conocen como persistentes o circulativos.

Los virus no persistentes, se caracterizan porque su vector los adquiere y transmite rápidamente (en pocos segundos) y el vector (generalmente es un insecto que se encarga de dispersarlo de una planta enferma a otra sana), no requiere de tiempo para ser capaz de infectar otras plantas. Entre los grupos de virus transmitidos de manera no persistente por áfidos, se encuentran los denominados Potyvirus y Cucumovirus (Matthews, 1992).

Los pulgones o áfidos son los vectores más conocidos de este tipo de virus. En esta región, los virus no persistentes que se han identificado afectando plantas de chile, son el virus del mosaico del pepino, mosaico del tabaco, jaspeado del tabaco y el virus "Y" de la papa. Estos virus predominan en la zona del Altiplano y su incidencia es variable año con año. En 1999, se estimó que la incidencia promedio de enfermedades virales en parcelas de chile en los estados de: Aguascalientes, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas, fue de sólo 2.7%; es posible, que en otros años la presencia de este tipo de enfermedad sea mayor.

Los geminivirus, se caracterizan porque el vector (generalmente mosquita blanca) requiere alimentarse por varios minutos en una planta sana, antes de poder infectarla; además, éste necesita pasar cierto tiempo dentro del cuerpo del vector, para que pueda infectar otras plantas posteriormente.

Los geminivirus que se han identificado en la región, son: el virus huasteco y el rizado del chile. Este tipo de virus son de mayor importancia en las partes más cálidas de esta área (como el Cañón de Juchipila del estado de Zacatecas), donde se presentan cada año; aunque se tienen reportes de su presencia esporádica en la zona del Altiplano, su importancia es mínima.



Figura 7.11. Planta de chile mostrando mosaico y deformaciones de origen viral.

(Velásquez *et al.*, 2002). A continuación se describen los síntomas que se asocian comúnmente con las enfermedades provocadas por virus no persistentes.

Las hojas son los sitios de la planta, donde se observan con mayor claridad los síntomas de estas enfermedades. El síntoma más común es el denominado mosaico, que se forma al mezclarse áreas amarillas o cloróticas y verdes en la misma hoja (Figura 7.11). La distribución de este síntoma en las plantas infectadas es variable; puede afectar la totalidad de la planta o solo una parte de ella. Algunas de las hojas que muestran este síntoma pueden deformarse, o ser más pequeñas o angostas, que en las plantas sanas (Velásquez *et al.*, 2002).

Otro síntoma común en las hojas, es la presencia de ampollas, que pueden llegar a cubrir gran parte de las hojas que frecuentemente conservan su color verde normal. Algunos virus provocan que las hojas de las plantas infectadas aumenten marcadamente

Sintomatología. El efecto de la infección por virus es mayor, si la planta es atacada en una fase temprana de desarrollo. La sintomatología provocada por el ataque de virus, varía de acuerdo con el tipo de chile, edad y estado nutricional de la planta, al momento de ser infectada, a las condiciones ambientales y en algunos casos, dependerá también de la variante del virus, o mezcla de ellos. El efecto sobre la planta del ataque simultaneo de dos o más virus, puede ser más severo que cuando solamente se involucra un solo virus,

de tamaño y grosor, lo que hace que éstas se rompan fácilmente. La mayoría de las plantas infectadas por virus presentan botones florales y flores, pero "amarran" pocos o ningún fruto y generalmente éstos son de mala calidad (Velásquez *et al.*, 2002).

Estos virus se pueden transmitir por semilla y mecánicamente, es decir por medio de la maquinaria agrícola y además, por el contacto de los trabajadores con plantas enfermas y posteriormente con plantas sanas, como en el caso del virus del mosaico del tabaco (Velásquez *et al.*, 2002).

Los síntomas más frecuentemente asociados con las enfermedades provocadas por geminivirus, incluyen deformaciones foliares (rizado y rugosidad), cambio en el color de las hojas (amarillamiento y mosaico), achaparramiento y una drástica reducción en el rendimiento (Velásquez *et al.*, 2002) –Figura 7.12-. Sin embargo, el conjunto de síntomas provocados por cada uno de estos virus es muy parecido entre sí; para saber cuál o cuáles virus se encuentran involucrados en la expresión de una enfermedad, es necesario realizar pruebas específicas de laboratorio, entre las que destacan las llamadas ELISA y PCR.

Enseguida se describe el conjunto de síntomas asociados al virus del mosaico del pepino, mosaico del tabaco, jaspeado del tabaco y "Y" de la papa. Además, se describe la sintomatología asociada al amarillamiento del chile, una enfermedad distribuida en la región y presumiblemente de origen viral.

Virus del mosaico del pepino. Este virus puede causar fuertes pérdidas en hortalizas de importancia cultivadas regionalmente, como: pepino, lechuga y jitomate, además del chile.



Figura 7.12. Planta de chile mostrando rugosidad y rizado de origen viral.

Los síntomas asociados con la infección por éste virus son variables, de acuerdo con el aislamiento viral, el genotipo de chile y las condiciones ambientales bajo las cuáles las plantas se desarrollen; sin embargo, la sintomatología incluye plantas con pérdida severa de altura y follaje de color verde pálido de apariencia de cuero. Algunas veces, las hojas de plantas afectadas son más angostas, sobre todo en plantas jóvenes y pueden tomar apariencia de mosaico o de clorótica a amarilla, o con manchas anilladas necróticas. En los frutos, se pueden desarrollar anillos cloróticos o necróticos, deformación, superficie áspera, maduración irregular y coloración verde pálido. Las plantas infectadas pueden producir el mismo número de frutos que las plantas sanas, pero su tamaño y el número de éstos con calidad comercial, es reducido (APS, 2003, Black *et al.*, 1991).

Este virus puede persistir por periodos cortos en semillas de chile, así como en algunas semillas de malas hierbas que son hospederas silvestres del virus del mosaico del pepino (Velásquez *et al.*, 2002). Alrededor de 1,200 especies (monocotiledóneas y dicotiledóneas) en 101 familias son infectadas por virus del mosaico del pepino y puede ser transmitida por más de 75 especies de áfidos, aunque destacan por su eficiencia para transmitirlo *Myzus persicae* y *Aphis gossypii*. Algunas malas hierbas pueden ser infectadas por este virus, pero no todas expresan síntomas, o sirven como buenas fuentes de inóculo. Es posible, que varias cepas de este mismo virus estén presentes en una región. La enfermedad es más severa cuando los chiles son trasplantados cerca de plantaciones de cucurbitáceas, como pepino y calabaza, entre otras (Black *et al.*, 1991; APS, 2003).

Virus del mosaico del tabaco. Las pérdidas causadas por este virus de distribución mundial, oscilan de 30 a 70%; su dispersión es mayor en campos donde se realiza trasplante de plántulas o donde las plantas de chile son manipuladas continuamente (APS, 2003).

La expresión de síntomas provocados por éste patógeno, es afectada por la temperatura, intensidad de luz, longitud del día, edad de la planta al momento de la infección, cepa del virus y variedad de chile. Los síntomas asociados con la enfermedad son aclaramiento o necrosis pronunciada de venas en hojas jóvenes, que frecuentemente son de menor tamaño; algunas hojas presentan abultamientos parecidos a ampollas; en

algunas ocasiones las plantas infectadas pierden el follaje; otros síntomas incluyen el aborto de flores y frutos.

Cuando la infección ocurre en la etapa de plántula o en sus primeros estados de desarrollo, la planta adulta tendrá poca altura. Se puede presentar el atizonamiento o necrosis de yemas y deformación y maduración irregular de frutos, los cuáles pueden ser más pequeños que los de plantas sanas (Black *et al.*, 1991; APS, 2003).

La principal fuente de inóculo es la semilla infectada (las partículas virales pueden ser encontradas sobre y bajo la cubierta, así como en el endospermo de la semilla) y la presencia en el suelo de residuos de plantas infectadas en ciclos anteriores (el virus permanece infectivo más tiempo en residuos que permanecen en suelo seco, pero pierde rápidamente su infectividad cuando el suelo permanece húmedo), aunque puede ser transmitido mecánicamente; lo anterior, debido a que puede ser acarreado por cualquier objeto que se ponga en contacto con plantas o residuos infectados con este virus, como el paso de maquinaria agrícola durante las labores de cultivo, el contacto de trabajadores con plantas enfermas y posterior contacto con plantas sanas durante el manejo de plántulas en el almacigo, o en el momento del trasplante; además, a través de herramientas de trabajo, así como por medio de partículas de suelo levantadas por el viento. Las variedades con alta pungencia pueden ser inmunes al virus o expresar una reacción hipersensitiva (Goldberg, 1995; APS, 2003; Velásquez *et al.*, 2002).

Virus del jaspeado del tabaco. Este patógeno infecta principalmente las plantas de la familia de las solanáceas, a través del Continente Americano y otros países en África y Asia. La incidencia de la enfermedad puede llegar a ser hasta de 100% y la reducción del rendimiento de 70% (Black *et al.*, 1991; APS, 2003).

Los síntomas que el virus del jaspeado del tabaco provoca en plantas de chile son moteado o mosaico ligero en las hojas, que presentan también coloración más oscura que el resto de estas; algunas veces se presentan hojas y frutos deformes en plantas achaparradas.

Las raíces de plantas de la variedad Tabasco, infectadas con este virus desarrollan una necrosis; posteriormente, la planta se marchita y muere una o dos

semanas después de la infección. Ocasionalmente, las yemas y las hojas pueden desprenderse. El rendimiento y calidad del fruto en plantas enfermas son severamente afectados, sobre todo si la infección ocurre en etapas tempranas de desarrollo (Black *et al.*, 1991; APS, 2003; Velásquez *et al.*, 2002).

La dispersión primaria y secundaria de este virus, se debe a la transmisión semipersistente por pulgones, que requieren de tan sólo 10 segundos para adquirir y transmitir el virus, y que conservan su capacidad de transmitirlo de una a cuatro horas. Aunque se conoce que existen varias cepas del virus, no han sido adecuadamente caracterizadas, pero también son patogénicas a jitomate y tabaco. Además del pulgón *M. persicae*, el virus puede ser transmitido por otros áfidos, como: *A. fabae* y *Macrosiphum euphorbiae*. El patógeno puede pasar el invierno en maleza o plantas de la familia de las solanaceas (APS, 2003; Velásquez *et al.*, 2002).

Virus "Y" de la papa. Este virus ocurre en todas las regiones productoras de chile en el mundo. Esta enfermedad es más severa en cultivos a cielo abierto, que se desarrollan en climas cálidos.

Los síntomas más comunes de la infección de este virus en chile, incluyen aclaramiento de las venas que eventualmente presentan una banda de color verde oscuro alrededor de ellas, mientras que algunas cepas pueden provocar necrosis de venas y de las puntas de las ramas. Otros síntomas asociados con este virus, son: necrosis del tallo, defoliación y muerte de la planta; además, se ha reportado el aborto de flores en plantas enfermas.

En los frutos de plantas infectadas, se observan manchas necróticas y mosaicos, así como deformaciones, pero el tamaño de éstos es reducido. El aspecto general de estas plantas es achaparrado. El virus puede afectar otros cultivos como jitomate y tabaco, además de papa y chile. Se sabe, que las cepas del virus que afectan a las plantas de chile, no son capaces de infectar a las de papa y las cepas que afectan a ésta última, no infectan a las de chile (APS, 2003; Velásquez *et al.*, 2002).

El único medio conocido por el cual éste patógeno es diseminado en el campo, es por medio de áfidos, entre los que destacan *M. persicae* y *Aphis* spp. Otro elemento que afecta la epidemia de este virus es la presencia de plantas cultivadas o no cultivadas, pero que actúan como hospederas del virus; entre las malas hierbas que actúan como reservorios del virus destaca la verdolaga (*Portulaca oleracea*), así como plantas del género *Physalis* (APS, 2003).

AMARILLAMIENTO DEL CHILE

Esta es una enfermedad ampliamente diseminada en los estados de Aguascalientes y Zacatecas; su etiología permanece desconocida, aunque por la naturaleza de los síntomas observados puede ser de origen viral.

Las plantas afectadas por esta enfermedad, son: achaparradas, con aspecto de arbusto y el follaje muestra una coloración de verde pálido a amarillo, que contrasta con el color verde intenso de las plantas sanas. Se ha observado, que estas plantas presentan entrenudos cortos, hojas generalmente más largas y anchas, que las de plantas normales; estas hojas son de consistencia coriacea (parecida a un cuero) y más gruesas. Se ha notado, que estas no pierden el follaje (Figura 7.13) y tampoco presentan floración, por lo cual no fructifican, característica que la distingue de la pudrición de la raíz, donde si se observa floración y fructificación (Velásquez *et al.*, 2002).



Figura 7.13. Planta de chile con síntomas (clorosis, follaje alargado, acaparamiento) de amarillamiento.

Las plantas afectadas mueren prematuramente y conservan el follaje, con un intenso color café. En parcelas a cielo abierto, la enfermedad es más evidente a partir de junio y la mayoría de las plantas enfermas mueren en septiembre, sin producir frutos. Las plantas afectadas aparecen aisladas dentro de una parcela y muy rara vez se encuentran dos o más juntas (Velásquez, *et al.*, 2002).

Manejo de la enfermedad. No existen productos químicos que controlen este tipo de enfermedad, una vez que los virus infectan la planta; por consiguiente, las estrategias de manejo están diseñadas para prevenir las infecciones provocadas por virus, o bien, retrasar lo más posible el inicio de las epidemias virales.

Se sugiere eliminar tan pronto como aparezcan en el campo las plantas con cualquier síntoma descrito previamente; esas plantas, deben incinerarse fuera de la parcela; esta práctica debe repetirse periódicamente durante el ciclo de cultivo. La destrucción de plantas enfermas reduce el nivel de inóculo viral para los siguientes ciclos de cultivo, especialmente para los virus del mosaico del pepino y tabaco, ya que los residuos de plantas infectadas son una forma de supervivencia de un ciclo de cultivo a otro (Velásquez *et al.*, 2002).

Algunos de estos virus pueden sobrevivir y reproducirse en la maleza que se desarrolla alrededor y dentro de la parcela, como el toloache y la verdolaga, entre otras. En las malas hierbas, pueden aparecer algunos de los síntomas que se describen para las plantas de chile infectadas; sin embargo, también pueden no mostrar síntomas y aún así albergar uno o más virus. De esta manera, los vectores de virus (pulgones y mosquitas blancas, principalmente), al alimentarse de esas malas hierbas adquieren el virus y son capaces de transmitirlos a plantas de chile (Velásquez *et al.*, 2002).

Es importante conservar la parcela de chile y sus alrededores libre de malas hierbas, para evitar que se alberguen en ellas los insectos vectores y virus, que afectan al cultivo de chile. La eliminación de la maleza hospedera de vectores o virus tiene un efecto benéfico, mayor cuando se realiza durante el invierno, para el caso de virus no persistentes en la región del Altiplano, porque durante esa época, no hay cultivo presente; por lo tanto, se reduce el riesgo de infección en la primavera. La utilidad de esta práctica se incrementa, cuando se lleva a cabo involucrando el mayor número posible de productores en una determinada área (Velásquez *et al.*, 2002).

La aplicación de insecticidas para combatir insectos vectores de virus, depende en gran parte de la identificación de los virus prevalentes en un cultivo o región. En el caso de virus no persistentes, el empleo de insecticidas para el control de la población de

vectores será poco efectivo, ya que se requieren pocos segundos para que el vector adquiera y transmita las partículas virales.

La aspersión de aceites minerales, ha proporcionado un buen control de vectores y por consiguiente, se ha conseguido el éxito en la prevención de infecciones por virus no persistentes, siempre y cuando se asegure la presencia de esta "capa protectora", sobre la planta por varias semanas.

En contraste, para el caso de geminivirus, el manejo del vector (mosquita blanca) a través de insecticidas como el Imidacropid (Leverage), es una alternativa exitosa de manejo del vector; esta estrategia, consiste en tratar la semilla con ese insecticida al momento de sembrar el almácigo y asperjar la base de las plantas, poco después del trasplante con este mismo producto; bajo este esquema, se obtiene un cultivo protegido contra el o los vectores de virus durante los primeros 60 días de desarrollo del cultivo. En caso de que se requiera aplicaciones posteriores de insecticidas para controlar la mosquita blanca, se sugiere utilizar otro tipo de insecticida, con el fin de prolongar la vida útil del Imidacropid, para el manejo de este vector (Velásquez *et al.*, 2002).

Se sugiere el empleo de barreras de cereales como maíz o sorgo (se debe tener cuidado con éste último cereal, en parcelas donde se han detectado nematodos agalladores), alrededor de la parcela de chile, o bien, en los puntos de llegada de los vectores, que generalmente coinciden con la dirección de los vientos dominantes en la región; lo anterior, para retrasar la llegada y reducir el nivel de inóculo del virus en las poblaciones de pulgones u otros vectores con capacidad de transmitir virus, del tipo no persistente, que intenten alcanzar las plantas de chile dentro de la parcela.

El maíz o sorgo, se deben sembrar dos o tres semanas antes del trasplante de chile. Para que cualquiera de estos cultivos funcione efectivamente como barrera, se debe sembrar una densidad alta de plantas; dicha barrera, puede ser asperjada con insecticidas regularmente, para eliminar las poblaciones de vectores presentes. Para el caso de mosquita blanca, se sugiere sembrar frijol como cultivo trampa y seguir las mismas sugerencias descritas para las barreras de maíz o sorgo (Velásquez *et al.*, 2002).

Otra práctica útil para el manejo de enfermedades provocadas por virus no persistentes, es el uso de bandas plateadas o acolchados reflectivos, que "confunden" a los pulgones cuando tratan de "aterrizar" en el follaje de las plantas de chile; de esta manera, se evita el contacto entre el vector y la planta (Velásquez *et al.*, 2002).

Para el manejo de vectores, tanto de virus persistentes como no persistentes, se sugiere el empleo de cartulinas amarillas (Figura 7.14), impregnadas con un pegamento para capturar adultos. Estas cartulinas deberán ser colocadas 50 cm por encima del cultivo en la orilla de la parcela, con la cara que tiene el pegamento orientada hacia la dirección que tenga el viento dominante. Las cartulinas deben ser colocadas en el campo poco después del trasplante del cultivo. También, se pueden utilizar bandas de color amarillo de 0.5 a 1.0 m de ancho, extendidas a lo largo de la zona de llegada de los vectores. Antes de ser distribuidas en el campo, estas bandas deben ser impregnadas con algún tipo de pegamento (Velásquez *et al.*, 2002).



Figura 7.14. Trampa amarilla empleada para el manejo de vectores de virus.

ENFERMEDADES POSTCOSECHA

La comercialización del chile seco hacia el extranjero (Estados Unidos de América, principalmente) ha tomado auge; sin embargo, los cargamentos de este producto pueden ser rechazados en el puerto de entrada al país destino, debido a la presencia de: hongos, insectos, partes de los mismos (antenas, patas, alas, etc.), u otros signos de su presencia en el producto como exuvias o excretas; además, por la presencia de frutos dañados por roedores y de materiales extraños, como porciones de alambre, vidrio, papel, plástico, etc., que reducen la calidad del producto.

Los cargamentos de chile seco son inspeccionados de acuerdo con las normas vigentes en el puerto de entrada a los Estados Unidos de América, que son el destino más frecuente (Velásquez *et al.*, 2002).

Para evitar gastos innecesarios, se sugiere tomar una muestra de chile seco del cargamento que se desea comercializar y enviarla a un laboratorio local de Fitopatología para su análisis. De acuerdo con la experiencia regional, las muestras de chile seco examinadas en el laboratorio que no excedan 3% de frutos con presencia evidente de hongos o insectos, u otro tipo de daño o contaminantes, indica que el cargamento será aceptado en el puerto de entrada; sin embargo, si el cargamento no es rápidamente movilizado a la frontera, dicho porcentaje puede elevarse (sobre todo si se detectó presencia de hongos), provocando su rechazo (Velásquez *et al.*, 2002).

La presencia de hongos como causa de rechazo del embarque, se origina (parcialmente) en el manejo que se proporciona al producto previamente a su embarque. Sí el chile seco es humedecido en exceso y sometido a temperaturas altas antes o durante el trayecto al puerto de entrada, desarrollará colonias de hongos detectables al momento del muestreo y análisis en la frontera (Figura 7.15); por lo anterior, se recomienda la rápida movilización del cargamento de chile seco a la frontera o punto de comercialización más cercano (Velásquez *et al.*, 2002).



Figura 7.15. Frutos de chile afectados por hongos en postcosecha.

