

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS**

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central shield with a blue background. At the top of the shield is a golden crown. Below the crown are two golden lions rampant. In the center of the shield is a figure of a man in a red and white robe, holding a staff. Below the figure is a white horse. The shield is flanked by two golden columns. The entire shield is set against a light blue background. The seal is surrounded by a grey border containing the Latin text "CAROLINA ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER CETERAS ORBIS CONSPICUA".

**EVALUACIÓN DE PROGRAMAS DE MANEJO PARA LA SUPRESIÓN DE TRIPS Y
REDUCCIÓN DE *Tospovirus* EN EL CULTIVO DE RADICCHIO *Cichorium intybus*
EN PARRAMOS, CHIMALTENANGO.**

BYRON LEONEL ESTRADA ARRIAZA

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2009

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS**

**EVALUACIÓN DE PROGRAMAS DE MANEJO PARA LA SUPRESIÓN DE TRIPS Y
REDUCCIÓN DE *Tospovirus* EN EL CULTIVO DE RADICCHIO *Cichorium intybus* EN
PARRAMOS, CHIMALTENANGO**

**TESIS
PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**POR
BYRON LEONEL ESTRADA ARRIAZA**

En el acto de investidura como

**INGENIERO AGRÓNOMO EN
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR
LIC. CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Msc.	FRANCISCO JAVIER VÁSQUEZ VÁSQUEZ
VOCAL I	Ing. Agr.	WALDEMAR NUFIO REYES
VOCAL II	Ing. Agr.	WALTER ARNOLDO REYES SANABRIA
VOCAL III	Ing. Agr. Msc	DANILO ERNESTO DARDÓN ÁVILA
VOCAL IV	P. Fal	AXEL ESAÚ CUMA
VOCAL V	Bachiller	CARLOS ALBERTO MONTERROSO GONZÁLES
SECRETARIO	Ing. Agr.	EDWIN ENRIQUE CANO MORALES

Guatemala, septiembre de 2009

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de graduación titulado:

EVALUACIÓN DE PROGRAMAS DE MANEJO PARA LA SUPRESIÓN DE TRIPS Y REDUCCIÓN DE *Tospovirus* EN EL CULTIVO DE RADICCHIO *Cichorium intybus* EN PARRAMOS, CHIMALTENANGO.

Prestado como requisito previo a optar al título de ingeniero agrónomo en sistemas de producción agrícola, en el grado académico de Licenciado.

En espera de su aprobación, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

BYRON LEONEL ESTRADA ARRIAZA

ACTO QUE DEDICO

A DIOS TODO PODEROSO

Por permitir desarrollar mis ideales y culminar satisfactoriamente cada uno de mis objetivo.

A MIS PADRES BYRON LEONEL ESTRADA CHAMO Y MIRIAN YOLANDA ARRIAZA RODAS.

Quienes con infinito amor sacrificio y comprensión, me han guiado y apoyado en todo momento y en cada paso de mi vida.

A MI HERMANA MIRIAM FRINEE ESTRADA ARRIAZA

Por proporcionarme ánimo y apoyo durante los momentos difíciles a lo largo de mis estudios.

A MI FAMILIA

Por el amor y cariño que compartimos.

A MI AMIGOS

Por haberme ayudado incondicionalmente, motivándome siempre para salir adelante.

A LOS CATEDRÁTICOS

Con admiración y respeto por compartir sus conocimientos durante mi formación académica y profesional.

AGRADECIMIENTOS

A Dios fuente de sabiduría, por permitirme culminar satisfactoriamente mis objetivos profesionales, dándome fortaleza a lo largo de la vida.

A mis padres Byron Leonel Estrada Chamo y Mirian Yolanda Arriaza Rodas. Por su infinito amor y apoyo incondicional, siendo mí soporte en cada una de las etapas de mi vida.

A mi hermana Miriam Frinee Estrada Arriza por su ejemplo de vida y motivación en los momentos difíciles.

A mis amigos por los buenos momentos y alegrías que compartimos juntos.

A mi familia en general como muestra del gran amor y respeto mutuo.