Los géneros de hongos patógenos o contaminantes más frecuentemente encontrados en las muestras de chile seco que se han analizado en el estado de Aguascalientes, son: *Alternaria* spp, *Penicillium* spp, *Rhizopus* spp, *Stemphyllium* spp y *Helminthosporium* spp. Estos hongos se han detectado asociados al interior de lesiones de color blanco amarillento, que destacan drásticamente contra el color rojo del fruto de chile seco, generalmente no más de una por fruto. Otros reportes han mencionado algunos de esos hongos en Estados Unidos de América (APS, 2003; Velásquez *et al.*, 2002).

En el estado de Aguascalientes, el Laboratorio de Investigación y Diagnóstico Fitopatológico del Campo Experimental Pabellón, dependiente del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, ha obtenido experiencia en el análisis de este tipo de muestras, por lo que se sugiere su empleo para evitar contratiempos en los puertos de entrada.

RECOMENDACIONES GENERALES

Las enfermedades descritas anteriormente, poseen medidas de combate específicas; sin embargo, algunas estrategias generales de manejo del cultivo deben ser adoptadas y aplicadas en cualquier programa de manejo integrado de enfermedades; éstas son las siguientes:

-Seleccionar cuidadosamente la variedad o híbrido que se trasplantará; de ser posible, se deben seleccionar variedades resistentes a las enfermedades más comunes de la región; además, se deben emplear variedades bien adaptadas al área donde se cultiva el chile y que cuenten con buena aceptación comercial.

-Adquirir semilla o plántula de chile de alta calidad; éstas tienen un alto porcentaje de germinación y se desarrollan rápidamente, lo que puede evitar el problema del ahogamiento en los almácigos; se debe asegurar que las plántulas no presenten síntomas de enfermedades antes del trasplante.

-Seleccionar la mejor parcela disponible; se debe evitar trasplantar en parcelas con antecedentes de alguna enfermedad, que presenten características desfavorables (como drenaje deficiente o alto contenido de sales), o que estén situadas cerca de cultivos indeseables (la presencia de algunas enfermedades virales es mayor, si las parcelas de chile se ubican cerca de áreas urbanas), etc.

-Practicar la rotación de cultivos; nunca se debe trasplantar chile en la misma parcela dos años seguidos; la rotación con cereales, como: maíz, sorgo, trigo, avena o cebada, ayuda a prevenir el incremento de poblaciones de patógenos de chile.

-Trasplante en surcos o camas elevadas; esta práctica cultural es importante para combatir enfermedades como la pudrición de la raíz, que son favorecidas por la presencia de un alto contenido de humedad en el suelo.

-Mantener las plantas de chile con cantidad adecuada de agua; evitar situaciones de sequía o exceso de humedad en el suelo, que estresen las plantas y puedan hacerlas susceptibles a enfermedades, especialmente a la pudrición de la raíz.

-Controlar la maleza; ésta sirve como reservorio para algunos patógenos, especialmente virus y como refugio a sus vectores; al remover la maleza se reduce la cantidad de patógenos presentes y se abate la población de insectos que son capaces de producir daño o transmitir enfermedades al cultivo de chile.

LITERATURA CITADA

Agrios, N., G. 1998. Fitopatología. 2a. ed. LIMUSA, S. A. de C. V. México, D. F. México. 838 p.

American Phytopathological Society (APS). 2003. Compendium of pepper diseases. Pernezny, K., Roberts, P. D., Murphy, J. F., and Goldberg, N. P. (eds.). APS Press. St. Paul, MN, USA. 63 p.

Bhat, R. G.; R. F. Smith; S. T. Koike; B. M. Wu and K. V. Subbarao. 2003. Characterization of *verticillium dahliae* isolates and wilt epidemics of pepper. Plant Disease 87:789-797.

Black, L. L.; S. K. Green; L. G. Hartman and J. M. Poulos. 1991. Pepper diseases. A field guide. Asian Vegetable Research and Development Center. AVRDC Publication No. 91-347. Taipei. 98 p.

Carrillo F., A. J. 1990. Mancha bacteriana del chile. *In*: Primer taller sobre enfermedades de hortalizas. XVII Congreso Nacional de Fitopatología. Sociedad Mexicana de Fitopatología, A.C. Culiacán, Sin., México. p. 33.

Carrillo-Fasio, A. J.; S. R. García-Estrada; R. Allende-Molar; I. Márquez-Zequera; S. Millán-Ocampo y G. Gaxiola-Espinoza. 2001. Sensibilidad a cobre de cepas de *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* (Doidge) Dye en Sinaloa, México. Revista Mexicana de Fitopatología 19:72-77.

-
- CATIE. 1993. Guía para el manejo integrado de plagas del cultivo de chile dulce. Turrialba, Costa Rica. 168 p. Informe Técnico No. 201.
- Forster L., R. 1989. Powdery mildew of greenhouse cucumbers and tomatoes caused by *Leveillula taurica* in Idaho. *Plant Disease* 73:1020.
- Goldberg N., P. 1995. Chile pepper diseases. Agricultural Experiment Station, College of Agriculture and Home Economics. New Mexico State University. 20 p. (Circular 549).
- Holliday, P. 1980. Fungus diseases of tropical crops. Dover Publications Inc. New York, USA. 607 p.
- Matthews R., E. F. 1992. Fundamentals of Plant Virology. Academic Press Inc. San Diego, CA, USA. 403 p.
- Muñoz R., J. J. 2003. El cultivo del pimiento en el invernadero. *In*: Muñoz R., J. J. y Castellanos Z., J. (eds.) Manual de producción hortícola en invernadero. pp. 263-297.
- Sánchez-Bautista, L.; J. A. Carrillo-Fasio; S. R. García-Estrada; R. Allende-Molar y R. García-Quintero. 2001. Distribución de razas patogénicas de *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* (Doidge) Dye causante de la mancha bacteriana del chile en el estado de Sinaloa. *In*: Memorias. XXVIII Congreso Nacional de Fitopatología. F-75.
- Velásquez V., R. y G. N. González. 1991. Nematodos noduladores que atacan al cultivo de frijol en Zacatecas. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Zacatecas. Calera de V. R., Zac. México. (Desplegable para Productores Núm. 4).
- Velásquez-Valle, R. and P. Valle-García. 1999. First report of powdery mildew of pepper in north central Mexico. *Plant Disease* 83:302.
- Velásquez V., R. y J. García C. 2000. Guía para controlar nematodos del frijol y chile en Zacatecas. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Zacatecas, Calera de V. R., Zac., México (Desplegable para Productores Núm. 15).
- Velásquez V., R.; F. Rincón V. y L. C. López F. 2000. Guía para controlar la pudrición de la raíz de chile en Zacatecas y Aguascalientes. Secretaría de Agricultura,

- Ganadería y Desarrollo Rural, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Zacatecas. Calera de V. R., Zac., México. 14 p. (Folleto para Productores Núm. 25).
- Velásquez V., R. 2001. Nematodos agalladores afectando hortalizas y otros cultivos en el norte-centro de México. *Revista Mexicana de Fitopatología (México)* 19:107-109.
- Velásquez-Valle, R. 2001. Geographic and host range of *Meloidogyne* spp in north central Mexico. *Plant Disease* 85:445.
- Velásquez V., R.; M. M. Medina A. y J. J. Luna R. 2001. Sintomatología y géneros de patógenos asociados con las pudriciones de la raíz del chile en el Norte-Centro de México. *Revista Mexicana de Fitopatología (México)* 19:175-181.
- Velásquez V., R., M. M. Medina A. y J. Mena C. 2002. Guía para identificar y manejar las principales enfermedades parasitarias del chile en Aguascalientes y Zacatecas. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Pabellón, Aguascalientes, Ags., México. 41 p. (Folleto Técnico Núm. 20).
- Velásquez V., R. y M. M. Medina A. 2003. La pudrición de la raíz de chile (*Capsicum annuum* L.) en el norte – centro de México. I. Estudios básicos. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Pabellón. Aguascalientes, Ags., México. 26 p. (Folleto Científico Núm. 14).
- Velásquez-Valle, R. y M. M. Medina-Aguilar. 2003. Patogenicidad de aislamientos de *Rhizoctonia* spp. sobre plántulas de chile (*Capsicum annuum* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Mexicana de Fitopatología (México)* 21:79-82.
- Velásquez V., R. y M. M. Medina A. 2004. Enfermedades bacterianas del jitomate en Aguascalientes y Zacatecas. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Pabellón, Aguascalientes, Ags., México. 22 p. (Folleto para Productores Núm. 35).
- Velásquez V., R. y M. M. Medina A. 2005. La mancha bacteriana del chile: una nueva amenaza en Aguascalientes y Zacatecas. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Pabellón, Aguascalientes, Ags., México. 9 p. (Folleto Técnico No. 23).

CAPÍTULO 8

MANEJO DE MALEZA

Dr. Mario D. Amador Ramírez
Programa Malezas
Campo Experimental Zacatecas-INIFAP

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales factores que limitan la producción regional de chile es el manejo inadecuado de la maleza. Las plantas de esta hortaliza compiten pobremente con la maleza, especialmente en el estado inicial de su crecimiento (Adigun *et al.*, 1991); las plántulas de chile emergen lentamente y crecen poco a poco, por lo cual son más susceptibles a la competencia con la maleza por luz, nutrimentos, agua y espacio (Lee y Schroeder, 1995). Al establecerse la competencia entre la maleza y el cultivo, el uso de los elementos del crecimiento y desarrollo será de acuerdo con la densidad y agresividad de las plantas para satisfacer sus necesidades.

Aunque la competencia por nutrientes entre las malezas y el cultivo de chile no está documentado, Vengris *et al.* (1955) observaron que la eficiencia relativa de absorción de nutrientes (elementos mayores) en maíz se redujo prácticamente un 50%.

Las malezas son plantas con alta capacidad para extraer agua del suelo, lo cual señala a este grupo de plantas como un factor de alto grado de competencia para los cultivos. Anderson (1983) señala que el consumo de agua de algunas malezas es de 330 a 1900 kg para producir un kilogramo de materia seca. Por otro lado, Amador (1991) menciona que la maleza suele ser más eficiente en el uso del agua cuando el consumo de humedad del suelo se acerca al punto de marchitez permanente, con respecto a cuando el consumo solo involucró un escaso abatimiento de humedad del suelo.

Una adecuada humedad del suelo producida por la continua aplicación de riegos después del trasplante de chile, la cual es requerida por el cultivo, estimula el rápido crecimiento de la maleza, lo que resulta a la cosecha en pérdidas de rendimiento y del número de plantas hasta en 97 y 92%, respectivamente (Amador-Ramírez, 2002). Amador-Ramírez *et al.* (2005) manifiestan que el crecimiento desmedido de la maleza en

parcelas plantadas con chile propicia una abundante cantidad de materia seca, la cual afecta exponencialmente al rendimiento de chile (Figura 8.1).

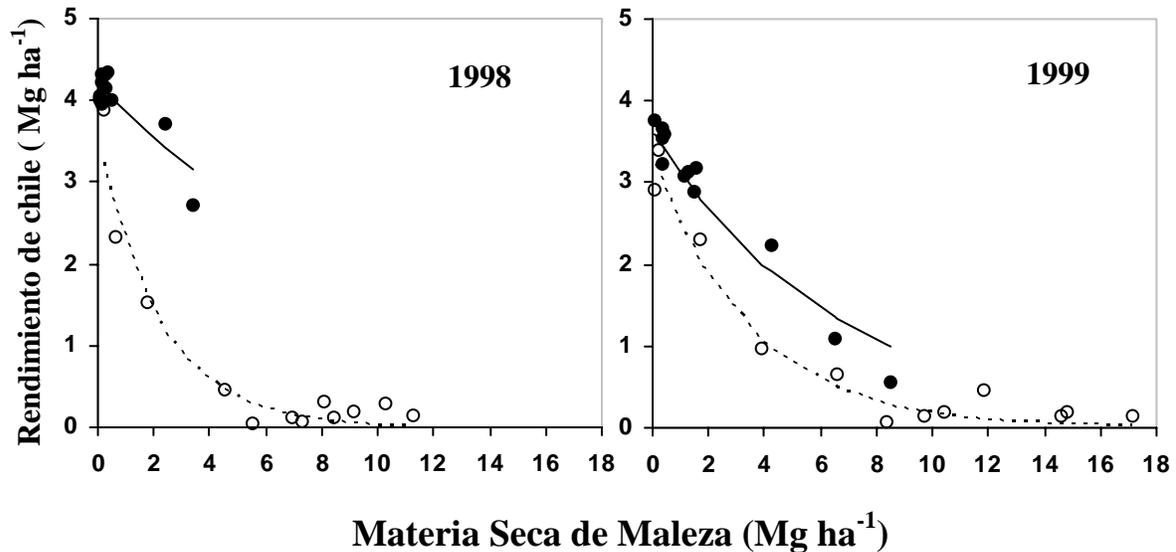


Figura 8.1. Rendimiento de chile seco en respuesta a la materia seca relativo al incremento en la duración sin interferencia de malezas (símbolo sólido, línea sólida) y al incremento en duración con interferencia de malezas (símbolo abierto, línea interrumpida) calculado por un modelo exponencial. Rendimientos de chile seco no expuesto a la competencia con malezas fueron descritos por la ecuaciones: $Y_{1998} = 4.2 \cdot \exp(-0.084 \cdot \text{Materia Seca Malezas})$, $R^2 = 0.51$ y $Y_{1999} = 3.6 \cdot \exp(-0.15 \cdot \text{Materia Seca Malezas})$, $R^2 = 0.65$. Con interferencia de malezas: $Y_{1998} = 3.5 \cdot \exp(-0.45 \cdot \text{Materia Seca Malezas})$, $R^2 = 0.85$ y $Y_{1999} = 3.3 \cdot \exp(-0.29 \cdot \text{Materia Seca Malezas})$, $R^2 = 0.87$. (Tomado de Amador-Ramírez *et al.*, 2005).

Para minimizar los problemas ocasionados por malezas, Neal y Warren (1998) mencionan que se debe desarrollar e implementar un programa de manejo de malezas previo a la plantación, el cual deberá incluir cuatro fases: 1) conocimiento de la maleza (identificación y ciclo de vida), 2) conocimiento de las opciones disponibles sobre manejo de malezas, 3) preparación del sitio de transplante (eliminar malezas perennes de hoja ancha y coquillos antes de plantación) y 4) implementación de una combinación de métodos efectivos para prevenir y controlar malezas.

La primera fase en el desarrollo de un programa exitoso de manejo de malezas es identificar las malezas presentes en el cultivo de chile y sus ciclos de vida asociados. Por

ejemplo, conocer el nombre correcto de la maleza ayuda a entender las etiquetas de los herbicidas y las recomendaciones de control. La identificación y nomenclatura correcta de cada especie de maleza son básicas para cualquier programa de investigación y/o de control. Para su identificación, las malezas al igual que el resto de las plantas presentan nombres comunes y científicos (Quezada, 1982).

El reconocimiento de las malezas a través del nombre común tiene inconvenientes, porque pueden diferir considerablemente de una región a otra, o puede suceder que se utilice el mismo nombre para diversas especies. Por el contrario, el nombre científico de las malezas es importante, porque es un nombre exacto para una especie en particular, debido a que esta regida por leyes botánicas internacionales, lo cual facilita su reconocimiento, indistintamente del idioma de cualquier país. Por otro lado, no solamente es importante conocer los nombres de las malezas, sino también es crítico conocer el ciclo de vida y la capacidad reproductiva de la planta (Lee y Schroeder, 1995). El conocimiento del ciclo de vida de las malezas, su fenología y la forma biológica es importante para poder planear en forma adecuada el combate y el uso de las mismas (Villegas y de Gante, 1979).

POBLACIÓN DE MALEZA

En Zacatecas, el cultivo de chile es infestado por una comunidad de 14 especies de maleza, entre las cuales sobresalen la aceitilla (*Bidens odorata*), quelite (*Amaranthus palmeri*) y zacate sabaneta (*Eragrostis diffusa*), por su frecuencia de aparición de 93, 57 y 50%, respectivamente (Cuadro 8.1). La aceitilla se considera como la principal maleza por controlar, porque presentó un alto rango de infestación oscilante entre 36 y 40%, además de una alta frecuencia de aparición (Aguilar, 1975).

En general, con la determinación de los ciclos de vida de las malezas se obtiene información sobre época de germinación y método de reproducción (Neal y Warren, 1998). Por ejemplo, la maleza de verano anual que se presenta en el cultivo de chile, germina en la primavera y continúa a través de todo los meses de verano, floreando y produciendo semilla previo a la primera helada. Por otro lado, las malezas de tipo perenne son clasificadas de acuerdo a su método de reproducción como *rastrera* o *simple*. Las malezas perennes del tipo rastrera se reproducen por estolones (tallos

localizados arriba del suelo) o rizomas (tallos subterráneos), tal y como sucede con el coquillo.

Cuadro 8.1. Lista de malezas encontradas en lotes de chile en Zacatecas.

Nombre común	Nombre científico	Ciclo de Vida
Quelite	<i>Amaranthus palmeri</i>	Verano anual
Aceitilla	<i>Bidens</i> spp.	Verano anual
Lampote	<i>Simsia amplexicaulis</i>	Verano anual
Mostacilla	<i>Brassica campestris</i>	Verano anual
Malva	<i>Malva parviflora</i>	Verano anual
Enredadera	<i>Ipomoea purpurea</i>	Verano anual
Gordolobo	<i>Helianthus petiolaris</i>	Verano anual
Coquillo	<i>Cyperus esculentus</i>	Perenne
Saramao	<i>Eruca sativa</i>	Verano anual
Zacate sabaneta	<i>Eragrostis difusa</i>	Verano anual
Limoncillo	<i>Dalea citridora</i>	Verano anual
Hierba en Cruz	<i>Chamaesaracha conioides</i>	Verano anual
Chía	<i>Salvia</i> sp.	Verano anual
Hiedra	<i>Anoda cristata</i>	Verano anual

(Fuente: Aguilar, 1975)

DESCRIPCIÓN DE LAS PRINCIPALES MALEZAS QUE INFESTAN AL CHILE

Nombre común: **Aceitilla**
 Nombre científico: ***Bidens odorata* Cav**
 Familia: **Composite**

Descripción

Esta maleza también es conocida como "te de milpa" o "acahual". Es una maleza de hoja ancha, cuyo período de vida es de un año. Se reproduce por semilla y presenta una altura de 30 a 50 centímetros aproximadamente (Figuras 8.2 y 8.3).

El tallo es erecto, ramificado y un rasgo que lo caracteriza es el de ser **cuadrangular**. Las hojas son opuestas y divididas en tres a siete segmentos de 1.5 a 7 centímetros de largo, de forma ovada y con los márgenes aserrados.



Figura 8.2. Planta adulta de aceitilla.



Figura 8.3. Etapa de plántula.

Las flores hacen su aparición en la primavera o verano y generalmente se encuentran de 25 a 40 en una cabezuela floral; las flores marginales tienen lígulas de color blanco a blanco-amarillento y las del centro o disco son de color amarillo. El aquenio o "semilla" mide de 4 a 16 milímetros de largo; es linear, encorvada, lleva dos o tres aristas de 2 a 4 milímetros de largo.

El cultivo de chile puede llegar a ser infestado regularmente con una población de 150,000 hasta 500,000 malezas/hectárea.

Nombre común: **Quelite**
 Nombre científico: ***Amaranthus palmeri* S. Wats.**
 Familia: **Amaranthaceae**

Descripción

Es conocido también como "bledo común" o "bledo blanco". Es una maleza de hoja ancha, cuyo período de vida es de un año. Se reproduce por semilla. La planta llega a medir desde 15 centímetros hasta 1.5 metros de altura aproximadamente (Figura 8.5).

Las hojas son alternas, pecioladas, de forma rómbico-ovada o rómbico-lanceolada y miden de 1.0 a 15.0 centímetros de largo. El tallo es grueso y erecto, simple o con ramas laterales cortas, de color verde o teñido de rojo.



Figura 8.4. Inflorescencia de quelite.



Figura 8.5. Planta adulta de quelite.

Las flores están colocadas en largas espigas que miden de 3 a 30 centímetros de largo, escondidas por brácteas cardosas y densas que se localizan en las bases de las flores, de forma lineal a lanceolada, rígidas y espinosas (Figura 8.4); cuando maduran, éstas miden de 4 a 6 milímetros de largo. El fruto es un utrículo de 2 a 2.5 milímetros de largo. La semilla es ovada, de color café-rojizo y mide 1.3 milímetros de largo aproximadamente. Los cultivos son infestados por esta maleza en forma ligera.