A mi asesor el Dr. Edin Francisco Orozco Miranda, por compartir su tiempo, conocimientos y experiencia profesional en el desarrollo de esta investigación.

A la empresa BEJO por apoyar e incentivar la investigación, en especial al Ing. Maynor España y el Ing. Juan Sánchez por sus aportes realizados en la investigación.

ÍNDICE GENERAL

1	RESUMEN	1
2	INTRODUCCIÓN	2
3	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	3
4	MARCO TEÓRICO.....	4
4.1	MARCO CONCEPTUAL.....	4
4.1.1	CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE RADICCHIO SEGÚN KRARUP 1998.....	4
4.1.2	MANEJO DEL RADICCHIO PARA CONSUMO	4
4.1.3	COSECHA	5
4.1.4	REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS DEL RADICCHIO	5
4.1.5	SUELO.....	6
4.1.6	OFERTA Y DEMANDA DEL CULTIVO DEL RADICCHIO.....	6
4.1.7	ORIGEN, EXPANSIÓN Y DENOMINACIONES DEL TSWV.....	7
4.1.8	LA IMPORTANCIA DE LAS AFECCIONES DEL TSWV.....	7
4.1.9	CARACTERÍSTICAS DEL VIRUS	8
4.1.10	CARACTERÍSTICAS DE LA ENFERMEDAD.....	10
4.1.11	SINTOMATOLOGÍA	10
4.1.12	IMPORTANCIA ECONÓMICA.....	11
4.1.13	CEPAS O RAZAS	12
4.1.14	EPIDEMIOLOGÍA DE <i>Tospovirus</i>	14
4.1.15	EL TRIPS DE LAS FLORES <i>Frankliniella occidentalis</i>	15
4.1.16	MORFOLOGÍA.....	15
4.1.17	CICLO DE VIDA DE <i>Frankliniella occidentalis</i>	16
4.1.18	REPRODUCCIÓN Y CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN DEL INSECTO VECTOR.....	17
4.1.19	LOCALIZACIÓN DEL INSECTO EN LA PLANTA	17
4.1.20	SÍNTOMAS Y DAÑOS EN LOS CULTIVOS.....	18
4.1.21	MÉTODOS DE CONTROL DE POBLACIONES DEL INSECTO VECTOR.....	18
4.1.22	AGRIL.....	18
4.1.23	MULCH PLÁSTICO	20
4.1.24	CONTROL BIOLÓGICO	21
4.1.25	CONTROL QUÍMICO	24
4.1.26	MANEJO SEGURO DE AGROQUÍMICOS	25
4.2	MARCO REFERENCIAL	27
4.2.1	LOCALIZACIÓN DEL ENSAYO.....	27
4.2.2	PRECIPITACIÓN PLUVIAL	27
4.2.3	TEMPERATURA	27
4.2.4	CLIMA.....	28
4.2.5	HUMEDAD RELATIVA	28
4.2.6	VIENTOS	28
4.2.7	RADIACIÓN SOLAR	28
5	OBJETIVOS.....	29
5.1	GENERAL.....	29
5.2	ESPECÍFICOS.....	29
6	HIPÓTESIS.....	30
7	METODOLOGÍA.....	31
7.1	MATERIAL EXPERIMENTAL	31
7.1.1	VARIEDAD DE RADICCHIO <i>Cichorium intybus</i>	31
7.2	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	31
7.2.1	CUANTIFICACIÓN DE LA ENFERMEDAD.....	31
7.2.2	DESCRIPCIÓN DE SÍNTOMAS DE LA ENFERMEDAD	32
7.3	TRATAMIENTOS	32
7.4	VARIABLE RESPUESTA	34
7.5	UNIDAD EXPERIMENTAL	34
7.6	DISEÑO EXPERIMENTAL	34
7.6.1	MODELO ESTADÍSTICO	35
7.7	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	35
7.8	MANEJO DEL EXPERIMENTO	35