Nombre común: **Zacate sabaneta**
 Nombre científico: ***Eragrostis diffusa* Buckl.**
 Familia: **Graminae**

Descripción

También es conocido como "zacate sábana". Es una planta anual, herbácea, la cual se reproduce por semilla. Los tallos son erectos, llegando a medir de 20 a 70 cm de alto. Las hojas son linear-lanceoladas, glabras, y miden de 4 a 20 cm de largo (Figura 8.6).



Figura 8.6. Zacate sabaneta.

La inflorescencia se presenta como una panícula de 10 a 20 cm de largo; las

espiguillas están provistas de un corto pedicelo, miden de 4 a 10 cm de largo y contienen de 6 a 17 flores. La semilla o cariopsis mide 0.8 milímetros de largo aproximadamente.

Se le localiza en áreas cultivadas, orillas de caminos y terrenos perturbados. Se puede controlar por medio de escardas manuales, mecánicas y herbicidas. El cultivo de chile es infestado por esta maleza de manera ligera.

MÉTODOS DISPONIBLES PARA PREVENIR Y CONTROLAR MALEZAS

El control de la maleza en la región productora de chile de Zacatecas se realiza mediante escardas y azadón; sin embargo, una de las principales limitantes en la producción de chile ha sido el alto número de deshierbes manuales y el costo de la mano de obra para controlar la maleza. Amador (1989) reportó que productores de chile usan el deshierbe mecánico y manual para controlar la maleza, aplicando indiscriminadamente desde tres hasta 10 deshierbes a través de toda la temporada de crecimiento del cultivo. Por otro lado, Goyal (1983) encontró que la actividad del deshierbe representó el 27% de los costos de labor en chile.

Para controlar la maleza, los productores de chile de Zacatecas realizan además de las escardas un número fluctuante de deshierbes, debido principalmente a que el uso de herbicidas para su control no está adoptado (Amador, 1989). En una caracterización de productores de chile del altiplano de Zacatecas, Galindo *et al.* (2002) manifestaron que solamente el 9% de los entrevistados aplicaron algún herbicida para controlar la maleza, sin precisar el nombre del producto químico. Medidas de control de la maleza en chile incluyen el manejo cultural, mecánico y químico.

Manejo cultural de la maleza

El objetivo de este manejo es darle al cultivo de chile una ventaja competitiva sobre la maleza. Aunque el chile *per se* no es muy competitivo, los productores pueden darle ventaja al mantener una apropiada fertilidad del suelo y al manejar o evitar parcelas infectadas con enfermedades o nemátodos (Lee y Schroeder, 1995). La rotación de cultivos es una práctica cultural efectiva para reducir el problema de la maleza en plantaciones de chile. También, conocer qué grado de infestación con maleza tendrá una determinada parcela, ayudará a decidir si es buena idea plantar chile en ésta.

Manejo mecánico de la maleza

El uso de escardas es aún una herramienta efectiva en el manejo de malezas cuando éstas son pequeñas. El manejo mecánico deberá ser llevado a cabo desde la semana 2 hasta la semana 12 después del transplante (Tablas 8.2 y 8.3). El período de limpieza de malezas se incrementará si el porcentaje de pérdidas es menor, pero si el productor tolera un 10% de pérdidas en rendimiento el período de limpieza deberá reducirse. El manejo mecánico empieza con el removimiento del surco varios días después de la aplicación del riego de “ocho”.

Cuadro 8.2. Inicio del período crítico del control de maleza calculado para tres niveles predeterminados de pérdidas del rendimiento del chile (*Fuente: Amador-Ramírez, 2002*).

Rendimiento	Año	Tiempo para el daño indicado en rendimiento		
		2.5%	5.0%	10.0%
			SDT [†]	
Total	1991	0.4	0.7	1.3
	1992	1.5	2.3	3.3
	1993	2.2	3.2	4.5
	Media 3-años	1.4	2.1	3.0
Primera	1991	0.3	0.7	1.3
	1992	0.5	0.9	1.7
	1993	0.7	1.2	2.2
	Media 3-años	0.5	0.9	1.7

[†] Semanas después del transplante de chile.

El surco se remueve ya sea manualmente con azadón o con tractor equipado con cultivadora con chuzos. El primer deshierbe conocido como “tapapie” es llevado a cabo 15 días después del transplante y la primera escarda es realizada aproximadamente 18 días después del transplante. Con el objeto de mantener limpio de malezas las próximas 10 semanas, las cuales corresponden al período crítico de control, alrededor de 3-4 escardas acompañadas de deshierbes con azadón deberán usarse antes del cierre del cultivo. Los deshierbes manuales o con azadón en la hilera de plantación de chile son requeridos para eliminar especies de malezas no controladas con otros medios mecánicos.

Cuadro 8.3. Terminación del período crítico de control de maleza calculado para tres predeterminados niveles de pérdidas en rendimiento de chile (*Fuente: Amador-Ramírez, 2002*).

Rendimiento	Año	Tiempo para el daño indicado en rendimiento		
		2.5%	5.0%	10.0%
			SDT [†]	
Total	1991	17.4	14.7	11.9
	1992	8.6	7.4	6.3
	1993	16.3	14.4	12.4
	Media 3-años	14.1	12.2	10.2
Primera	1991	18.0	15.3	12.6
	1992	7.6	6.7	5.7
	1993	16.6	14.8	12.9
	Media 3-años	14.1	12.3	10.4

[†] Semanas después del trasplante de chile.

Manejo Químico de Malezas

Para el manejo de malezas, los productores de chile muestran mayor interés en usar prácticas mecánicas que otro tipo de control. Sin embargo, el manejo químico de malezas llevado a cabo mediante herbicidas es una alternativa que permitiría la reducción de costos en las labores de cultivo.

A menudo los herbicidas ofrecen un buen control de muchas especies de malezas cuando son combinados con buenas prácticas culturales y mecánicas. El uso de herbicidas depende de la especie de maleza, época de aplicación y prácticas culturales por parte del productor, aunque en muchas ocasiones la aplicación de herbicidas esta relacionada con la existencia de determinado producto herbicida en el mercado local más que a la eficacia y oportunidad. Por ejemplo, Gutiérrez *et al.* (2002) evaluó la eficacia del herbicida halosulfuron metil aplicado solo y en mezcla con acetocloro para el control de maleza predominantemente del tipo gramínea. En cambio, el manejo químico de malezas conducido en otras regiones productoras de chile fue llevado a cabo con trifluralin, difenamida o DCPA (García y Zamarripa, 1981). Hernández *et al.* (1989) reportaron un 100% de control de la hierba ceniza (*Lagascea mollis*) con la aplicación postemergente de

bentazón, el cual produjo manchas necróticas al cultivo una semana después del tratamiento con este herbicida en dosis más altas de 0.8 kg/ha (Baltasar *et al.*, 1984).

Cuadro 8.4. Herbicidas recomendados para el control de la maleza en la producción de chile en Zacatecas

Nombre común	Tipo de aplicación	Dosis
--------------	--------------------	-------

Trifluralin	Preplantación	2.5 litros/ha
-------------	---------------	---------------

Comentarios: Herbicida de preplantación e incorporado para chile de transplante. Este herbicida debe aplicarse e incorporarse previo al transplante de chile. Incorporar dentro de las 24 horas siguientes a la aplicación. Buen control de zacates y malezas de hoja ancha.

Oxifluorfen	Preemergente	1.5 litros/ha
-------------	--------------	---------------

Comentarios: Herbicida de preemergencia a la maleza y postemergencia al cultivo. Se puede aplicar de manera convencional con aspersora de tractor o mochila, así como a través del agua de riego por gravedad. Aplicar el herbicida después de la última escarda, una vez que ya no haya movimiento de suelo. Adicionar el uso de campanas al aguilón para proteger al cultivo del rocío del herbicida. En la aplicación convencional, se sugiere un riego ligero al siguiente día de la aplicación, para que el herbicida se fije en la capa superficial de 3 cm del suelo.

Para la región productora de chile en Zacatecas, los herbicidas con resultados prometedores son la trifluralina y el oxyfluorfen aplicados en asociación (Cuadro 8.4). En un estudio realizado durante 2006 estos dos herbicidas fueron aplicados en combinación con tres escardas, obteniendo un mejor control de malezas que los tratamientos consistentes ya sea en la aplicación de solo trifluralina+tres escardas o tres escardas y tres deshierbes.

El uso de herbicidas implica seguir cuidadosamente las instrucciones de la etiqueta. Cualquier desviación de la etiqueta podría resultar en daños al cultivo, pobre control de malezas, problemas de acarreamiento por el viento o reducción en la calidad del fruto de chile.

INTEGRACIÓN DE MÉTODOS DE CONTROL DE MALEZAS

Debido a la lentitud de crecimiento y desarrollo del cultivo de chile, es imprescindible que se realice una integración de métodos de control de malezas. La aplicación individual del método mecánico suele ser caro por el gran número de jornales requeridos, así como ineficiente. Por otro lado, el control de malezas en chile con el uso exclusivo de herbicidas resulta inadecuado debido a la baja residualidad de estos productos químicos. Es necesario mencionar que no existen actualmente herbicidas específicos para el control de malezas en chile, por lo que ha sido necesaria la adaptación del oxyfluorfen, el cual es ampliamente aplicado en cultivos de cebolla. El cuadro 8.5 muestra un tipo de manejo de malezas alcanzado a través del uso de prácticas mecánicas como la labranza primaria y secundaria y herbicidas.

Cuadro 8.5. Integración de métodos para el control de la maleza durante toda la temporada de crecimiento del chile en Zacatecas.

Fase	Actividad	Recomendación
1	Barbecho, rastreo y nivelación.	Con estas actividades se retrasaría la aparición de la primera generación de malezas.
2	Trifluralin 2.5 litros/ha	El herbicida debe aplicarse e incorporarse previo al trasplante de chile.
3	Cultivos	Aplicar escardas a los 15, 30 y 70 días después del trasplante.
4	Deshierbes	Realizar deshierbes manuales a los 15 y 30 días después del trasplante.
5	Oxifluorfen 1.5 litros/ha	Aplicar el herbicida después de la última escarda, una vez que ya no haya movimiento de suelo

La integración de los métodos de control químico y mecánico resultó en disminuciones en el número de malezas por m² muestreadas en la calle y en el bordo del surco de hasta 98% y 85%, respectivamente (Amador Ramírez *et al.*, 2006).

CALIBRACIÓN DE ASPERSORAS

Para asegurar la aplicación de la dosis recomendada de un herbicida, el productor debe determinar primeramente el volumen de aspersion, es decir, la cantidad total de material (herbicida + agua) que será aplicado por área de suelo, porque la dosis de

herbicida depende de la tasa de volumen de aspersión (Amador, 1986; Martin y Fenster, 1982; Motooka *et al.*, 2002). Para alcanzar ésto, el productor de chile debe calibrar la aspersora. El procedimiento más simple es asperjar un área conocida de suelo para determinar el volumen de agua requerido que proveerá una buena cobertura, realizando la aspersión a una velocidad confortable y constante y una presión constante (15-45 psi).

Para efectuar una aplicación total, ésta se puede realizar con aspersora montada en tractor provista con varias boquillas o con aspersora de mochila acondicionada con dos o más boquillas. Pasos a seguir para la aplicación total:

1. Medir una distancia de 100 metros en el terreno.
2. Agregar agua al depósito de la aspersora y asperjar la distancia establecida a una velocidad y presión constantes.
3. Tomar el tiempo empleado en asperjar los 100 metros.
4. Repetir la operación dos o tres veces y promediar los tiempos obtenidos.
5. Estacionar el tractor y poner a funcionar la aspersora con la misma presión para medir la cantidad de agua que sale por una boquilla en el tiempo establecido. En caso de contar con una aspersora de mochila pero acondicionada con dos o más boquillas, simplemente hágala funcionar sin caminar y mida la cantidad de agua que sale por una boquilla en el tiempo establecido.
6. Repetir la operación dos o tres veces y promediar los resultados obtenidos.
7. Contar el número de boquillas situadas en la barra.
8. Medir la distancia que separa una boquilla de otra.
9. Multiplicar el número de boquillas en la barra por el espaciamiento entre boquillas para obtener el ancho de la banda de aspersión.
10. Una vez conocido el gasto de agua por boquilla calcular para una hectárea mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Cantidad de agua/ha} = \frac{\text{Gasto de agua por boquilla} \times \text{No. boquillas en la barra} \times 100}{\text{Ancho de la banda de aspersión}}$$

El cálculo del agua requerida no necesariamente debe ser para una hectárea, sino también se puede hacer para una mayor o menor superficie. Por ejemplo, para media

hectárea se sustituye en la fórmula el número 100 por 50; para hectárea y media se sustituye el 100 por 150; así sucesivamente.

Ejemplo 1.

Si se desea asperjar una superficie de una hectárea con un herbicida cuya dosificación es de 2.0 litros por hectárea en aplicación total. Para efectuar la aplicación se cuenta con una aspersora montada en tractor provista de una barra que contiene 16 boquillas espaciadas a 38 centímetros entre sí y cubren una banda de 6.08 metros.

Al seguir la secuencia descrita en la calibración, suponga que el gasto de agua por boquilla, en el tiempo empleado en la aspersión de los 100 metros, es de 1.5 litros. Para obtener la cantidad de agua necesaria para asperjar la hectárea se sustituyen los valores en la fórmula descrita:

$$\text{Cantidad de agua/ha} = \frac{1.5 \text{ litros} \times 16 \text{ boquillas} \times 100}{6.08 \text{ metros}} = 395 \text{ litros/ha}$$

Por lo tanto, a la dosis recomendada de 2.0 litros/ha de herbicida se le deben agregar 400 litros de agua aproximadamente, suficientes para cubrir la hectárea.

Numerosos factores influyen en el desempeño de los herbicidas. Swisher y Martin (1984) mencionan que algunos factores físicos (equipo de aplicación, calidad del agua y la incorporación de aditivos), factores ambientales o la mezcla de herbicidas afectan la eficacia de aquellos herbicidas aplicados foliarmente. Por ejemplo, el agua “dura” que generalmente contiene sales de calcio y magnesio llega a reducir la efectividad de herbicidas como el glifosato.

OPORTUNIDAD EN LA APLICACIÓN DE HERBICIDAS.

La efectividad del herbicida y la eficiencia de la operación suele estar estrechamente relacionada con la oportunidad en las aplicaciones de herbicidas. Las aplicaciones de herbicidas deben ser hechas cuando las malezas son más susceptibles y

cuando las condiciones ambientales son apropiadas para una aplicación segura y efectiva.

Los herbicidas deben ser aplicados bajo las siguientes condiciones:

Cuando las reservas de energía en las malezas están bajas. Las plantas gastan la energía almacenada en nuevos crecimientos, lo cual sucede después de una sequía, después del invierno, después de un fuego, ó después de un tratamiento mecánico o herbicida (Ivens, 1971).

Cuando la maleza tiene hoja suaves, completamente extendidas. En este estado, la cutícula es delgada y el área foliar es lo suficientemente grande como para retener la aspersión del herbicida; dentro de la planta, la maleza empieza a construir reservas de energía (Richardson, 1975).

Cuando las malezas son jóvenes. Las plantas jóvenes y pequeñas son más fáciles de controlar que las plantas grandes, maduras y leñosas (Ueckert *et al.*, 1980). El control temprano de malezas requiere de menos herbicida y menos repeticiones del tratamiento herbicida. Mientras las malezas sean pequeñas, el tratamiento oportuno reduce la cantidad de herbicida necesaria en aquellos tratamientos subsecuentes.

Cuando las malezas están en crecimiento activo. Las malezas deben ser asperjadas con herbicidas cuando ellas estén en crecimiento y con fotosíntesis activa. Crecimiento activo significa que las malezas tienen hojas suculentas fácilmente penetrables por los herbicidas. Por otro lado, en fotosíntesis activa el flujo de fotosintatos y herbicidas móviles a través del floema es activo (Ashton y Crafts, 1973).

En ausencia de lluvia, pero con adecuada humedad del suelo. La duración del período libre de lluvia para una máxima eficiencia depende de las especie de maleza (Roggenbuck *et al.*, 1990), del herbicida (Roggenbuck *et al.*, 1990), así como del surfactante, de la formulación herbicida, la dosis de aplicación, y de las condiciones ambientales (Motooko *et al.*, 2002). Por otro lado, la aspersión de herbicidas debe ser hecha cuando la humedad del suelo sea adecuada para el crecimiento vigoroso de la maleza.

IMPLICACIONES PRÁCTICAS

La información vertida a través del presente capítulo resalta la importancia que las malezas representan dentro de la agricultura, desde la identificación y descripción de las especies de maleza hasta el establecimiento de medidas apropiadas de control. Si se parte del hecho de que las malezas forman parte de un todo llamado agroecosistema, y que están en constante interacción con los cultivos, entonces el desarrollo de cualquier sistema de manejo integrado de malezas requiere del conocimiento del comportamiento de las malezas, no solamente en el sistema chile, sino en el agroecosistema en general.

El manejo integrado de malezas es una integración de prácticas efectivas de manejo tanto de la maleza como del cultivo, las cuales incluyen el uso de oportunas y apropiadas escardas y métodos químicos efectivos en un sistema de producción de cultivos (Shaw, 1982). Los objetivos de las investigaciones vertidas en este capítulo, al igual que los objetivos del enfoque de manejo integrado de malezas, fueron la reducción de pérdidas en rendimientos del chile causadas por la presencia de malezas, reducción de costos del control de malezas, reducción de mano de obra y prácticas de labranza para controlar la maleza.

Los resultados de todos los estudios emprendidos en el Altiplano están contribuyendo al desarrollo de un sistema de manejo integrado de malezas para Chile. La información de este capítulo provee una base para los productores de Chile y asistentes técnicos vinculados con la producción de este cultivo con respecto a medidas oportunas de control de malezas, sin importar la metodología. Es necesario mencionar que nuevos estudios, donde se incluya la actualización de información sobre manejo de malezas, son requeridos.

LITERATURA CITADA

- Adigun, J. A.; S. T. O. Lagoke and S. K. Karikari. 1991. Chemical weed control in irrigated sweet pepper (*Capsicum annum* L.). *Tropical Pest Management*, 37:155-158.
- Aguilar A., S. 1975. Reconocimiento zonal de malezas en el cultivo de Chile. Informe de Investigación Agrícola Ciclo 1975. Campo Experimental Zacatecas, CIANE-INIA. pp 2.1-2.14.

- Amador Ramírez, M. D.; F. Mojarro Dávila y Á. G. Bravo Lozano. 2006. Generación y validación de tecnología para el control de malezas en chile. Informe Interno de Investigación Ciclo 2004-2006. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Zacatecas. México.
- Amador Ramírez., M. D.; R. Velásquez-Valle; Á. G. Bravo-Lozano and R. Gutiérrez-Luna. 2005. Interference of weeds on growth and yield of transplanted dry chile pepper. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 11:73-81.
- Amador-Ramírez, M. D. 2002. Critical period of weed control in transplanted chilli pepper. *Weed Res.* 42:203-209.
- Amador Ramírez, M. D. 1990. Comportamiento de malezas en diferentes niveles de humedad del suelo. *Terra* 9:230-236.
- Amador R., M. D. 1989. Diagnostico de malezas en chile (*Capsicum annuum*) en Zacatecas. Memorias XII Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza. Acapulco, Gro. pp102.
- Amador R., M. D. 1986. Uso y Manejo de Herbicidas en Maíz y Frijol en Zacatecas. Campo Agrícola Experimental Zacatecas. Folleto para Productores No. 16. 19 páginas.
- Anderson, W. P. 1983. *Weed Science: Principles*. Second Edition. West Pub. Co. St. Paul, Minn. USA. 655 pages.
- Ashton, F. M. and A. S Crafts. 1973. *Mode of action of herbicides*. Wiley, New York.
- Baltasar, A. M.; T. J. Monaco and D. M. Peele. 1984. Bentazon selectivity in hot pepper (*Capsicum chinense*) and sweet pepper (*Capsicum annuum*). *Weed Sci.* 32:243-246.
- Galindo G., G.; C. López M.; B. Cabañas C.; H. Pérez T. y A. Robles M. 2002. Caracterización de productores de chile en el altiplano de Zacatecas. Folleto Científico No. 5 INIFAP-Campo Experimental Zacatecas. 102 páginas.
- García C., R. y E. Zamarripa R. 1981. Control de malezas del chile en Aguascalientes. Campo Agrícola Experimental Pabellón. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Centro de Investigaciones Agrícolas Norte-Centro. Desplegable para Productores No. 7. 6 páginas.
- Gobierno del Estado de Zacatecas. 2000. El Cultivo del Chile. In *Campo Zacatecano: Un Camino al Desarrollo* (Ruiz G., J. y F. Olea M., recopiladores). Tomo 1 Vol. 1.