7.8.1	SEMILLERO.....	35
7.8.2	PREPARACIÓN DEL TERRENO	36
7.8.3	TRASPLANTE.....	36
7.8.4	RIEGO	37
7.8.5	FERTILIZACIÓN	37
7.8.6	DESMALEZADO	37
7.8.7	COSECHA	37
8	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
8.1	DESCRIPCIÓN DE SÍNTOMAS DE <i>Tospovirus</i> EN RADICCHIO	39
8.2	PRINCIPALES FACTORES EPIDEMIOLÓGICOS QUE FAVORECEN EL DESARROLLO DE <i>Tospovirus</i>	40
8.2.1	VECTOR.....	41
8.2.2	MANEJO AGRONÓMICO DEL RADICCHIO	41
8.2.3	MAL MANEJO POST-COSECHA	41
8.2.4	HOSPEDEROS.....	41
8.2.5	CLIMA.....	42
8.3	ANÁLISIS TEMPORAL DE <i>Tospovirus</i> EN RADICCHIO.....	42
8.3.1	ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA INCIDENCIA DE LA ENFERMEDAD POR TRATAMIENTO	44
8.4	ANÁLISIS ESPACIAL DE <i>Tospovirus</i> EN RADICCHIO.....	45
8.4.1	ANÁLISIS ESPACIAL CORRESPONDIENTE AL PROGRAMA DE BARRERAS VIVAS Y TRAMPAS AZULES + MANEJO AGRONÓMICO	46
8.4.2	ANÁLISIS ESPACIAL CORRESPONDIENTE AL PROGRAMA DE USO DE MULCH PLATEADO, AGRIL, CONTROL QUÍMICO CON OXAMILO Y METHIOCARB, <i>Beauveria bassiana</i> + MANEJO AGRONÓMICO	48
8.4.3	ANÁLISIS ESPACIAL CORRESPONDIENTE A <i>Beauveria bassiana</i> + MANEJO AGRONÓMICO	50
8.4.4	ANÁLISIS ESPACIAL CORRESPONDIENTE AL PROGRAMA DE MULCH PLATEADO Y CONTROL QUÍMICO (OXAMILO Y METHIOCARB)+ MANEJO AGRONÓMICO.....	52
8.4.5	ANÁLISIS ESPACIAL CORRESPONDIENTE AL TESTIGO ABSOLUTO	54
8.5	ANÁLISIS DE COSTOS DE CADA PROGRAMA DE MANEJO DE TRIPS	56
9	CONCLUSIONES.....	58
10	RECOMENDACIONES.....	59
11	BIBLIOGRAFÍA	60
12	ANEXOS.....	63

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Descripción de los tratamientos evaluados en el cultivo de radicchio <i>Cichorium intybus</i> en Parramos Chimaltenango en el año 2008	32
Cuadro 2:	Orden de aplicación de insecticidas a los diferentes tratamientos para la reducción de poblaciones de trips en el ensayo de radicchio 2008.....	33
Cuadro 3	Plan de fertilización de radicchio en la fase de semillero.	36
Cuadro 4	Incidencia de <i>Tospovirus</i> en los diferentes tratamientos de manejo integrado de trips en el cultivo de radicchio, Chimaltenango, 2008.....	42
Cuadro 5:	Resumen de información de parámetros de cada uno de los tratamientos en la selección de modelos para el patosistema radiccio X <i>Tospovirus</i> , Chimaltenango, 2008.	43
Cuadro 6:	Número de plantas de radicchio infectadas diariamente por <i>Tospovirus</i> para cada tratamiento.	44
Cuadro 7:	Resumen del análisis de varianza para la variable incidencia de <i>Tospovirus</i> en radicchio.	44
Cuadro 8:	Resumen de la prueba múltiple de medias con un 95% de confiabilidad para la variable incidencia de <i>Tospovirus</i> según prueba de Tukey.	45
Cuadro 9:	Análisis económico para los diferentes programas de manejo integrado	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo de vida de <i>F. occidentalis</i>	16
Figura 2: A: Mapa de ubicación de la finca experimental de BEJO; B: Fotografía aérea de la finca experimental de BEJO S.A,	27
Figura 3: Fotografía de microscopía electrónica de transmisión de una muestra de radicchio con la sintomatología de la enfermedad, donde se observan inclusiones de <i>Tospovirus</i>	32
Figura 4: Croquis de la distribución de los tratamientos evaluados en la investigación.....	34
Figura 5: Secuencia de prácticas agronómicas y desarrollo del cultivo de radicchio en el experimento de evaluación de programas de manejo de trips finca BEJO, 2008.	38
Figura 6: Desarrollo fenológico de plantas de radicchio sanas y vigorosas, empresa BEJO, Chimaltenango, 2008.....
Figura 7 Síntomas de <i>Tospovirus</i> causado por TSWV en plantas de radicchio (<i>Cichorium intybus</i>) en la empresa BEJO, Chimaltenango 2008.	40
Figura 8: Comportamiento evolutivo de la incidencia de <i>Tospovirus</i> en dos y tres dimensiones del programa manejo integrado de trips con barreras vivas y trampas azules + manejo agronómico de mayo a julio del 2008 en Parramos Chimaltenango.	47
Figura 9: Comportamiento evolutivo de la incidencia de <i>Tospovirus</i> en dos y tres dimensiones del programa manejo integrado de trips con mulch plateado, agril, control químico con oxamilo y methiocarb, <i>Beauveria bassiana</i> + manejo agronómico de mayo a julio del 2008 en Parramos Chimaltenango.....	49
Figura 10: Comportamiento evolutivo de la incidencia de <i>Tospovirus</i> en dos y tres dimensiones del programa de manejo integrado de trips con <i>Beauveria bassiana</i> + manejo agronómico en de mayo a julio del 2008 en Parramos Chimaltenango.....	51
Figura 11: Comportamiento evolutivo de la incidencia de <i>Tospovirus</i> en dos y tres dimensiones del programa de manejo integrado de trips con mulch plateado y control químico (oxamilo y methiocarb) de mayo a julio del 2008 en Parramos Chimaltenango.....	53
Figura 12: Comportamiento evolutivo de la incidencia de <i>Tospovirus</i> en dos y tres dimensiones del testigo susceptible de mayo a julio del 2008 en Parramos Chimaltenango.	55

ÍNDICE DE GRAFICAS

Gráfica 1: Curvas del progreso de la enfermedad de <i>Tospovirus</i> causada por TSWV en radicchio y su relación con la temperatura, Parramos Chimaltenango, 2008.....	43
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

EVALUACIÓN DE PROGRAMAS DE MANEJO PARA LA SUPRESIÓN DE TRIPS Y REDUCCIÓN DE *Tospovirus* EN EL CULTIVO DE RADICCHIO *Cichorium intybus* EN PARRAMOS, CHIMALTENANGO.

EVALUATION OF MANAGEMENT PROGRAMS FOR THE ELIMINATION OF THRIPS AND THE REDUCTION OF *Tospovirus* IN RADICCHIO (*Cichorium intybus*) PLANTATIONS IN PARRAMOS, CHIMALTENANGO.

1 RESUMEN

El *Tospovirus* es causado por "tomato spotted wilt virus" (TSWV), ataca varias especies botánicas y es problema en el área hortícola de Guatemala. Su expansión continúa cada vez más en varios países tras la introducción de los trips con lo que se puede considerar que su distribución es mundial. Se trata de una asociación entre el virus, su vector el trips y los hospederos susceptibles. Entre los cultivos de importancia económica para los que se han publicado pérdidas considerables están el tomate, papa, tabaco, pimiento, lechuga, y ornamentales. En el presente estudio se evaluaron cinco programas de manejo integrado para reducir poblaciones de trips y evitar la incidencia de *Tospovirus* en radicchio (*Cichorium intybus*). Fue realizada la cuantificación de la enfermedad, análisis temporal y espacial, se determinaron los factores epidemiológicos que favorecen el desarrollo de *Tospovirus* en el radicchio y se describieron los síntomas de la enfermedad para dicho cultivo en condiciones de campo, en Parramos, Chimaltenango en el 2008. Para el programa de manejo con agril + *Beauveria bassiana* + mulch + oxamilo + methiocarb se cuantificó 6.9% de incidencia de *Tospovirus* siendo el tratamiento donde se observó mejor resultado, seguido por el tratamiento de mulch + oxamilo + methiocarb donde hubo 18.4% de incidencia de virosis y comparado con el 56.6% de incidencia de virus que presentó el testigo absoluto.