Coordinación de Promoción y Seguimiento de Proyectos Estratégicos del Gobierno de Zacatecas. 64 páginas.

- Goyal, M. R. 1983. Labor-input requirements for experimental production of summer peppers under drip irrigation. *J. Agric. Univ. P. R.* 67:22-27.
- Gutiérrez, W.; C. Medrano; J. L. Báez; H. Pinto; Y. Villalobos y B. Medina. 2002. Evaluación de la eficacia del herbicida halosulfuron metil sólo y en mezcla con acetocloro en el control de malezas en pimentón *Capsicum annuum* L. en la planicie de Maracaibo, estado Zulia, Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 19:87-94.
- Hernández H., J.; V. Esqueda E.; G. Arcos C. y J. A. Sandoval R. 1989. Evaluación de herbicidas postemergentes en chile jalapeño *Capsicum annuum* L. Memorias XII Cong. Nal. De la Ciencia de la Maleza. Acapulco, Gro. pp.38.
- Ivens, G. W. 1971. Seasonal differences in kill in two Kenya bush species after foliar herbicide treatments. *Weed Res.* 11:150–158.
- Lee, R. D. and J. Schroeder. 1995. Weed Management in Chile. NMSU Agricultural Experiment Station. Circular 548. Las Cruces, NM.
- Martin, A. R.; L. L. Bashford and C. R. Fenster. 1982. Calibrating a sprayer. Cooperative Extension Service. University of Nebraska. Brochure G82-566. 4 pages.
- Motooka, Ph.; L. Ching and G. Nagai. 2002. Herbicidal weed control methods for pastures and natural areas of Hawaii. Cooperative Extension Service. College of Tropical Agriculture and Human Resources. University of Hawaii at Mānoa
<http://www2.ctahr.hawaii.edu/FreePubs/Freepubs09.asp#WeedControl>
- Neal, J. C. and S. L. Warren. 1998. Weed management in annual color beds. North Carolina Cooperative Extension Service. <http://www.ces.ncsu.edu/depts/hort/hil/hil-644.html>
- Quezada G., E. 1982. El herbario CIANOC: un apoyo científico para la investigación y la enseñanza agrícola. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Tema Didáctico No. 16. 27 páginas.
- Ramiro C., A. 1992. El chile mirasol o guajillo en el altiplano de San Luis Potosí. CIRNO, Campo Experimental Palma de la Cruz. Folleto para Productores No. 13. 13 páginas.
- Richardson, R. G. 1975. Foliar penetration and translocation of 2,4,5-T in blackberry (*Rubus procerus* P.J. Muell.). *Weed Res.* 15:33–38.

- Roggenbuck, F. C.; L. Rowe; D. Penner; L. Petroff and R. Burow. 1990. Increasing postemergence herbicide efficacy and rainfastness with silicone adjuvants. *Weed Technol.* 4: 576–580.
- Shaw, W. C. 1982. Integrated weed management systems technology for pest management. *Weed Sci.* 30:2-12 (Suppl.).
- Swisher, B. A. and A. R. Martin. 1984. Factors affecting foliar-applied herbicides. Cooperative Extension Service. University of Nebraska. Brochure G84-700. 4 pages.
- Ueckert, D. N.; C. J. Scifres; S. G. Whisenant and J. L. Mutz. 1980. Control of bitterweed with herbicides. *J. Range Mgt.* 33:465–469.
- Vengris, J.; W. G. Colby and M. Drake. 1955. Plant nutrient competition between weeds and corn. *Agron J.* 47:213-216.
- Villegas y de Gante, M. 1979. Malezas de la Cuenca de México: Especies Arvenses. Instituto de Ecología A.C. Museo de Historia Natural de la Ciudad de México. Publicación No. 5. México, D.F. 137 páginas.

CAPÍTULO 9

ZONAS CON ALTO POTENCIAL PARA LA PRODUCCIÓN DE CHILE

M.C. Guillermo Medina García
Programa Potencial Productivo
Campo Experimental Zacatecas-INIFAP

M.C. Bertoldo Cabañas Cruz
Programa Mejoramiento Genético
Campo Experimental Zacatecas-INIFAP

M.C. Ángel Bravo Lozano
Programa Uso y Manejo del Agua
Campo Experimental Zacatecas-INIFAP

INTRODUCCIÓN

El chile seco en Zacatecas es uno de los cultivos que genera mayores ingresos para los productores y es la fuente generadora de empleos más importante; cada hectárea plantada con esta hortaliza requiere en promedio 150 jornales (Bravo *et al.*, 2002).

El conocimiento del potencial de uso de los suelos agrícolas es una herramienta poderosa para desarrollar una agricultura con mayores probabilidades de éxito. Conocer cuál o cuáles son las especies vegetales adecuadas para una región, permite contar con verdaderas opciones de cultivos.

La selección de especies con potencial agroecológico para una región, implica ventajas en el manejo del cultivo. Se sabe que producir una especie fuera de su ambiente óptimo trae consigo el encarecimiento de las tecnologías de producción (Chang, 1981). En general, la respuesta típica esperada de una especie o cultivar fuera de su ambiente óptimo es la reducción del rendimiento, la cual normalmente es provocada por la presencia de condiciones de estrés ambiental (Ruiz, 1996).

Cada especie vegetal tiene ciertas necesidades ambientales para su crecimiento y desarrollo. Estas necesidades o requerimientos normalmente se describen por rangos y suele reportarse por especie (Benacchio, 1982 y FAO, 1993). Dependiendo de los intervalos que se utilicen será el resultado del diagnóstico de potencial productivo; por

ejemplo, si se trabaja con rangos óptimos, las áreas potenciales resultantes, supondrán la obtención de altos rendimientos y rentabilidad para el cultivo.

El diagnóstico de potencial productivo consiste en buscar, dentro de la región de estudio, áreas en las que se cubran los requerimientos agroecológicos de los cultivos. Esto se realiza mediante el contraste de tales requerimientos con las disponibilidades ambientales de la región.

El estado de Zacatecas presenta gran variación ambiental que se puede aprovechar para la producción de diversas especies o para la producción en diferentes épocas; en este caso, se considera de manera general el cultivo del chile sin considerar especies.

Requerimientos agroclimáticos del chile

Las especies vegetales a través de su evolución se han adaptado a diferentes ambientes de desarrollo. Los factores que más influyen en la planta son el clima y el suelo; por lo anterior, las especies vegetales deben sembrarse en las condiciones más adecuadas del medio ambiente para tener un aprovechamiento máximo de los recursos agroclimáticos disponibles y el incremento de la productividad.

El clima es uno de los componentes ambientales más determinantes en la adaptación, distribución y productividad de los seres vivos (FAO, 1981; Critchfield, 1983). El clima debe ser valorado bajo el contexto de recurso natural disponible al emprenderse una actividad productiva (Villalpando y García, 1993; Ruiz *et al.*, 1999) y dentro de este contexto evaluar la imposición de restricciones a los sistemas productivos (Castro y Arteaga, 1993).

Para evaluar las disponibilidades o limitantes climáticas de una región determinada es imprescindible caracterizar en términos cuantitativos el comportamiento de los diversos elementos del clima, tales como temperatura, precipitación pluvial, humedad ambiental, evaporación, radiación solar, viento y otros (Villalpando *et al.*, 1991).

La influencia de la temperatura sobre el crecimiento y desarrollo vegetal es muy importante, un cambio de pocos grados propicia un cambio significativo en la tasa de

crecimiento. Cada especie o variedad, posee en cualquier etapa de su ciclo de vida y en cualquier conjunto determinado de condiciones de estudio, una temperatura mínima umbral debajo de la cual no crece (Del Pozo *et al.*, 1987), una temperatura óptima (o rango de temperaturas) en la que crece con una tasa máxima (Ruiz *et al.*, 1998) y una temperatura máxima por arriba de la cual no crecerá (Summerfield *et al.*, 1989). En general, el crecimiento de varias especies está adaptado a las temperaturas de sus ambientes naturales.

La distribución geográfica de las especies está en función de las condiciones climatológicas predominantes, según lo demuestran los trabajos de Sánchez y Ruiz (1996), Sánchez *et al.* (1998) y Ruiz *et al.* (2001) para el caso del teocintle. También, es posible observar una fuerte correlación entre tipos climáticos y tipos de vegetación (Rzedowski, 1983; García, 1988).

El chile es un cultivo que se adapta a diversas condiciones ambientales, se le encuentra en: zonas templadas, subtropicales y tropicales; zonas cálidas, semicálidas y semifrías; semiáridas, áridas, subhúmedas y húmedas. Generalmente se le encuentra distribuido entre los 40° de latitud norte y los 40° de latitud sur (Ruiz *et al.*, 1999). Por lo anterior, es importante ubicar las zonas con potencial de producción alto para esta hortaliza, con mayor probabilidad de éxito.

Pozo (1983) señala que dada la gran diversidad de chiles cultivados que existen en México, se cultiva desde el nivel del mar hasta los 2,500 m, cubriendo diversos ambientes ecológicos. Por su parte, Ruiz *et al.* (1999) reportaron que el rango de altitud para esta especie es de 0 a 2,700 m.

Arcos *et al.* (1998) reportaron que el requerimiento de agua por el chile es variable e indicaron que para el chile Jalapeño se requieren de 500 a 600 mm distribuidos uniformemente durante su ciclo, pero esto puede variar según el tipo de suelo y el drenaje y puede requerir hasta 1,300 milímetros de lluvia. En el Altiplano de Zacatecas, la producción de chile seco se realiza bajo condiciones de riego, por lo que el cultivo no está limitado a las condiciones del agua de lluvia.

Se considera que es factible cultivar chile en zonas donde la temperatura media anual está en el ámbito de 13 a 24°C (CATIE, 1993); es un cultivo sensible a las heladas y puede tolerar temperaturas superiores a los 32° C, si existen altas humedades relativas (Arcos *et al.*, 1998). Bravo *et al.* (2000) reportaron que durante dos ciclos en el Altiplano de Zacatecas, las variedades de chile Ancho, Serrano y Jalapeño requirieron aproximadamente 1,400 unidades calor durante su ciclo, considerando temperaturas umbrales de 10 y 35° C.

El cultivo de chile requiere de suelos de textura ligera a media, bien drenados y con una profundidad mínima de 35 a 50 cm. Es moderadamente tolerante a la salinidad y puede desarrollarse adecuadamente con un pH de 4.3 a 8.3, siendo el óptimo alrededor de 6.3 (Ruiz *et al.*, 1999). Arcos *et al.* (1998) indicaron que se puede cultivar chile jalapeño bajo condiciones de temporal en terrenos donde la pendiente es de 0 a 4%; sin embargo, en la región del Altiplano de Zacatecas, el cultivo de chile se realiza bajo condiciones de riego, por lo que la pendiente más recomendable es hasta 2%.

Para la ubicación de las zonas con alto potencial para el cultivo de chile de riego, se consideró lo siguiente: que se tuviera una altitud menor a 2,500 msnm, una temperatura media anual entre 13 y 24°C, que se contara durante el ciclo de cultivo con más de 1,400 unidades calor, suelos con una profundidad de más de 50 centímetros, con textura media, sin problemas de sales y con una pendiente del terreno entre 0 y 1%.

Las zonas que cumplieran con los requerimientos descritos en el párrafo anterior, pero que tuvieran suelos con una profundidad menor de 50 cm, textura arcillosa o arenosa y una pendiente del terreno entre 1 y 2%, se consideraron como de mediano potencial.

Delimitación de zonas potenciales

La metodología utilizada para la obtención de las áreas potenciales fue la propuesta por Medina *et al.* (1997), la cual consiste en la sobreposición de mapas o variables de los diferentes requerimientos agroclimáticos de la especie en estudio. Se genera un mapa de cada variable, por ejemplo, rango óptimo de temperatura media en el ciclo del cultivo, y posteriormente se sobreponen todos los mapas, de tal manera que se seleccionan las áreas que cumplen con todos los requerimientos. Todo este proceso es realizado mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG).

Estos principios metodológicos han sido llevados a diversas especies cultivadas, donde el clima resulta determinante para definir las áreas potenciales de producción. Tal es el caso de estudios realizados en hortalizas (INIFAP, 1994; Tapia *et al.*, 1995; Ruiz *et al.*, 1995; Ruiz *et al.*, 1996), cultivos anuales (Ruiz y Rivera, 1994; Ruiz *et al.*, 1997; Ruiz *et al.*, 1998), cultivos tropicales (Núñez *et al.*, 1994; Vizcaíno *et al.*, 1996), cultivos de clima templado (Medina *et al.*, 2003), cultivos industriales como el agave (Nobel *et al.*, 1998; Ruiz *et al.*, 2002), cultivos forrajeros (Medina *et al.*, 2001; Santamaría *et al.*, 2000) y caña de azúcar (González *et al.*, 1996), entre otros.

En la preparación de los mapas se utilizó información proveniente de diferentes formatos y fuentes de origen.

En el mapa de altitudes se utilizó el modelo de elevación digital generado por INEGI derivado de las cartas topográficas escala 1:250,000, y a partir de éste se generó el mapa de pendientes con el SIG IDRISI.

Las imágenes de la temperatura media y la precipitación anual fueron generadas por el INIFAP, a partir de los datos de las estaciones climáticas de la Comisión Nacional del Agua, ubicadas en el área de estudio y sus alrededores. Estos datos se interpolaron utilizando el SIG IDRISI.

En el caso de las unidades de suelo se utilizaron las cartas edafológicas del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática escala 1:50,000.

En el análisis de la información del medio físico que se utilizó para ubicar las áreas con potencial de producción para chile, se utilizaron los SIG IDRISI32 Ver.1 (Eastman, 1999) y ArcView Ver. 3.2 (ESRI, 1990).

En el Cuadro 9.1 se presenta el número de hectáreas con alto y mediano potencial por Distrito de Desarrollo Rural (DDR) y en las Figuras 9.1 al 9.5 se muestran los mapas con las zonas delimitadas para producir chile de riego, a nivel estatal y para los cuatro DDR con mayor superficie sembrada.

Cuadro 9.1. Superficie sembrada y con potencial para la producción de chile de riego en el estado de Zacatecas.

DDR	Superficie Sembrada (ha)*	POTENCIAL (ha)		
		Alto	Mediano	Total
C. del Oro	212	2,561	7,808	10,369
Fresnillo	11,597	53,055	72,171	125,226
Jalpa	247	2,671	15,087	17,758
Jerez	582	13,547	30,309	43,856
Ojocaliente	3,921	43,557	138,746	182,303
Río Grande	2,019	60,625	140,381	201,006
Tlaltenango	0	3,069	20,188	23,257
Zacatecas	20,948	59,203	65,970	125,173
Total	39,526	238,289	490,658	728,948

*Fuente: SAGARPA 2004.

En los resultados obtenidos, se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- En las zonas potenciales existe el potencial agroclimático para la producción de chile, aunque no necesariamente existe agua disponible para regar.
- Las zonas potenciales obtenidas no son excluyentes, es decir, una misma zona puede tener potencial para varias especies.
- En las zonas potenciales obtenidas están considerados exclusivamente suelos agrícolas.
- Para que una especie exprese su máximo potencial, además de establecerla en la zona adecuada, se debe aplicar la tecnología de producción recomendada.

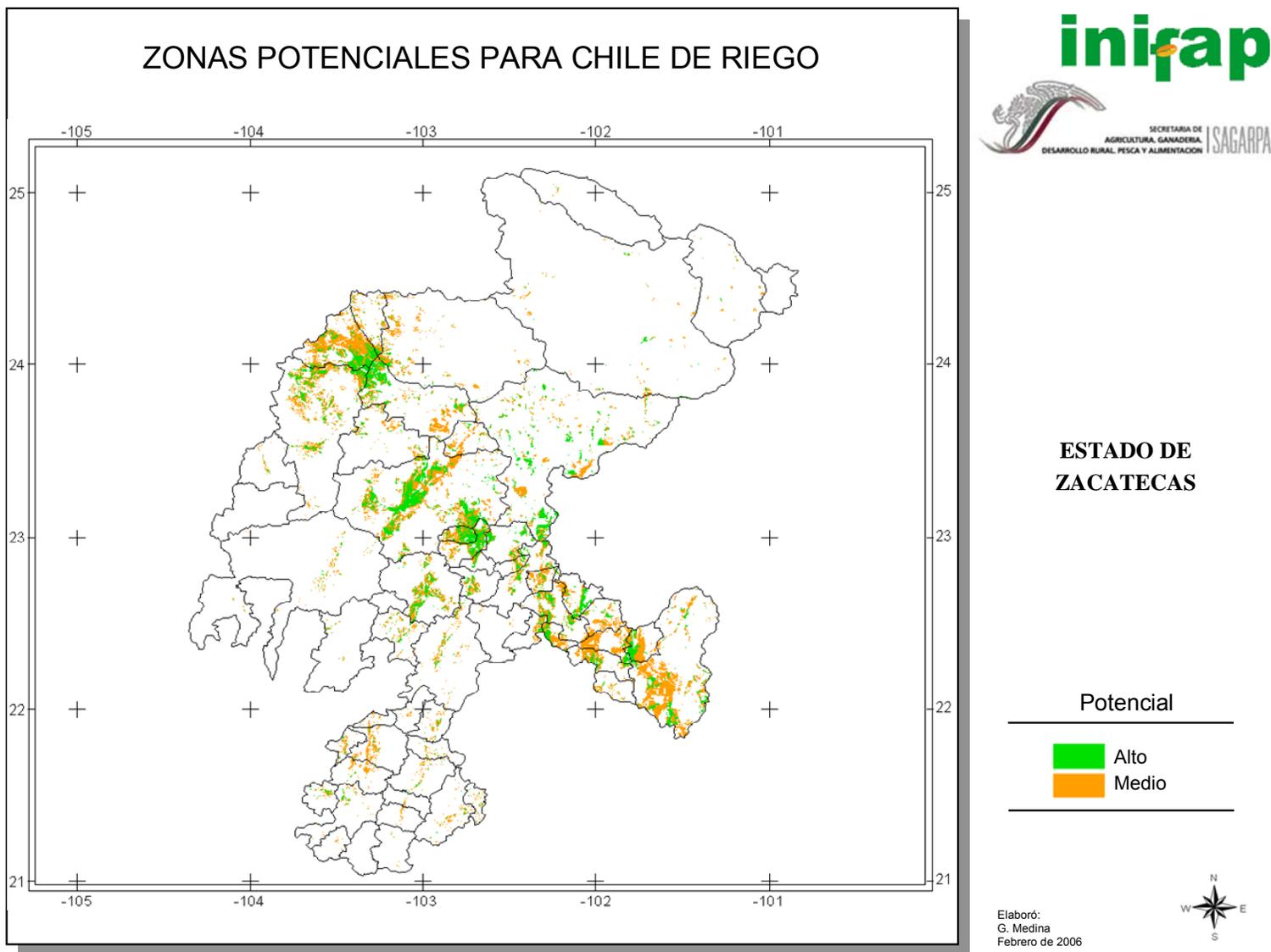


Figura 9.1. Zonas de alto y medio potencial para la producción de chile seco en el estado de Zacatecas.