En el análisis espacial basado en los índices de Morisita y Lloyd, la dispersión de la virosis inicia en focos de una planta a la orilla de las parcelas, luego, plantas adyacentes inician a enfermarse y conforman agregados. En el análisis temporal los modelos que se ajustan al conjunto de datos obtenidos fueron el exponencial y weibull. La manifestación de síntomas de virosis aparece 7 días después del trasplante de plántulas de radicchio. Los síntomas consisten en lesiones cloróticas de forma circular en las hojas, enanismo, deformaciones del limbo foliar, marchitez y necrosis. Cuando la planta es atacada en la fase inicial de desarrollo, se observa marchitez, necrosis y muerte.

Los factores epidemiológicos que favorecen el desarrollo de *Tospovirus* en radicchio comprenden genotipos susceptibles, ambiente favorable al insecto vector, prácticas culturales como desmalezado y fertilización ayudan al traslado de trips en la población de plantas. Deficiencia en el manejo de material vegetal enfermo post-cosecha y rechazo. Se recomendó implementar un programa manejo integrado con uso de agril, mulch plateado, oxamilo y methiocarb dado que permitió la reducción de las poblaciones de trips y enfermedad. Iniciar mejoramiento genético de radicchio que genere genotipos resistentes a TSWV, como la principal alternativa práctica y económica para solventar el problema.

2 INTRODUCCIÓN

En la manipulación y búsqueda de mejores cultivos en la alimentación, cambio de factores edafoclimáticos, agronómicos, tecnificación de los cultivos, se ocasiona el desarrollo de enfermedades ocasionadas por bacterias, hongos y virus, entre otros. A la vez, los suelos cultivados bajo sistemas intensivos, se ven afectados tanto a nivel físico como químico ocasionando a los cultivos problemas de deficiencias nutricionales que son propicios para enfermedades. Además, los sistemas de producción continuos generan hospederos durante el transcurso del año lo cual dificulta el control de las enfermedades. Con ello, la inversión económica para evitar fitoenfermedades es mayor (10).

Uno de los mayores problemas actuales del área hortícola del altiplano central de Guatemala es el ataque de *Tospovirus*. Este es un tipo de virus que afecta varias especies hortícolas de importancia para el país. Los *Tospovirus* son transmitidos por varias especies de trips. El género *Tospovirus* pertenece a la familia Bunyaviridae, y los miembros definidos hasta el momento son: “groundnut bud necrosis virus” (GBNV), “groundnut ringspot virus” (GRSV), “impatiens necrotic spot virus” (INSV), “melon spotted wilt virus” (MSWV), “tomato chlorotic spot virus” (TCSV), “tomato spotted wilt virus” (TSWV) y “watermelon silver mottle virus” (WSMV) “zucchini lethal chlorosis virus” (ZLCV) (15).

La falta de métodos efectivos y de bajo impacto ambiental para el manejo del insecto vector del virus en mención, agrava las condiciones de la enfermedad. En el altiplano del país han sido detectados *Tospovirus* pero aun se desconoce información y métodos efectivos de manejo. Tampoco se cuenta con variedades comerciales resistentes. La alternativa más utilizada actualmente para su manejo es el uso de barreras como el agril. La presencia de virus en hortalizas, supone un peligro para otras actividades agrícolas, al actuar como fuente de inóculo, dada la alta diversidad de hospederos alternos que presenta este virus. Uno de los factores claves para un manejo de la enfermedad es poder conocer su comportamiento y desarrollo durante el ciclo productivo en las áreas de cultivo ya que esto es un aporte importante para el diseño de las medidas de control adecuadas para cada región.

En el presente estudio se evaluaron cinco programas de manejo integrado de trips para reducir la incidencia de *Tospovirus*, fue realizada la cuantificación de la enfermedad y se analizó de forma temporal y espacial. Además, se determinaron los factores epidemiológicos que favorecen el desarrollo de *Tospovirus* en el radicchio y se describieron los síntomas de la enfermedad en condiciones de campo en Parramos, Chimaltenango en el año 2008.