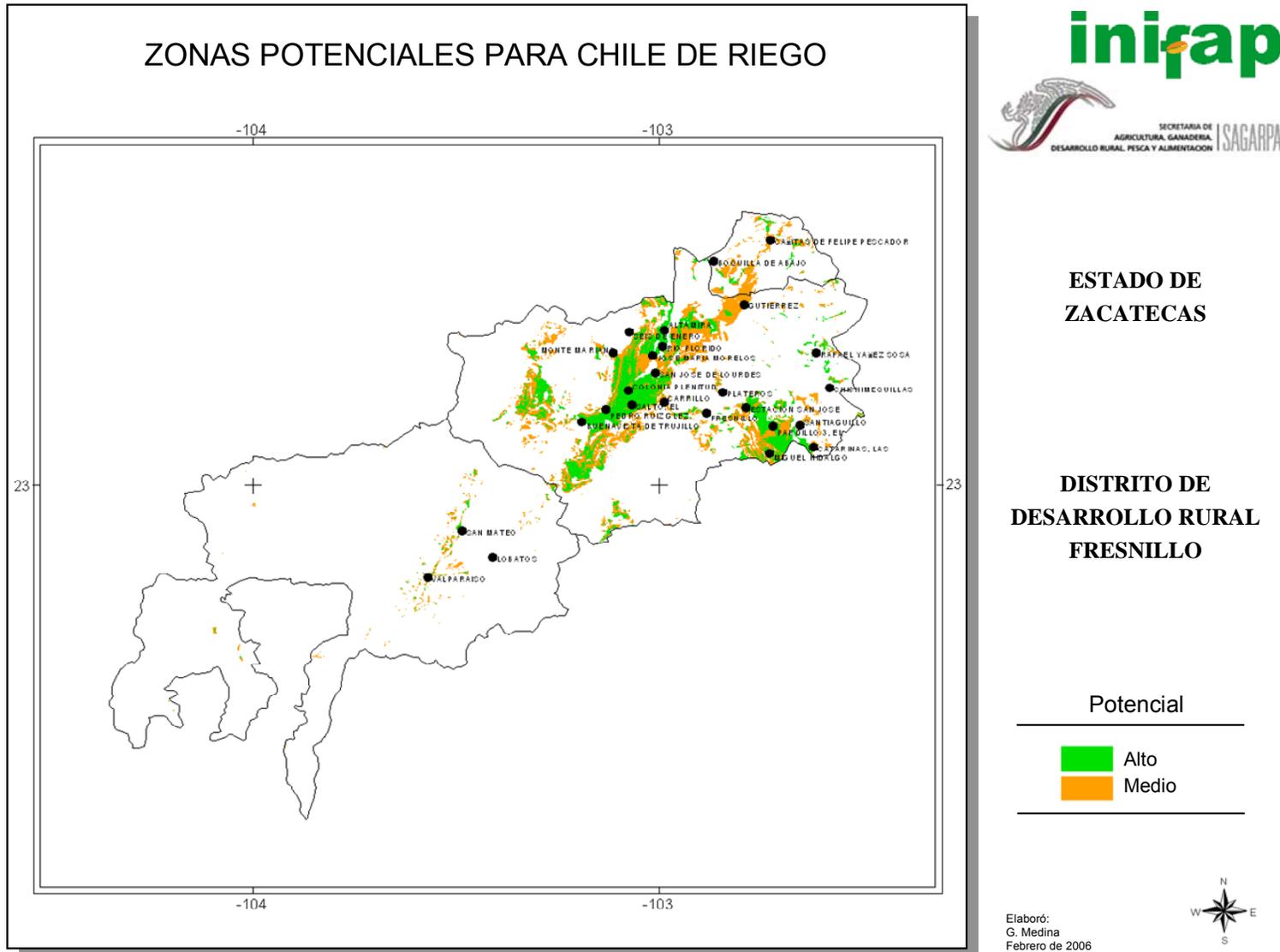


Figura 9.2. Zonas de alto y medio potencial para la producción de chile seco en el DDR Fresnillo.

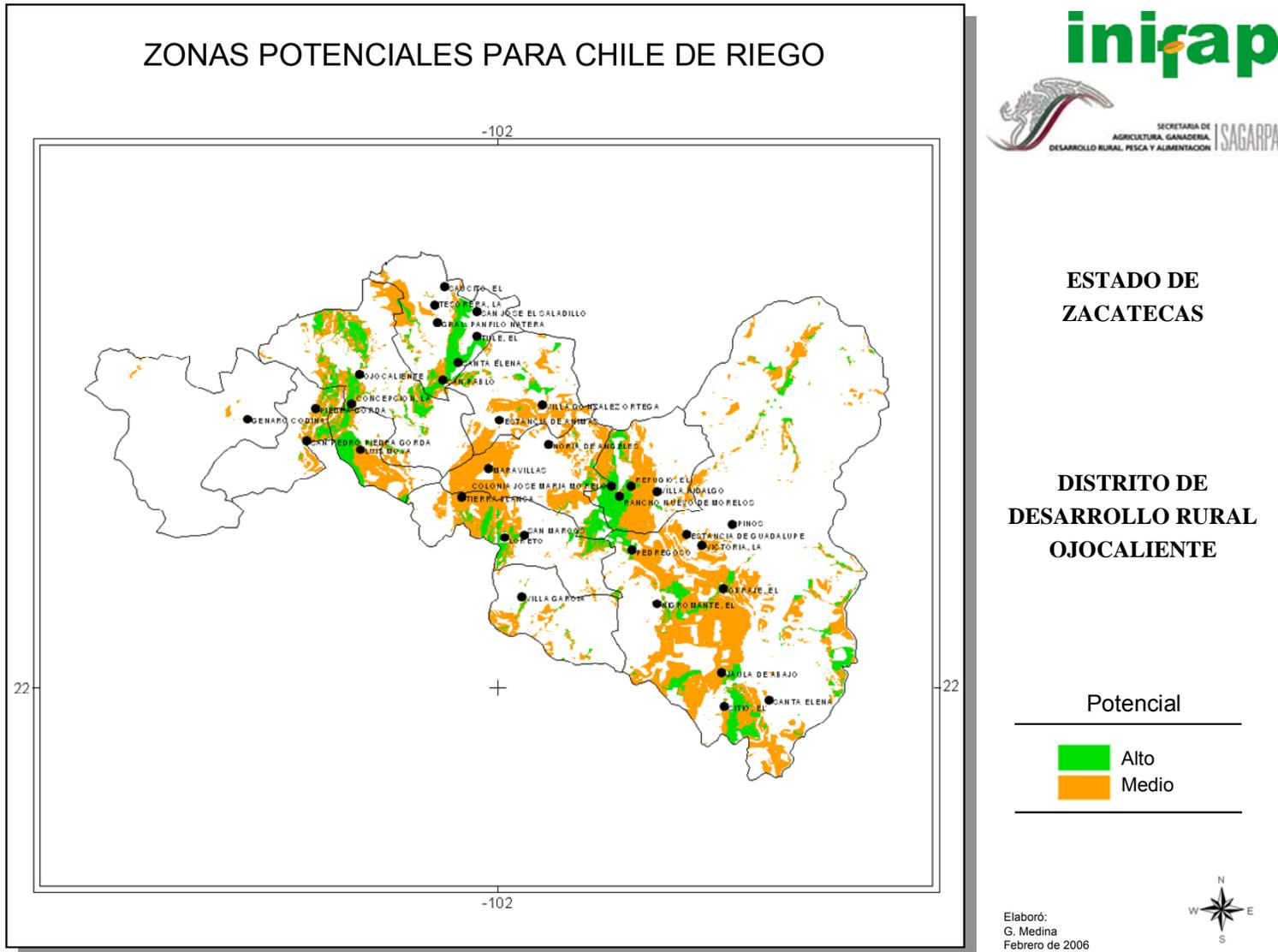


Figura 9.3. Zonas de alto y medio potencial para la producción de chile seco en el DDR Ojocaliente.

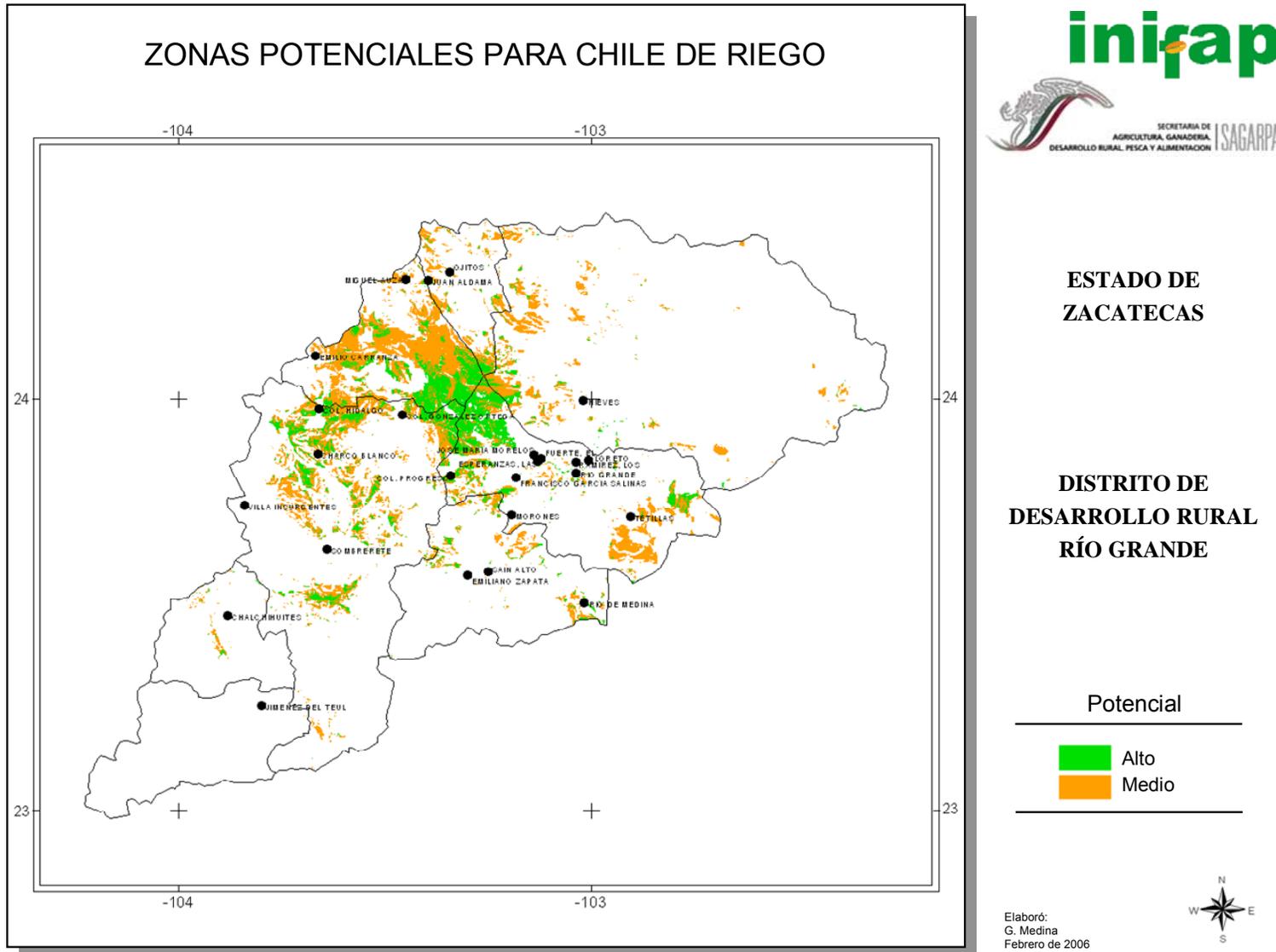


Figura 9.4. Zonas de alto y medio potencial para la producción de chile seco en el DDR Río Grande.

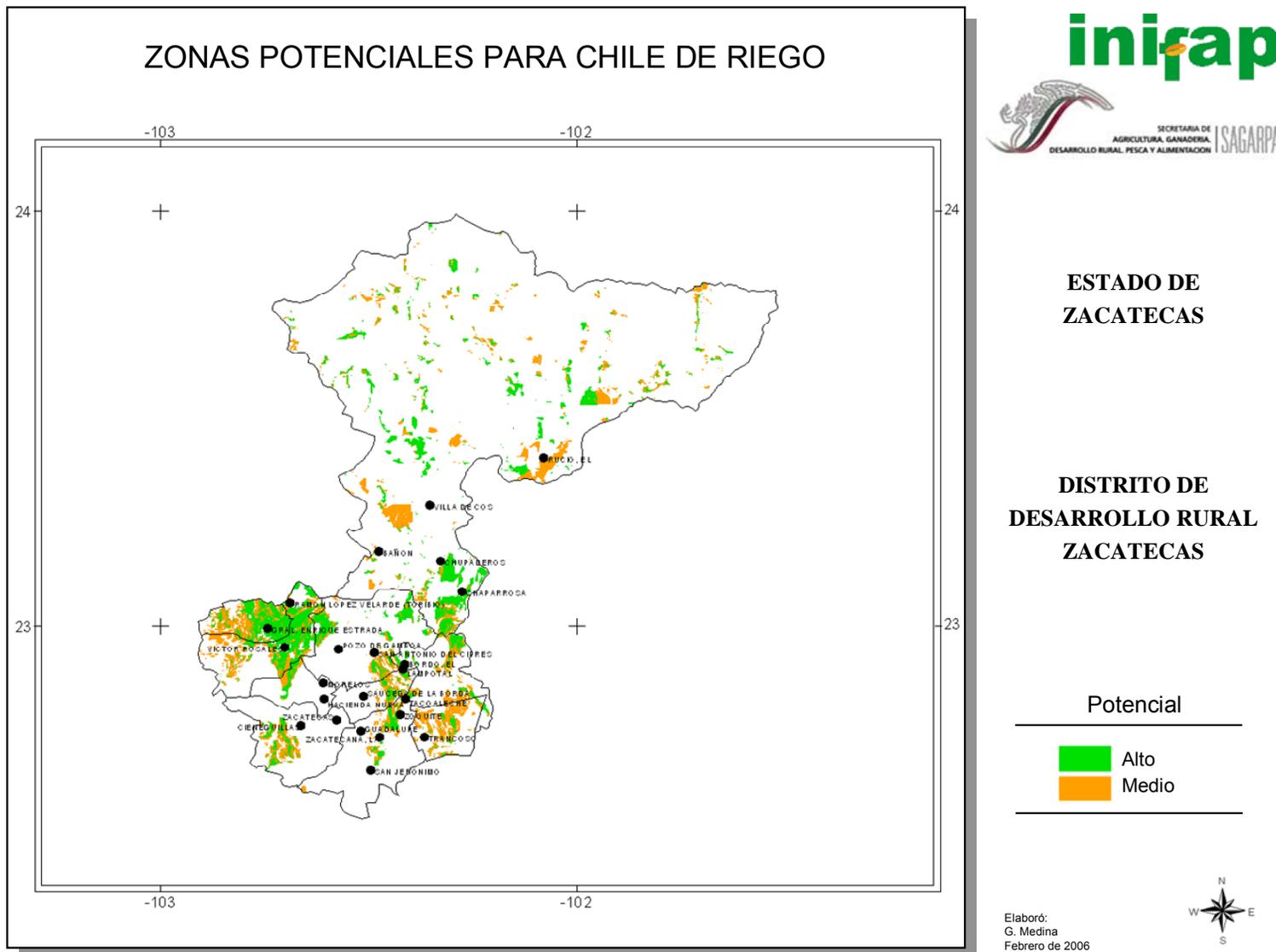


Figura 9.5. Zonas de alto y medio potencial para la producción de chile seco en el DDR Zacatecas.

LITERATURA CITADA

Arcos C., G.; J. Hernández H.; D. E. Uriza A.; O. Pozo C. y A. Olivera de los S. 1998. Tecnología para producir chile Jalapeño en la planicie costera del Golfo de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, División Agrícola, México D. F., México. (Folleto Técnico Núm. 24).

Benacchio, S. S. 1982. Algunas exigencias agroecológicas en 58 especies de cultivo con potencial de producción en el Trópico Americano. FNIA-CNIA. Maracay, Venezuela. 202 p.

Bravo L., Á. G.; B. Cabañas C.; J. Mena C.; H. Salinas G. y F. Rincón V. 2000. Optimización de los procesos de producción del cultivo del chile seco en el estado de Zacatecas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Calera. Informe final de proyecto de investigación. Calera de V. R., Zac., México. (Mimeografiado).

Bravo L., Á. G.; B. Cabañas C.; J. Mena C.; R. Velásquez V.; S. Rubio D.; F. Mojarro D. y G. Medina G. 2002. Guía para la producción de chile seco en el altiplano de Zacatecas. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Norte Centro, Campo Experimental Zacatecas, Calera de V.R., Zac., México. 38 p, (Publicación Técnica No. 1).

Castro Z., R. y R. Arteaga R. 1993. Introducción a la Meteorología. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Méx., México. 275 p.

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 1993. Guía para el manejo integrado de plagas del cultivo de chile dulce. Proyecto regional Manejo Integrado de Plagas. Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica. (Informe Técnico No. 201).

Chang, J. H. 1981. A climatological consideration of the transference of agricultural technology. Agric. Meteorol. 25: 1-13.

-
- Critchfield, H. J. 1983. General Climatology. 4th Ed. Prentice Hall Inc. New Jersey, USA. 435 p.
- Del Pozo A., H.; J. García-Huidobro; R. Novoa and S. Villaseca. 1987. Relationship of base temperature to development of spring wheat. *Exp. Agric.* 23:21-30.
- Eastman, J. R. 1999. IDRISI32 Guide to GIS and Image Processing. Volume 1. Clark Labs. Clark University. 193 p.
- Environmental System Research Institute (ESRI). 1990. Understanding GIS. The ARC/INFO Method. Redlands, California, United States of America. pp 1-10.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 1981. Informe del Proyecto de Zonas Agroecológicas. Vol. 3: Metodología y resultados para América del Sur y Central. FAO 48/3. Roma. 143 p.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 1993. ECOCROP 1. The adaptability level of the FAO crop environmental requirements database. Version 1.0. AGLS. Rome.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 4ta. Ed. Offset Larios. México, D. F., México. 155 p.
- González A., I. J.; J. A. Ruiz C.; J. G. López A.; L. Mena H.; R. A. Martínez P.; J. A. Camarena B.; M. H. Pérez B.; V. Vázquez V. y R. Villa H. 1996. Diagnóstico del potencial agroecológico para caña de azúcar, en áreas de ampliación del Ingenio de Puga en el estado de Nayarit. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Consorcio AGA. Tepic, Nay., México. 65 p. (Publicación Especial Num. 1).
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 1994. Informe final del proyecto "Determinación del potencial agroecológico del valle de Tecomán, Colima". Centro de Investigación Regional Pacífico Centro. 87 p.

- Medina G., G.; J. A. Ruiz C.; R. A. Martínez P. y M. Ortiz V. 1997. Metodología para la determinación del potencial productivo de especies vegetales. *Agric. Téc. Méx.* 23(1):69-90.
- Medina G., G.; H. Salinas G. y F. A. Rubio A. 2001. Potencial productivo de especies forrajeras en el estado de Zacatecas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Norte Centro, Campo Experimental Calera, Calera de V.R., Zac., México. 86 p. (Libro Técnico Núm. 1).
- Medina G., G.; A. F. Rumayor R.; B. Cabañas C.; M. Luna F.; J. A. Ruiz C.; C. Gallegos V.; J. Madero T.; R. Gutiérrez S.; S. Rubio D. y A. G. Bravo L. 2003. Potencial productivo de especies agrícolas en el estado de Zacatecas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Norte Centro, Campo Experimental Zacatecas, Calera de V.R., Zac., México. 157 p. (Libro Técnico Núm. 2).
- Nobel, P. S.; M. N. Castañeda G.; E. Pimienta B. and J. A. Ruiz C. 1998. Temperature influences on leaf CO₂, cell viability and cultivation range for *Agave tequilana*. *J. Arid Environ.* 39:1-9.
- Núñez H., G.; R. A. Martínez P.; A. del Toro M. y A. Vizcaíno G. 1994. Determinación del potencial productivo de especies vegetales para el estado de Colima: Distrito de Desarrollo Rural 001 Tecomán, Col. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Pacífico Centro. Colima, Col., México. 97 p.
- Pozo C., O. 1983. Logros y aportaciones de la investigación agrícola en el cultivo del chile. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. México, D. F., México. 20 p.
- Ruiz C., J. A. y J. Rivera. 1994. Áreas potenciales para la producción de semilla de maíz bajo temporal en Jalisco. In: Resúmenes de la Séptima Reunión Científica

-
- Forestal y Agropecuaria de Jalisco. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Pacífico Centro Guadalajara, Jal., México. p. 213.
- Ruiz C., J. A.; D. R. González E. y J. R. Zapata A. 1995. Estudio preliminar del potencial productivo del Rancho "El Oasis del Desierto". Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Pacífico Centro. Guadalajara, Jal., México. 72 p.
- Ruiz C., J. A. 1996. Modificaciones microclimáticas aplicadas a la agricultura. Seminarios Técnicos. Facultad de Agricultura-CUCBA-Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jal., México. Documento Inédito. 35 p.
- Ruiz C., J. A.; H. E. Flores L.; J. Orozco R.; A. Vizcaíno G.; A. García B. y A. Morfín V. 1996. Determinación del potencial productivo de la Costa de Jalisco – Estudio Piloto – II. Variables de diagnóstico. In: VIII Reunión Científica y Técnica Forestal y Agropecuaria. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Pacífico Centro. Memoria Científica Núm. 1. Guadalajara, Jal., Méx. pp. 175-176.
- Ruiz C., J. A.; H. E. Flores L.; R. A. Martínez P.; D. R. González E. y L. Nava V. 1997. Determinación del potencial productivo de especies vegetales para el Distrito de Desarrollo Rural de Zapopan, Jalisco. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Pacífico Centro. Campo Experimental Centro de Jalisco, Tlajomulco de Zúñiga., Jal., Méx. 60 p. (Folleto Técnico Núm. 5).
- Ruiz C., J. A.; K. F. Byerly M.; R. A. Martínez P.; D. R. González E.; L. Nava V.; S. De La Paz G.; P. Alemán R.; J. J. Aceves R. y H. E. Flores L. 1998. Determinación del potencial productivo de especies vegetales para el estado de Jalisco. Distrito de Desarrollo Rural 067 Ameca. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Centro de Jalisco. Tlajomulco de Zúñiga, Jal., México. 46 p. (Folleto Técnico Núm. 6).

Ruiz, C., J. A.; G. Medina G.; I. J. González A.; C. Ortiz T.; H. E. Flores L.; R. A. Martínez P. y K. F. Byerly M. 1999. Requerimientos agroecológicos de cultivos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro, Guadalajara, Jal., México. 324 p. (Libro Técnico Núm. 3).

Ruiz C., J. A.; J. J. Sánchez G. and M. Aguilar S. 2001. Potential geographical distribution of teosinte in México: A GIS approach. *Maydica* 46:105-110.

Ruiz C., J. A.; E. Pimienta B. y J. Sañudo Z. 2002. Regiones térmicas óptimas y marginales para el cultivo de Agave tequilana en el estado de Jalisco. *Agrociencia* 36(1):41-53.

Rzedowski, J. 1983. Vegetación de México. Limusa. México, D. F., México. 432 p.

Santamaría C., J.; G. Núñez H.; G. Medina G.; J. A. Ruiz C.; M. Tiscareño L. y M. H. Quiroga. 2000. Evaluación del modelo EPIC para estimar el potencial productivo de alfalfa en diferentes ambientes ecológicos de México. *Tec. Pec. Mex.* 38(2):151-161.

Sánchez G., J. J. y J. A. Ruiz C. 1996. Distribución del teocintle en México. pp. 20-38. In: J. A. Serratos, M. C. Willcox y F. Castillo (eds.) Flujo genético entre maíz criollo, maíz mejorado y teocintle: implicaciones para el maíz transgénico. México, D. F., México. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo.

Sánchez G., J. J.; T. A. Kato Y.; M. Aguilar S.; J. M. Hernández C.; A. López R. y J. A. Ruiz C. 1998. Distribución y caracterización del teocintle. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Pacífico Centro. Guadalajara, Jal., Méx. 149 p. (Libro Técnico Núm. 2).

Summerfield, R. J.; E. H. Roberts and J. R. Lawn. 1989. Photo-thermal modulation of flowering in grain legumes crops. *Proc. of the Inter. Congress of Plant Physiology and Biochemistry*. New Delhi. India.

- Tapia V., L. M.; J. A. Ruiz C.; A. Muñoz V.; M. Tiscareño L.; E. Venegas G.; C. Sánchez B.; R. Molina y X. Chávez C. 1995. Áreas potenciales para el cultivo de cucurbitáceas en el proyecto de riego Chilatán-Tepalcatepec, Mich. Terra 13(3):231-243.
- Vizcaíno G., A.; J. Orozco R.; O. Pérez Z.; A. Morfín V. y M. Robles M. 1996. Potencial agroecológico del valle de Tecomán, Colima. In: VIII Reunión Científica y Técnica Forestal y Agropecuaria. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Pacífico Centro. Memoria Científica Núm. 1. Guadalajara, Jal., Méx. p. 177-178.
- Villalpando I., J. F.; B. C. Biswas; A. Coulibaly; Z. Gat; B. S. Lomoton; K. B. Perry and E. S. Ulanova. 1991. Practical use of agrometeorological data and information for planning and operational activities in all aspects of agriculture, including farming systems. WMO. Commission for Agricultural Meteorology. Geneva. 131 p.
- Villalpando I., J. F. y E. García. 1993. Agroclimatología del Estado de Jalisco. Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Laboratorio Bosque La Primavera. Guadalajara, Jal. 40 p.

CAPÍTULO 10

COSECHA, POSTCOSECHA Y PRODUCTOS AGROINDUSTRIALES DE CHILE SECO

Ing. Ma. Dolores Alvarado Nava
Programa de Postcosecha
Campo Experimental Zacatecas-INIFAP

Dr. Rodolfo Velásquez Valle
Programa de Fitopatología
Campo Experimental Pabellón-INIFAP

Dr. Jaime Mena Covarrubias
Programa de Entomología
Campo Experimental Zacatecas-INIFAP

INTRODUCCIÓN

El cultivo del chile seco es una especie perteneciente al grupo de las hortalizas; son plantas herbáceas, principalmente de ciclo anual o bienal. Las prácticas agronómicas que se realizan en el cultivo suelen ser intensivas. Los productos de las plantas de chile son usados en la alimentación humana en estado natural o procesados, presentando un alto contenido de agua (mayor a 70%) y una corta vida útil en poscosecha. La cosecha consiste en separar la porción vegetal de interés comercial del resto de la planta, la cual es el objetivo final del cultivo y el inicio de la preparación o acondicionamiento para el mercado. La cosecha involucra una serie de operaciones adicionales a la simple separación del fruto, las cuales se realizan en el mismo lugar del corte para preparar el producto para la venta. Se deben de evitar las lesiones del producto cosechado, como son las lesiones por heridas punzocortantes producidas por las herramientas y la pérdida del pedúnculo, ya que estas lesiones son vías de entrada para hongos y bacterias, disminuyendo la calidad del producto durante el almacenamiento.

Para mantener la calidad del chile, es importante que la cosecha se realice en el punto adecuado de consumo, el cual es alcanzado cuando las semillas endurecen y la parte interna del fruto comienza a colorearse. Por no ser climatérico, el fruto debe alcanzar el color deseado en la planta. El cambio de color es el síntoma externo de la maduración y se debe a la degradación de la clorofila y síntesis de los pigmentos carotenos específicos de la especie.

SECADO

El secado de los alimentos es uno de los métodos mas antiguos que ha utilizado el hombre para conservar sus alimentos. El hombre primitivo utilizó la energía solar para secar sus alimentos al aire libre. Actualmente el secado de frutas y hortalizas es un proceso muy importante, ya que forma parte de las Operaciones Unitarias de la Ingeniería de Procesos Alimenticios.

El secado ó deshidratación consiste en la extracción del agua contenida en los alimentos por medios físicos, hasta que el nivel del agua sea adecuada para su conservación por largos periodos. Cuando la humedad final que se busca está por debajo de la humedad del aire normal o del medio ambiente, como es el caso del chile, es necesario realizar un proceso controlado de secado, utilizando aire caliente que provenga de una fuente de energía solar, eléctrica ó por combustión de madera u otros productos derivados del petróleo.

El secado por aire caliente, orientado en túneles o cabinas donde se coloca el producto, es el más eficiente y recomendado, ya que los equipos construidos pueden controlar el proceso de secado a través de la temperatura, velocidad del aire y la disposición del alimento a secar.

El secado al sol es el medio más barato y más accesible para preservar alimentos en los países en desarrollo, pero ocurren pérdidas considerables de carotenos precursores de vitamina A. Secar al sol y proteger al alimento de la luz directa minimiza la destrucción de las provitaminas. El objetivo del secado es la conservación de la calidad del chile por varios meses.

La mayor producción de las variedades cultivadas en el estado de Zacatecas se comercializa como chile seco, de ahí la importancia de conocer los fundamentos del secado como parte de una disciplina científica. El secado que se realiza a la producción de chiles en el estado de Zacatecas se detalla a continuación.



Figura 10.1. Chile Mirasol

Chile Mirasol (Figura 10.1).

El secado se realiza en la planta. Es un método considerado como el más rústico; se deja que los frutos ya desarrollados maduren en el campo, hasta la presencia de la primera helada que ocurre normalmente después del 15 de octubre. A partir de esta fecha empieza el corte del fruto de las plantas y se aprovecha para realizar la selección de los chiles de primera, segunda y tercera. Cuando se tienen precios atractivos para el productor, también se cortan en fresco para llevar a deshidratar.

Chile Ancho, Pasilla y Mulato (Figura 10.2). Estos chiles se destinan a los siguientes procesos de deshidratación, para lo cual se cortan cuando empieza a cambiar el color verde por rojo o marrón según sea la variedad:

- a) Mediante hornos secadores. Esta operación se efectúa por calor artificial en un túnel largo, de cemento, con dos entradas y dos salidas; en la parte de en medio hay otro túnel con una cámara a lo largo del cuarto y un quemador de diesel o de gas en un extremo. Los chiles se transportan dentro de los túneles en carros, con bastidores o charolas, con fondo de malla de alambre; el secado se realiza a temperaturas entre los 60 y 80 °C, con un tiempo de 30 a 40 horas para lograr la extracción del agua del chile. El paso siguiente es el enfriado, para lo cual se depositan en un piso de cemento y mediante un rociado de agua potable para evitar la pérdida excesiva de agua y lograr el buen manejo de empaque.

- b) El secado por “paseras” se realiza con calor del sol. El proceso consiste en cosechar los frutos cuando éstos han madurado completamente a rojo (los mulatos y pasillas se tornan de un color marrón). Posteriormente, los frutos son trasladados a las paseras, que son camas o pequeñas terrazas, con un ligero declive para evitar encharcamiento en caso de lluvia; el declive debe estar



Figura 10.2. Chile Ancho y Pasilla

orientado hacia la mayor exposición de los rayos del sol. Sobre las camas se extiende una capa de paja de frijol, de cereales o hierba seca, la cual permite el

paso del aire y el agua de lluvia, evitando así que los frutos se pudran. Posteriormente se extiende una capa de chiles, los cuales son volteados diariamente para que el secado sea uniforme y evitar daños por quemaduras del sol. Estos frutos son de mayor calidad y tienen mejor precio.

- c) Secado en pasera modificada, es similar al anterior, pero con la diferencia de que los frutos colocados en las paseras, son cubiertos con una tira de plástico o polietileno transparente y se colocan piedras o bloques en las orillas del polietileno, a un metro de distancia. Esta operación permite la circulación del aire por debajo del plástico, disminuyendo paulatina, pero más aceleradamente la humedad contenida en los frutos. Con este método, los frutos se voltean con menos frecuencia que en el secado en paseras comunes, ya que por lo general se exponen dos veces por cada cara en los 8 o 10 días que dura el proceso. Este método ahorra por lo menos la mitad del tiempo y más de la mitad de la mano de obra, con respecto al método anterior, y evita la pudrición de frutos ocasionada por el agua de lluvia. A los frutos secados con este método se les atribuye mejor calidad de sabor y color, por lo que los compradores pagan un sobreprecio del 5 al 10%.

Chile Puya (Figura 10.3). Este chile es secado en la planta cuando alcanza su madurez y un color rojo homogéneo, se arranca cada planta con la raíz y se forman arsinas o montones, los cuales se dejan en el terreno, con el fin de que los frutos terminen de secarse; después, se separan de la planta y se empacan ahí mismo en costales de ixtle o polietileno y se trasladan a las bodegas para su posterior comercialización.



Figura 10.3. Chile Puya

De acuerdo con las descripciones anteriores, se observa que durante la cosecha de chile seco en Zacatecas no se lleva ningún control físico-sanitario y los frutos están expuestos a cualquier contaminación, lo que es una gran limitante para cumplir con las buenas prácticas de manejo de poscosecha de vegetales. En tales circunstancias del poco control de calidad del fruto de chile seco, el precio de venta es bajo y por tanto existen pocas posibilidades de exportar para obtener un mejor precio de venta y mayores ganancias.

LIMITANTES DE LA CALIDAD DEL CHILE DURANTE EL ALMACENAMIENTO

La calidad microbiológica de los productos deshidratados depende fundamentalmente de la contaminación inicial proveniente del material fresco, del método de deshidratación y de las condiciones operativas empleadas, así como también de los tratamientos especiales efectuados en el producto antes y después del secado.

Existe abundante información acerca de los diferentes aspectos en la producción de chile verde, aunque poco se conoce alrededor de los frutos y su manejo después del corte. En la región norte-centro de México (Aguascalientes, Zacatecas, San Luís Potosí y Durango) se ha incrementado el área con chiles para verdear, pero no se ha generado información fitopatológica en postcosecha que ayude a ampliar la vida de anaquel de estos productos (Figura 10.4).

Entre los hongos que causan enfermedades de postcosecha en los frutos de pimiento morrón se ha mencionado a *Alternaria alternata*, *Colletotrichum nigrum*, *Phytophthora capsici* y *Rhizopus* spp. (Acosta-Ramos y Gómez-Jaimes, 2004). El origen de *Phytophthora capsici* influye en la patogenicidad sobre los frutos de otras hortalizas como lo demostraron Hernández-Arenas y Acosta-Ramos (2005) quienes encontraron que los aislamientos de este hongo provenientes de plantas de calabaza y chile manzano fueron capaces de infectar un mayor número de frutos de chile Bell.



Figura 10.4. Chile seco afectado por hongos

Un estudio llevado a cabo en el valle de Culiacán, Sin. reveló que después de 4 días a 20°C los frutos de diferentes variedades e híbridos de chile mostraban daños que fluctuaban entre 74 y 80% (García *et al.*, 1997); además, en los frutos dañados se identificaron los hongos *Cladosporium* spp, *Alternaria* spp, *Fusarium* spp, *Rhizopus* spp, así como la bacteria *Erwinia* spp.

El chile seco en el norte centro de México también es afectado por un grupo de hongos entre los que se encuentran *Alternaria* spp, *Helminthosporium* spp, *Penicillium* spp, *Rhizopus* spp y *Stemphyllium* spp (Velásquez *et al.*, 2002). Durante el mes de junio-julio del 2005, se hizo un estudio en Aguascalientes y Zacatecas para determinar los problemas de sanidad en varios tipos de chile (Velásquez y Medina, 2006).

Se encontraron frutos de diferentes tipos de chile que presentaban lesiones de color café a negro, con micelio superficial o áreas decoloradas y de consistencia blanda que exteriormente no presentaban crecimiento fungoso, pero al disectarlos se encontraba una o varias colonias fungosas. Frecuentemente, las áreas dañadas se iniciaban a partir de un daño mecánico, como el ocasionado por insectos, o en el área donde el fruto entraba en contacto con el suelo. Para el momento de disección, la mayoría de las colonias fungosas internas solamente infectaban el pericarpio, y en pocas ocasiones llegaban a afectar las semillas, aunque es probable que eventualmente llegaran a infectarlas.

En Tepezalá Ags. bajo condiciones de cielo abierto, se obtuvieron frutos de 13 genotipos de chile, incluyendo un Ancho criollo; solamente los materiales Serrano, Salvatierra, Aquiles y Ancho (Criollo) no presentaron daño por hongos, en el resto de los materiales la incidencia varió desde 6.7 hasta 40%. Los hongos asociados con los frutos dañados fueron *Alternaria* spp, *Fusarium* spp, *Rhizoctonia* spp y *Verticillium* spp (Cuadro 10.1). En esta localidad se registró el mayor número de genotipos con frutos dañados; la incidencia media de frutos dañados, independientemente del genotipo, fue de 14.3% (Velásquez y Medina, 2006).

En Pabellón Ags. en chiles cultivados en macrotúnel, la mayoría de los tipos de chile cosechados no presentaron daño, excepto por los materiales 9 Ancho, 13 Húngaro, 16 Mirasol y 30 Mirasol, que fueron infectados por el hongo *Alternaria* spp; la incidencia media, independientemente del genotipo, en esta localidad fue de 12% (Cuadro 10.1) (Velásquez y Medina, 2006).

En siembras a cielo abierto hechas en Calera, Zac. no se registraron lesiones o colonias fungosas en Stocked ACX 400, Don Carlos, Triunfo, Caudillo, Jalapeño 312

Dexp. y Millonario; el hongo *Alternaria* spp se encontró en frutos de Don Nacho (13.3%), Legionnaire (20%), Caballero (6.7%), Ancho Pancho (6.7%), Don Emilio (13.3%) y Stiletto (26.7%). Por otro lado, el hongo *Fusarium* spp se detectó solamente en frutos de Comandante (13.3%) y Don Emilio (13.3%). La incidencia media de frutos dañados, sin tomar en cuenta el genotipo, fue de 22.8%.

Cuadro 10.1. Incidencia de hongos en frutos de diferentes tipos de chile bajo condiciones de cielo abierto y en macrotunel en Aguascalientes y Zacatecas.

Variedad/híbrido	Origen	Incidencia	Patógenos asociados	
Caudillo	Calera, Zac.	Cielo abierto	0	
Don Nacho	Calera, Zac.	Cielo abierto	13.3	<i>Alternaria</i> spp
Stocked (ACX 400)	Calera, Zac.	Cielo abierto	0	
Legionnaire	Calera, Zac.	Cielo abierto	20.0	<i>Alternaria</i> spp
Caballero	Calera, Zac.	Cielo abierto	6.7	<i>Alternaria</i> spp
Jalapeño 312 Dexp.	Calera, Zac.	Cielo abierto	0	
Comandante	Calera, Zac.	Cielo abierto	13.3	<i>Fusarium</i> spp
Don Carlos	Calera, Zac.	Cielo abierto	0	
Ancho Pancho	Calera, Zac.	Cielo abierto	6.7	<i>Alternaria</i> spp
Don Emilio	Calera, Zac.	Cielo abierto	13.3	<i>Alternaria</i> spp; <i>Fusarium</i> spp
Triunfo	Calera, Zac.	Cielo abierto	0	
Millonario	Calera, Zac.	Cielo abierto	0	
Stiletto	Calera, Zac.	Cielo abierto	26.7	<i>Alternaria</i> spp
30 Mirasol	Pabellón, Ags.	Macrotunel	10.0	<i>Alternaria</i> spp
10 Cal Oro	Pabellón, Ags.	Macrotunel	0	
8 Ancho	Pabellón, Ags.	Macrotunel	0	
11 Guajillo	Pabellón, Ags.	Macrotunel	0	
16 Mirasol	Pabellón, Ags.	Macrotunel	4.8	<i>Alternaria</i> spp
20 Pasilla	Pabellón, Ags.	Macrotunel	0	
2 Güero Bola	Pabellón, Ags.	Macrotunel	0	
23 Pasilla	Pabellón, Ags.	Macrotunel	0	
17 Mirasol	Pabellón, Ags.	Macrotunel	0	
31 Árbol	Pabellón, Ags.	Macrotunel	0	
12 Guajillo	Pabellón, Ags.	Macrotunel	0	
22 Pasilla	Pabellón, Ags.	Macrotunel	0	
13 Húngaro	Pabellón, Ags.	Macrotunel	16.7	<i>Alternaria</i> spp
9 Ancho	Pabellón, Ags.	Macrotunel	16.7	<i>Alternaria</i> spp
24 Serrano	Pabellón, Ags.	Macrotunel	0	
15 Jalapeño	Pabellón, Ags.	Macrotunel	0	
14 Jalapeño	Pabellón, Ags.	Macrotunel	0	
21 Pasilla	Pabellón, Ags.	Macrotunel	0	
Alladin	Tepezala, Ags.	Cielo abierto	40.0	<i>Alternaria</i> spp; <i>Fusarium</i> spp; <i>Verticillium</i> spp; <i>Rhizoctonia</i> spp
Candente	Tepezala, Ags.	Cielo abierto	26.7	<i>Alternaria</i> spp; <i>Fusarium</i> spp.
Camelot	Tepezala, Ags.	Cielo abierto	12.5	<i>Alternaria</i> spp
Corcel	Tepezala, Ags.	Cielo abierto	40.0	<i>Alternaria</i> spp
Rebelde	Tepezala, Ags.	Cielo abierto	12.5	<i>Alternaria</i> spp
Aristotle	Tepezala, Ags.	Cielo abierto	6.7	<i>Alternaria</i> spp
Sangrita	Tepezala, Ags.	Cielo abierto	26.7	<i>Alternaria</i> spp
Mar Rojo	Tepezala, Ags.	Cielo abierto	33.3	<i>Alternaria</i> spp
Chichimeca	Tepezala, Ags.	Cielo abierto	6.7	<i>Alternaria</i> spp
Salvatierra	Tepezala, Ags.	Cielo abierto	0	
Aquiles	Tepezala, Ags.	Cielo abierto	0	
Serrano	Tepezala, Ags.	Cielo abierto	0	
Ancho (Criollo)	Tepezala, Ags.	Cielo abierto	0	

Se puede concluir que en Zacatecas y Aguascalientes: 1) Los frutos de chile son principalmente afectados en postcosecha por el hongo *Alternaria* spp y en menor grado por *Fusarium* spp, *Verticillium* spp y *Rhizoctonia* spp, aunque el daño parece asociado con otros factores como daño por insectos o contacto del fruto con el suelo. 2) Se encontraron frutos de chile dañados tanto en parcelas a cielo abierto como en condiciones protegidas en Aguascalientes y Zacatecas, aunque en condiciones de macrotunel solamente se detectó a *Alternaria* spp mientras que en parcelas a cielo abierto se detectaron además de ese hongo a *Fusarium* spp, *Rhizoctonia* spp y *Verticillium* spp. 3) Algunos genotipos de chile muestran un porcentaje de daño mayor que otros sugiriendo que pudieran existir diferentes grados de susceptibilidad a los patógenos encontrados, aunque es necesario comprobarlo bajo condiciones controladas.

CARACTERIZACION FISICOQUIMICA DE LOS CHILES SECOS ZACATECANOS

Análisis fisicoquímicos de los chiles

Uno de los parámetros importantes de la caracterización es el grosor del pericarpio en los frutos, ya que de eso depende el rendimiento de la producción.

En la Figura 10.5 se aprecian los diferentes grosores de pericarpio que presentan cada una de las principales variedades de chile plantados en Zacatecas. El chile ancho presentó el mayor grosor de pericarpio, mientras que el chile puya presentó el menor. Los frutos de chile de las variedades pasilla y mirasol suelen presentar grosores de pericarpio muy similares.

Esta característica puede ser observada en forma visual y es importante para determinar las características de tipificación fisicoquímica de las variedades de chile ancho, mirasol, pasilla y puya.

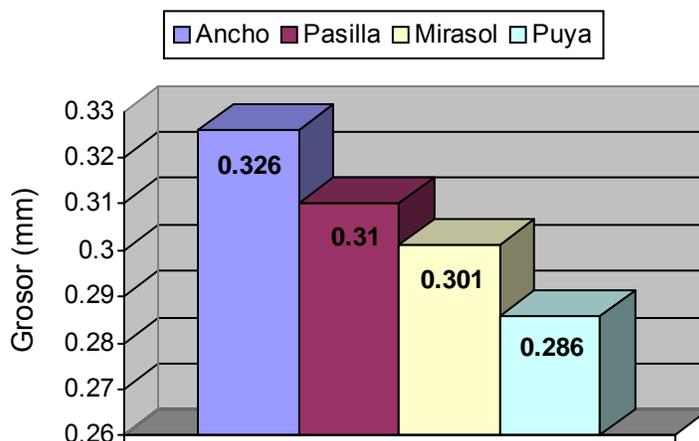


Figura 10.5. Grosor del pericarpio de diferentes tipos de chile cultivados en Zacatecas.

En el cuadro 10.2 se aprecian las diferencias que presentan cada una de las cuatro variedades de los chiles secos zacatecanos, como es el dulzor conocido de los chiles anchos.

Cuadro 10.2. Valores de madurez de cuatro tipos de chile para secar en Zacatecas.

Variedad	°Brix %	Acidez Total (gr)	pH
Ancho	6.50	1.60	4.60
Mirasol	5.50	2.90	4.60
Pasilla	5.10	3.80	5.00
Puya	4.80	2.40	4.80

La mayor cantidad de azúcares reportados como grados Brix es observada en el chile ancho, por lo que su uso es muy común en los moles, comparado con el puya que nos presenta un 26 % menos de azúcares (Cuadro 10.2). La acidez es uno de los gustos que son percibidos por la lengua y están representados por todos los ácidos orgánicos presentes en los chiles, cuya mayor cantidad proviene del ácido ascórbico conocido como vitamina C. El que presenta mayor acidez es el chile pasilla. El potencial hidrógeno (pH) es la medida inversa de la acidez, la cual no tiene unidades, solo nos indica el grado ácido o básico de un producto. El pH es muy importante para la determinación de la vida

de anaquel, tanto de los productos frescos, secos o procesados. El valor del pH de los productos debe de estar entre 3.5 y 3.7, ya que de ello depende la protección al ataque microbiano de los productos alimenticios.

Los azúcares que dan el sabor dulce de los chiles se determinaron por cromatografía de líquidos (HPLC) y de acuerdo a los cromatogramas se obtuvieron los siguientes valores (Cuadro 10.3)

Cuadro 10.3. Contenido de azúcares reductores en cuatro tipos de chiles secos.

Tipo	Glucosa (gr/5gr)	Fructuosa (gr/5gr)	Suma (gr/5gr)
Ancho	0.1	0.09	0.19
Pasilla	0.08	0.05	0.13
Mirasol	0.06	0.04	0.10
Puya	0.058	0.03	0.088

Las cuatro variedades de chile presentan dos tipos de azúcares: glucosa y fructuosa. Aunque el contenido de glucosa fue más abundante que el de fructuosa en los cuatro tipos de chile, la diferencia en contenidos de estos dos azucares fue más notorio en el chile puya. En los cuatro tipos de chile se observa que mantienen la misma proporción que el contenido de azúcares totales reportados como grados brix en el (Cuadro 10.2), siendo el chile ancho el que tiene mayor contenido de azúcares y el puya el que presenta el menor contenido.

La vitamina C es un elemento importante en la dieta del ser humano; los vegetales y principalmente el chile son una fuente natural de esta vitamina. Por lo tanto es importante conocer el contenido de esta vitamina porque impactaría en un mayor valor agregado. El análisis de la vitamina C se realizó por Cromatografía Líquida (HPLC).

Cuadro 10.4. Contenido de vitamina C en cuatro chiles secos

Tipo de chile	Vit.C/100gr chile	%
Puya	0.0083	0.829
Ancho	0.0069	0.694
Pasilla	0.0066	0.69
Mirasol	0.0064	0.639

En el cuadro 10.4 se puede observar que el chile puya presenta el mayor contenido de vitamina C, mientras que el mirasol tiene el valor mas bajo. Estos valores corresponden a chiles con secado solar, los cuales pueden variar al compararlos con los valores de chiles deshidratados por aire caliente, debido a la sensibilidad de esta vitamina a la temperatura.

Los componentes de los chiles secos como son la oleoresina, pigmentos y los capsaicinoides tienen un valor alto en el mercado internacional

Oleoresina. Es el extracto líquido del chile en forma de aceite que contiene todos los componentes del chile seco (Figura 10.6). Es de una viscosidad media, con un intenso color rojo, aroma típico del chile del que proviene y muy rico en capsaicinoides y carotenoides (Arjona *et al.*, 2002). La importancia de este producto, presente en los chiles secos, se debe a que si se comercializa como oleoresina, se está asegurando la estabilidad de los componentes químicos, como son la permanencia del color debido a los carotenos, ausencia de contaminantes microbiológicos por su alta acidez, no es atacado por insectos; además facilita la dosificación de su uso y reduce el espacio de almacenamiento y transporte.

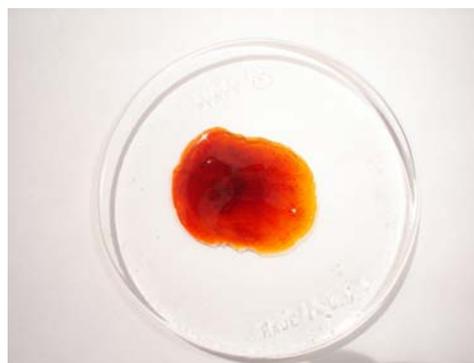


Figura 10.6. Oleoresina de chile seco

La extracción de la oleoresina generalmente se realiza con acetona, la cual fue sustituida en este caso con etanol potable para eliminar el residuo tóxico. Se concentró en un rotavaporador para la caracterización de los chiles mirasol, ancho, puya y pasilla,

obteniéndose los siguientes resultados: el porcentaje mayor lo presentó el chile pasilla con un 40.95%, seguido por el mirasol con 38.50%, el chile ancho tuvo un 36.19%, el puya presenta la cantidad menor de oleoresina con 31.42% en su contenido de este capsaicinoide. Los porcentajes obtenidos es en relación de los 5 gramos pesados de la muestra con el peso de la oleoresina obtenida tal y como se muestran en el cuadro 10.5.

Cuadro 10.5. Porcentaje de oleoresinas de cuatro tipos de chile seco.

Variedad	Cantidad (%)
Pasilla	40.95
Mirasol	38.50
Ancho	36.19
Puya	31.42

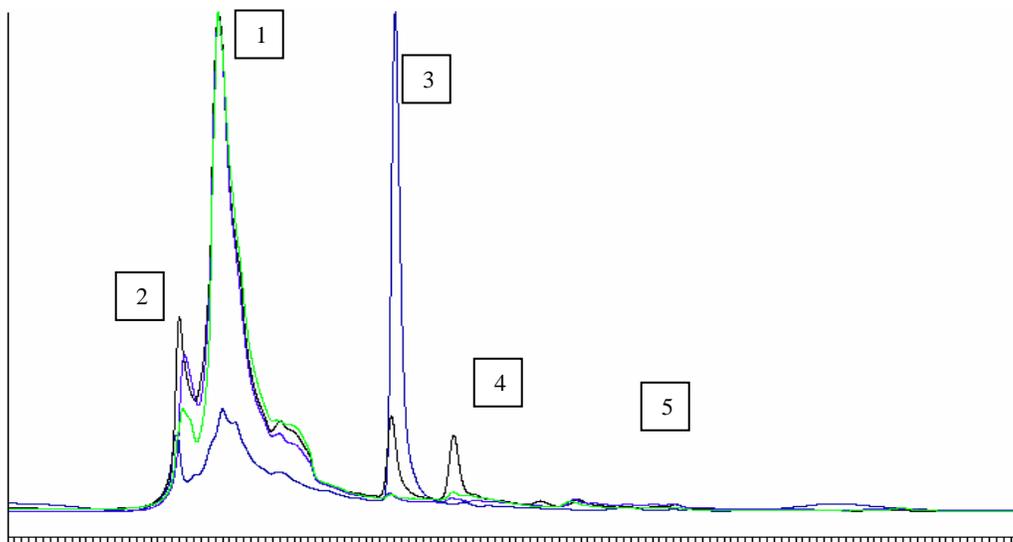
Carotenoides. Los chiles secos son ricos en estos compuestos (Marty y Berset, 1988), los cuales son hidrocarburos formados por cuarenta átomos de carbono y un gran número de dobles enlaces que propician la inestabilidad característica de estos pigmentos. Es por ello que se están buscando fuentes de estos compuestos químicos, ya que la falta de ellos en la dieta del ser humano es un serio problema de salud. Los carotenoides tienen las siguientes funciones: actividad de provitamina A, aumenta la inmunidad, previene la degeneración macular, lo cual es un trastorno que afecta la parte central de la retina del ojo causando disminución de la agudeza visual y posible pérdida de la visión central, disminuye el riesgo de formación de cataratas, previene la enfermedad cardiovascular e inhibe el cáncer (López *et al.*, 2004; Osuna, 1996).

Capsaicina. La capsaicina es el componente responsable del comportamiento picante, en mayor o menor grado, de los frutos del género *Capsicum*, localizándose fundamentalmente en sus semillas y membranas. Es un compuesto orgánico de nitrógeno, de naturaleza lipídica, frecuentemente clasificado de forma errónea como un alcaloide. El nombre fue aplicado en 1876 a un compuesto incoloro aislado de la oleoresina del *Capsicum*. En los años 1960's el compuesto natural fue adecuadamente caracterizado.

La capsaicina purificada diluida cien mil veces, sigue siendo tan activa que aún es capaz de producir ampollas en la lengua. La capsaicina es la responsable de la sensación de ardor, e incluso dolor. En la mucosa oral estimula las secreciones gástricas y, si se usa en demasía puede causar sangrado estomacal (Cázares *et al.*, 2005).

De acuerdo al cromatograma presentado en la Figura 10.7, se pueden apreciar los picos de los cinco principales capsaicinoides que caracterizan a los 5 ácidos que dan sensación de pungencia a los chiles y que de acuerdo al uso que se pretenda dar a estos compuestos químicos, ya sea como alimento o como medicamento (se paga mejor precio cuando se comercializa como medicamento).

Figura 10.7. Cromatogramas del contenido de capsaicinoides en cuatro tipos de chiles secos



CAPSAICINOIDES

1	Nordihydrocapsaicin (NDC)	Verde	Puya
2	Homocapsaicina (HC)	Naranja	Mirasol
3	Homodihydrocapsaicina (HDC)	Azul	Ancho
4	Capsaicina (C)	Pasilla	Rojo
5	Dihydrocapsaicina (DC)		

En la Figura 10.7 se presenta la sobreposición de los cinco capsaicinoides detectados en los cuatro chiles en estudio, mostrando similitud de los cromatogramas y las diferencias que presentan en los picos. La capsaicina y la dihidrocapsaicina son los dos capsaicinoides responsables del 90% de la pungencia en los chiles, siendo el chile puya el de mayor contenido (Figura 10.7, cromatogramas 4 y 5).

Valor agregado por su contenido en picor.

En 1912 Wilbur Scoville desarrolló una escala conocida como **Examen Organoléptico Scoville**. Este examen consiste en diluir un número de veces en azúcar y agua una solución con extracto de chile, hasta que el picante ya no puede ser detectado por un comité de examinadores; el número de veces que es diluido el extracto da el grado en la escala. Un chile dulce tiene 0 (cero) en la escala Scoville, y a partir de ahí se establecen los valores, llegando al máximo detectado para el compuesto puro de capsaicina, cuya dilución fue 16 millones de gotas de agua para no ser detectada. Este método suele ser impreciso por ser una prueba sujeta a la subjetividad humana.

La determinación de los capsaicinoides presentes en los chiles actualmente se realiza mediante análisis instrumentales, como la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC); estos análisis son los autorizados por la Administración de Alimentos y Drogas (FDA), ya que actualmente son los más exactos dadas las pequeñas cantidades en que se encuentran presentes en los chiles y cuyos resultados se reportan en gramos (Alpizar Lara *et al.*, 2002).

De los compuestos indicados en la Figura 10.7, la capsaicina es el compuesto químico que da el mayor picor a los chiles.

Tanto la oleoresina como la capsaicina obtenida en los estudios de descripción realizados en el Campo Experimental Zacatecas, cumplen con los requerimientos de la norma de salud correspondiente, al no utilizar solventes tóxicos para su extracción. Se está trabajando en la elaboración de una norma oficial mexicana para chile seco por iniciativa de los productores del sistema producto chile seco con apoyo de SAGARPA, debido a que actualmente no existe una a nivel nacional que contemple todas las especificaciones. Dada la globalización y tratados internacionales, la elaboración de una norma oficial mexicana es una medida que apoya la gestión de los productores y a la vez

es una herramienta que ayuda a lograr la competitividad interna y externa de estos productos.

PROCESOS AGROINDUSTRIALES DE CHILE SECO.

Mediante un uso diversificado de los compuestos químicos característicos, actualmente se está buscando dar valor agregado al chile. Además, el chile tiene un papel muy importante en la alimentación, ya que proporciona vitaminas, minerales y pigmentos importantes como los carotenoides, a los que se les atribuyen funciones biológicas. Sobre una base mundial, se estima que aproximadamente el 60% de la vitamina A proviene de las provitaminas A de origen vegetal (Simpson, 1983).

A nivel industrial, el uso más importante de los chiles rojos secos es en la elaboración de todos los moles y productos sazonadores a base de chile. Existen en el mercado muchas marcas comerciales, pero aquí presentamos como alternativa las pastas elaboradas con recetas originales del estado de Zacatecas.

Pastas. Como un aprovechamiento integral del chile, la elaboración de pastas (Figura 10.8) es una alternativa de la agroindustria, ya que pueden ser fácilmente elaboradas por los productores que quieran establecer una micro empresa. La pasta no es un proceso costoso, se requiere de una marmita (recipiente de doble chaquetas que sirve para cocimientos homogéneos y rápidos que guardan las características de los alimentos), una olla de acero inoxidable, una empacadora al vacío y un molino en seco y bolsas de polietileno grado alimenticios.



Figura 10.8. Pasta de chile seco

De acuerdo a las condiciones de secado del chile en campo arriba señaladas, se hace necesaria una sanitización, o sea la reducción de la carga microbiana que contiene el chile, a niveles seguros para la población. Existen productos específicos para eliminar bacterias, virus, hongos y levaduras, los cuales son aplicados de acuerdo a las indicaciones de etiqueta para eliminar en mayor cantidad los contaminantes, tanto físicos como microbiológicos (Ferrer *et al.*, 2004; Fuselli *et al.*, 2004).

Se debe tener presente que se va a elaborar un alimento que debe ser nutritivo e inocuo. Además, debe presentar las características sensoriales para que cumpla con las exigencias del consumidor.

Después de que el chile fue expuesto a una deshidratación, con lo cual se alarga su vida de anaquel, ahora se requiere de una rehidratación controlada para su manejo en el empaque y venta. Esta rehidratación debe ser del 7% de humedad, ya que si es mayor, se tiene el riesgo de un nuevo ataque bacteriano por el exceso de agua.

Para la elaboración de las pastas se selecciona chile de primera, aunque lo más importante es que el fruto esté sano y no presente manchas ni arrugamiento. Para establecer una base de cálculo, se pesa un kilo de chile entero, se prepara una solución con ácido cítrico al 1% (en un litro de agregar diez gramos de ácido cítrico), se humedece el chile para eliminar tierra, se seca, después se quita el pedúnculo y se revisa la parte interna del chile para eliminar las partes donde haya presencia de hongos, se pesan los pedúnculos y lo que se haya eliminado para determinar las pérdidas por limpieza. Los frutos ya limpios se muelen en seco y se vuelven a pesar para conocer el rendimiento al final del proceso y determinar el costo del producto al mercado.

Todo esto se hace para cada uno de los tipos de chile que lleva la receta; el chile molido se empaca en frascos de vidrio y se almacena en un lugar seco y oscuro, a una temperatura de 20-21 °C, para ser utilizado como base de las formulaciones para el tipo de pasta que se va a elaborar.

Para empezar el proceso, se pesa un kilo de chile en polvo. El pesado de las especias depende de las formulaciones que se deseen elaborar, pero no debe sobrepasar un 10% del peso de la materia prima. Para que no haya una sobrecocción con la que se dañe la consistencia de la pasta por exceso de agua, el pesado del agua de ser el adecuado.

En la formulación de una pasta el volumen de agua utilizada para hidratar el chile seco debe ser medido, ya que representa el 60% de rendimiento del peso inicial de chile seco utilizado en la receta. Si el volumen de agua no es medido adecuadamente durante el tratamiento térmico, entonces puede pasar lo siguiente: con poco agua, se quema antes de lograr el debido cocimiento; agua de mas, el tiempo de cocimiento es mayor y se pierden características organolépticas. Para lograr pastas rojas características del chile a usar, se debe conocer como mínimo la capacidad de absorción. Para obtener siempre la misma consistencia del chile que se va a utilizar, se deben emplear los valores que se indican en el cuadro 10.7. La pasta se empaca al vacio y se almacena en un lugar fresco seco a una temperatura de 21-23 °C, para garantizar una mayor vida de anaquel.

Cuadro 10.7. Densidad, absorción y porosidad de cuatro tipos de chile seco.

Variedad	Densidad (g/cm ³)	Absorción (%)	Porosidad (%)
Puya	1.3156	31.70	77.46
Mirasol	1.2644	37.81	81.12
Ancho	1.1717	58.25	87.74
Pasilla	1.2056	48.62	85.32

En física, el término densidad es una magnitud referida a la cantidad de masa contenida en un determinado volumen, el que puede utilizarse en términos absolutos o relativos y nos indica lo pesado que es un material. En el Cuadro 10.7 el chile puya presenta la mayor densidad y los valores más bajos de absorción y porosidad, lo que implica que es el chile que menos agua necesita para la elaboración de una pasta. Por el contrario, el chile ancho tiene la menor densidad y los mayores valores de absorción y porosidad, por lo que requiere mas agua para la elaboración de las pastas. Por su capacidad de retención de agua, el chile puya necesita menor cantidad de agua para lograr la misma consistencia que una pasta de chile ancho y requiere menor tiempo de cocción.

Las pastas son preparadas para que el consumidor pueda hacer un uso inmediato de ellas y facilitar la elaboración de un guisado rápido. A continuación se presenta una explicación del proceso requerido en la elaboración de una pasta de chile (Figura 10.9).

1 Recepción

En esta etapa se recibe la materia prima, eligiendo los chiles puya y ancho como base para elaborar la pasta, además de los sazónadores como el ajo, laurel, cominos, naranja, sal y aceite vegetal.

2 Selección

Se seleccionan los chiles de primera para moler; esto es muy importante ya que de ello depende la calidad del producto. En esta etapa se retiran todos los pedúnculos y las partes dañadas con hongos. Se pesa toda la materia de desperdicio y se retira del almacén para evitar acumulación de basura.

3 Sanitización

La sanitización tiene como fin eliminar con una solución de ácido cítrico al 1% posibles bacterias y tierra adherida, luego se seca para poder proceder al paso siguiente.

4 Molienda

Se procede a realizar la molienda en seco de cada uno de los chiles por separado, así como de las especias, ya que los porcentajes de las formulaciones así lo requieren, se pesan antes y después de realizar esta acción para considerar las pérdidas ocurridas en este paso.

5 Pesado

Ya molidas todas las materias a utilizar, se realiza el pesado de cada uno de los componentes que van a formar parte de la pasta, de acuerdo a la formulación que se desea elaborar. Este paso es muy importante, ya que se pueden realizar diferentes

combinaciones de acuerdo a la preferencia de especias que tenga quien este realizando la pasta.

6 Proceso térmico e hidratación

La importancia del molido en seco es para facilitar la cocción, ya que permite el uso adecuado de la cantidad necesaria de agua. Al conocer la capacidad de absorción que presentan los chiles de acuerdo al Cuadro 10.7, se evita un sobrecocimiento por exceso de agua que daña a los componentes nutricionales del chile, como son vitaminas, carotenoides y azúcares, principalmente, por su sensibilidad al calor y que dañan al producto final en la calidad sensorial.

7 Enfriado

Debido a que en este proceso el producto se va a guardar en bolsa de polietileno grado alimenticio, se hace necesario un enfriamiento previo al empaque de acuerdo a las especificaciones de la máquina a usar.

8 Envase al vacío

Se realiza el empaque al vacío mediante una máquina que extrae todo el oxígeno presente en la pasta. Debido a las características del material, que es un fluido pesado de alta densidad, y al no tener oxígeno, se está garantizando más tiempo de vida de anaquel.

9 Etiquetado

En el etiquetado se deben indicar todos los materiales usados para su elaboración, contenido nutricional, fecha de elaboración, fecha de caducidad, recetas y manera de uso.

10 Almacén

Para garantizar la vida de anaquel, se deben almacenar en un lugar fresco, sin humedad y oscuro.

11 Comercialización

Esta se debe planear de acuerdo a la capacidad de producción que la micro-empresa tenga.

En el siguiente diagrama se trata de ilustrar con números la elaboración de pasta, tomando como base de cálculo 100 kilogramos de cada chile de almacén, así como de las materias que intervienen en la elaboración (Figura 10.9).

En el Cuadro 10.8, se presentan los nombres de las materias que intervienen en el proceso, considerando las pérdidas en cada uno de los pasos indicados.

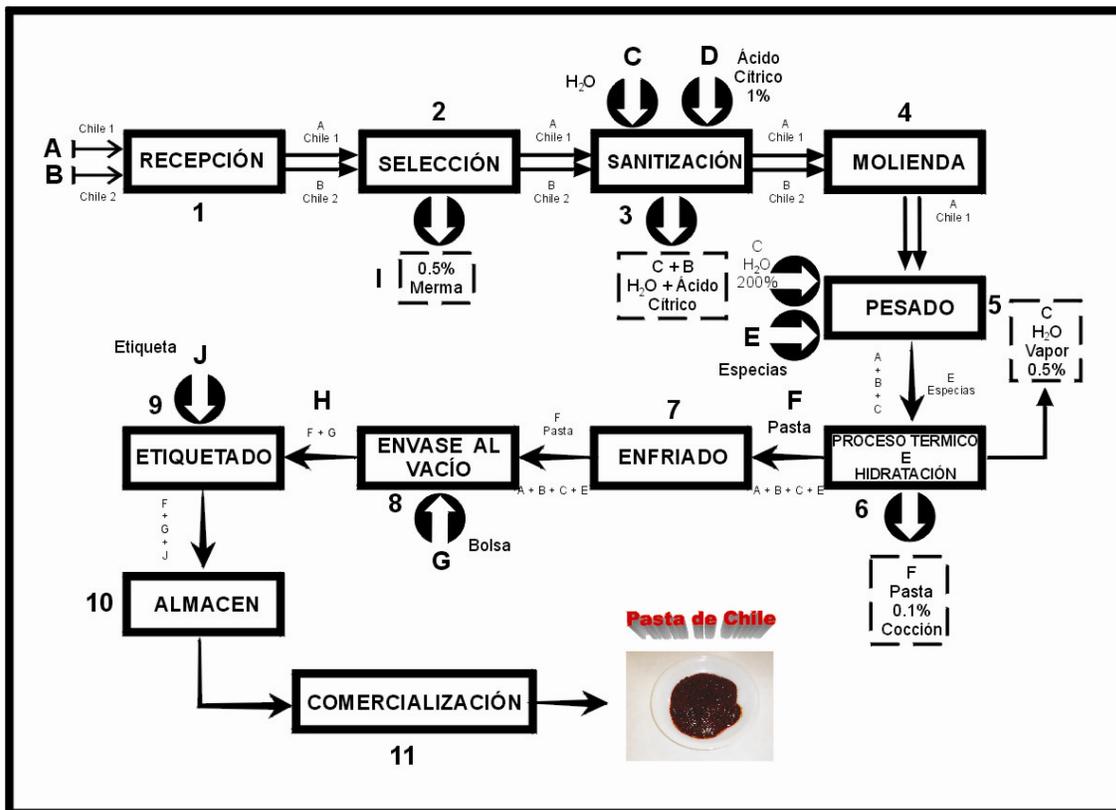


Figura 10.9. Diagrama de flujo y control de materia del proceso de la elaboración de pastas donde intervienen dos tipos de chiles.

Cuadro 10.8. Balance de materiales requeridos y descripción del proceso de obtención de una pasta utilizando como base 100 kilogramos de dos tipos de chile seco.

Conceptos	Masas de Materia (Kg)
A = Chile (1)	100
B = Chile (2)	100
C = Agua	100
D = Ácido Cítrico	1% (Peso del agua)
C = Agua	200% (Peso de los chiles)
E = Especies	1% (Peso de los chiles)
F = A + B + C + E = Pasta	Peso total de la pasta
G = Bolsas	0.02
H = F + G	Pasta + # Bolsas
I = Pedúnculo + pudrición + basura	% Pérdida

Base de cálculo para 100 kilogramos de dos tipos de chile seco:

- 1 $(100) + (100) = 200$ kilogramos
- 2 $(100)(0.05) + (100)(0.06) = 95 + 94$
- 3 $(95) + (94) + () + () =$
- 4 $(95)(.01) + (94)(.01) = 94.05 + 93.06 = 187.11$
- 5 $\frac{3}{4}(100) + \frac{1}{4}(100) + 1\%(100) + 200$
- 6 $75 + 25 + 10 + 200 = 310$
- 7 $310 - 1.55 - 3.10 = 305.35$
- 8 $305.35 (.01) = 305.04$
- 9 $305 \text{ kilogramos} / .250 \text{ kilogramos} = 1220$
- 10 $1220(.001) = 1224.44$
- 11 1224 bolsas

En el Campo Experimental Zacatecas, se ha evaluado la vida de anaquel de pastas de chile en ambiente seco, semioscuro y con una temperatura de entre 18 y 23 °C, desde agosto del 2004 y hasta la fecha no presentan a la vista ningún defecto. También, se hizo una evaluación sensorial y tampoco se presentó defecto en el sabor. Esto representa una ventaja sobre el chile seco que sufre pérdida de color por almacenamiento por la oxidación de los carotenos.

De acuerdo a las anteriores características físicas de los chiles secos puya, mirasol, ancho y pasilla, se pueden realizar combinaciones tan variadas según la pasta que se desee elaborar.

SEGURIDAD DE LOS ALIMENTOS Y HACCP.

Prácticamente todas las compañías productoras de alimentos han instituido un programa de control de calidad que se conoce con el nombre de sistema HACCP (Análisis de las Fuentes de Contaminación de los Alimentos y Control de Puntos Críticos; por sus siglas en inglés). El HACCP es un enfoque sistemático que identifica, evalúa y controla los peligros de seguridad alimenticia. Se basa sobre la premisa de que si el proceso de producción de los alimentos comienza con ingredientes de calidad y se monitorea de manera cuidadosa desde que deja el establecimiento agrícola, hasta que llega al consumidor, el producto final será seguro y de alta calidad. El HACCP es una metodología para conseguir, de manera sistemática, la seguridad de los alimentos.

Este análisis tiene siete principios que son:

Principio 1

Estimar los riesgos asociados con la producción, cosecha, transporte, recepción, almacenamiento, distribución, mercadeo, preparación y consumo del alimento.

En el cultivo de chile se debe de tener cuidado desde la parcela, evitando la entrada de animales como perros, conejos, liebres, que utilicen los cultivos como sitios sanitarios. En la cosecha, procurar que los trabajadores no usen las parcelas como sanitarios, que tengan los equipos de protección necesarios, como son guantes, cubre

bocas, overoles para evitar en lo posible estornudos directo en los chiles. El transporte de chiles hacerlo en vehículos limpios, sanitizados, antes de cualquier carga de chiles. En la recepción, las básculas deben también ser debidamente lavadas para eliminar tierra o cualquier otra sustancia que pueda contaminar al chile. Los almacenes deben estar debidamente equipados con controladores de humedad, sin tierra, con adecuada ventilación, para que al ser distribuidos los chiles para su venta, no represente fuente de contaminación en la preparación de alimentos para consumo humano.

Principio 2

Determinar los puntos críticos requeridos para controlar los riesgos identificados.

Para su posible desalojo, se deben marcar los lugares más factibles donde se puedan detectar madrigueras de roedores dentro de las parcelas. Evitar la entrada de animales domésticos para que no contaminen con heces fecales, por lo que se deben tener puertas debidamente controladas. También, en los almacenes se deben marcar los lugares más susceptibles de ser atacados por animales, así como evitar que trabajadores con alguna enfermedad infecciosa realicen actividades dentro del almacén.

Principio 3

Establecer los límites que deben cumplirse en cada punto crítico de control.

En este principio, cada productor debe establecer los límites que debe cumplir de acuerdo a los puntos críticos que le toque, ya que si solo produce y vende en su parcela, solo le corresponde hacer los controles en el sitio de producción, y al comprador establecerlos en su almacén.

Principio 4

Establecer procedimientos para monitorear los puntos críticos de control.

Cuando se establece un Análisis de Riesgo en la producción de un producto, se debe redactar el reglamento, donde se especifique la localización de los puntos que presentan un riesgo de contaminación para los chiles. Se debe señalar tanto en la parcela, en el almacén, como a los trabajadores, los lugares que deben ser vigilados, y la fecha de verificación de que no se está generando contaminación alguna.

Principio 5

Establecer las acciones correctivas para ser tomadas en cuenta cuando se identifica una desviación al monitorear los puntos críticos de control.

En el documento que contiene las reglas de operación también se establecen las obligaciones del personal que tiene a su cargo un puesto de vigilancia, para que se lleven a cabo las acciones y evitar una contaminación, así como las medidas correctivas por falta de responsabilidad.

Principio 6

Establecer sistemas efectivos de almacenamiento de registros que documenten el sistema HACCP.

Se debe contar con toda la información de los organismos que rigen estos principios y las bases que se deben tener, cuando se está trabajando para obtener un producto deshidratado, ya que existen especificaciones internacionales que rigen estos productos.

Principio 7

Sistema de documentación.

Contar con el historial de la parcela, desde cuál fue el origen inicial hasta convertirse en productora de chile, así como toda documentación que prevenga una

posible contaminación por otras causas que no se hubieran tomado en cuenta en el documento de Análisis de Riesgo.

De acuerdo al documento Protocolo Voluntario para la Implementación de Buenas Prácticas Agrícolas y Buenas Prácticas de Manejo en los procesos de producción, cosecha, secado y empacado de chile publicado por SENASICA con fecha 1 de julio del 2006, que aunque es de carácter voluntario, las empresas productoras y/o empacadoras de chile deshidratado pueden ajustarse a esos requisitos para lograr el reconocimiento de Calidad Agroalimentaria (López *et al.*, 2003).

LITERATURA CITADA

- Acosta-Ramos, M.; M. Vallejo-Pérez y D. Nieto-Ángel. 2004. Determinación de hongos patógenos del pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.), en postcosecha. Memorias XXXI Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. L-36.
- Acosta-Ramos, M. y R. Gómez-Jaimes. 2004. Control químico de los principales patógenos del pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) en postcosecha. Memorias XXXI Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología L-54.
- Alpizar L., E.; J. Trujillo A y F. J. Herrera R. 2002. Determinación de capsaicinoides en chile habanero (*Capsicum annuum*) colectados en Yucatán. Proceedings of the 16th International Pepper Conference. Tampico, Tamaulipas, México. Noviembre 10-12.
- Arjona, M.; S. Amaya; A. Iriarte; V. García; D. Carbajal y B. Sosa. 2002. Efecto del sistema de secado en el color y rendimiento de la oleoresina del pimiento en la variedad de *Capsicum annuum* trompa de elefante. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Catamarca. Congreso Regional de Ciencia y Tecnología, NOA.
- Barnett, H. L. 1967. Illustrated genera of imperfect fungi. Burgess Publishing Company. Minneapolis, MN, USA. 225 p.

-
- Brennan, B.; Cowell y Lilley. 1986. Las operaciones de la ingeniería de los alimentos. 3^a Ed. Acribia.
- Cázares-Sanchez, E.; P. Ramírez-Vallejo; F. Castillo-González; M. Soto-Hernández; M. T. Rodríguez-González y J. L. Chavez-Servia. 2005. Capsaicinoides y preferencia de uso en diferentes morfotipos de chile (*Capsicum annuum* L.) del Centro Oriente Yucatán. *Agrociencia* 39:627-638
- Ferrer-Navarro, M. J. y M. Sánchez-García. 2004. Tratamientos Postcosecha en Producción Integrada de Pimiento. Universidad Politecnica de Cartagena. Cartagena, Colombia.
- Fuselli, S. R.; B. Felsing; R. Fritz y M. I. Yeannes. 2004. Efectos antimicrobianos del escaldado en la deshidratación del pimiento (*Capsicum annuum*) y de la calabaza (*Cucurbita* spp).
<http://tic.alimentaria.com/revista/número/Articulos/A200404/20040413.pdf>
- García, R.; R. Allende; M. Urquiza; J. Siller y S. Trujillo. 1997. Patógenos postcosecha en híbridos de chile Bell cultivados en el Valle de Culiacán, Sinaloa. Memorias. XXIV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Resumen 24.
- Hernández-Arenas, M. y M. Acosta-Ramos. 2005. Patogenicidad de aislamientos de *Phytophthora capsici* Leo. en hortalizas en postcosecha. Memorias XXXII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. L-76.
- Howard, L. R.; R. Smith; A. B. Warner; B. Villalon and E. E. Burns. 1994. Provitamin A and ascorbic acid content of fresh pepper cultivars (*Capsicum annuum*) and processed jalapenos. *J. Food Sci.* 59(2):362-365.
- Hudson, D. E.; J. A. Butterfield and P. A. Lachance. 1985. Ascorbic acid, riboflavin, and thiamine content of sweet peppers during marketing. *HortScience* 20(1):129-130.
- López-Camelo, A. F. 2003. Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas del campo al mercado. Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO INTAE. E. A. Balcarce, Balcarce, Argentina.- Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.- Roma.
- López-Martínez, L.; P. L. López de Alba y M. González-Leal. 2004. Nuevo método espectrofotométrico de determinación de capsaicinoides en salsas y chiles.-

-
- Instituto de Investigación Científica, Universidad de Guanajuato. 9na. Jornada de Análisis.
- Marty, C. and C. Berser. 1988. Degradation products of trans- β -caroteneproduced during extrusion cooking. J. Food Sci. 3:1880-1886.
- Moreno G., C.; J. Cavaiedes y J. M. González. 2002. Efecto de la capsaicina sobre la proliferación y ciclo celular de fibroblastos pulpaes humanos. XXII Congreso FOC. Cartagena.
- Nispero-Carriedo, M. O.; B. S. Buslig and P. E. Shaw. 1992. Simultaneous detection of dehydroascorbic, ascorbic, and some organic acids in fruits and vegetables by HPLC. J. Agric. Food Chem. 40(7):1127-1130.
- Norma Oficial Mexicana NOM-119-SSA1-994 Bienes y Servicios. 1994. Materias primas para alimentos. Productos de perfumería y belleza. Colorantes orgánicos naturales. Especificaciones sanitarias.
- Puiguento, F.; J. Serra Longoni, M. 1992. Gines et. Al Manual de formulas Magistrales y Normalizadas, Palma de Mallorca. http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=51134-804620050004000078script-sc_arttext
- Osuna G., J. 1996. Red color retention during Paprika (*Capsicum annum*) storage as affected by natural antioxidant and moisture content, New Mexico State University , Las Cruces, New Mexico.
- Velásquez V., R.; M. M. Medina A. y J. Mena C. 2002. Guía para identificar y manejar las principales enfermedades parasitarias del chile en Aguascalientes y Zacatecas. Folleto Técnico Núm. 20. INIFAP, Centro de Investigación Regional Norte Centro, Campo Experimental Pabellón. Aguascalientes, Ags. 41 p.
- Velásquez V., R. y M. M. Medina A. 2006. Hongos asociados con frutos de pimiento y chile para verdear en postcosecha en Aguascalientes y Zacatecas. Tercera Convención Mundial de Chile 2006. Chihuahua y Delicias, Chih. pp. 155-159.
- Yagnam, F.; E. González; C. Ramírez y J. Clark. 2003. Desarrollo y producción de pasta de pimiento. Departamento de Ingeniería en Alimentos.-Facultad de Ingeniería, Universidad de la Serena Chile.

Revisión Técnica y Edición:

Ángel Gabriel Bravo Lozano
Guillermo Galindo González
Mario D. Amador Ramírez
Agustín F. Rumayor Rodríguez
Guillermo Medina García
Jaime Mena Covarrubias
Francisco Mojarro Dávila
Manuel Reveles Hernández
Rodolfo Velásquez Valle *

(Investigadores del Campo Experimental Zacatecas)

* (Investigador del Campo Experimental Pabellón, Aguascalientes)

© Derechos de Autor Registrados

ISBN 970-43-0136-7

Impreso y hecho en México

“Tecnología De Producción De Chile Seco.”

Esta Publicación se terminó de imprimir en el mes de Diciembre de 2006.

Se imprimieron 1000 ejemplares más sobrantes para reposición.

CAMPO EXPERIMENTAL ZACATECAS

M.C. Agustín F. Rumayor Rodríguez Dir. de Coordinación y Vinculación

PERSONAL INVESTIGADOR

M.C. Ma. Dolores Alvarado Nava Tecnología de alimentos
Dr. Mario Domingo Amador Ramírez Control de malezas
M.C. Ángel Gabriel Bravo Lozano Uso y manejo del agua
M.C. Bertoldo Cabañas Cruz Cereales
Dr. Francisco G. Echavarría Chairez Sistemas de producción
M.C. J. Santos Escobedo Rosales Sistemas de producción
M.C. Guillermo Galindo González Divulgación
Dr. Ramón Gutiérrez Luna Manejo de pastizales
M.C. J. Ricardo Gutiérrez Sánchez Maíz
M.C. Manuel de Jesús Flores Nájera Caprinos
Dr. Miguel Ángel Flores Ortiz Manejo de pastizales
Dr. Joaquín Madero Tamargo Vid
M.C. Guillermo Medina García Potencial productivo
M.C. Enrique Medina Martínez Producción de semillas
Dr. Jaime Mena Covarrubias Entomología
Dr. Francisco Mojarro Dávila Riego y drenaje
M.C. Luis Roberto Reveles Torres Recursos genéticos
Ing. Manuel Reveles Hernández Nopal y Hortalizas
M.C. Francisco Rubio Aguirre Manejo de pastizales
M.C. Salvador Rubio Díaz Fertilidad de suelos
M.C. Agustín Rumayor Rodríguez Frutales caducifolios
Dr. Alfonso Serna Pérez Hidrología
Ing. Román Zandate Hernández Frijol
Dr. Jorge A. Zegbe Domínguez Fisiología vegetal



Esta publicación se imprimió con el apoyo económico de la Fundación Produce Zacatecas, A. C.; El Consejo Estatal de Productores de Chile y el Sistema Producto Chile del Estado de Zacatecas