3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Algunas especies hortícolas tales como lechuga, tomate, chile entre otras que actualmente son producidas en el altiplano central de Guatemala se ha visto afectada por el ataque de *Tospovirus*. Se ha convertido en una seria amenaza para la producción y pérdidas a los agricultores. El virus utiliza como vector a los trips y ataca alrededor de 550 especies de plantas comprendidas en 70 familias tanto monocotiledóneas como dicotiledóneas. La especie de *Tospovirus* que ataca el radicchio es "tomato spotted wilt virus" (TSWV) la cual se encuentra entre las 10 enfermedades de origen vírico más importantes que afectan a cultivos agrícolas. Tiene distribución mundial, causa pérdidas totales de la producción cuando los ataques son severos y abandono de los cultivos en áreas demasiado contaminadas y provoca pérdidas en la producción mundial de más de US \$1 mil millones (8). El virus en mención tiene como vector específico los trips. Existen varias especies en el mundo ya que es una plaga cosmopolita muy resistente a condiciones climáticas adversas, con un amplio número de hospederos, de difícil control debido a que se refugian en el interior de flores, escamas y yemas, y adquieren fácilmente resistencia a insecticidas y poseen una elevada tasa de multiplicación. Sin embargo, dada la variabilidad de síntomas que presenta en varios cultivos, hace que agricultores y técnicos confundan dicho problema con otros patógenos, esto merece atención y diagnóstico de un experto en el área.

En respuesta ante la problemática de *Tospovirus* muchos agricultores han incrementado el uso de plaguicidas. Sin embargo, ante las actuales políticas internacionales de reducción de uso de agroquímicos para el control fitosanitario hace necesario desarrollar tecnologías alternativas que permitan de forma fácil, económica y efectiva obtener productos a partir de microorganismo, insectos o nematodos con calidad y en cantidades suficientes para su aplicación masiva en las áreas de cultivos.

La principal causa de la incidencia de *Tospovirus* en los últimos años (2000-2009) en el área del altiplano central de Guatemala y de la disminución de la producción de varios cultivos tales como tomate, lechuga, ornamentales es debida a falta de información, sobre el manejo desde el punto de vista epidemiológico de la enfermedad.

4 MARCO TEÓRICO

4.1 MARCO CONCEPTUAL

4.1.1 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE RADICCHIO SEGÚN KRARUP 1998

Reino: Plantae

Subreino: Tracheobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Asterales

Familia: Asteraceae

Género: *Cichorium*

Especie: *C. intibus*

El cultivo de radicchio, es una hortaliza aprovechable como hoja, de ciclo bianual, cuyo origen corresponde a la región mediterránea de Europa y norte de África, aunque se piensa que deriva del radicchio de Treviso, el cual crece de manera silvestre (33). Es un cultivo hortícola menor, ya que aún su difusión es bastante escasa, siendo la zona de Venecia ubicada al norte de Italia, la principal área de cultivo (21).

El radicchio es conocido en español como Achicoria. Se conocen 2 tipos de radicchio, siendo ellos el tipo Chioggia y el tipo Verona. En inglés se conocen como “Chioggia chicory type” y “Red Chicory of Verona type radicchio”. La diferencia es que el tipo Verona necesita de temperaturas más frías y es de ciclo más largo que el tipo Chioggia. Es por ello que se hablará del tipo Chioggia, ya que puede adaptarse mejor a las condiciones climáticas de Guatemala (30).

4.1.2 MANEJO DEL RADICCHIO PARA CONSUMO

El radicchio presenta dos temporadas de cultivo, en la primera genera un tallo comprimido, en cual se disponen numerosas hojas de manera alternada que forman una roseta característica de la planta (21). Al inicio del desarrollo, las hojas se presentan extendidas y verdes, las cuales a partir de un determinado número de éstas sumado a temperaturas ambiente bajas comienzan a adquirir una tonalidad rojiza a morada, además de cambiar su disposición hacia una forma más compacta, en que las hojas más viejas envuelven a las más nuevas para que éstas últimas no se extiendan. En la segunda temporada de crecimiento, ya con temperaturas cálidas, se inicia la emisión del tallo floral (hueco y ramificado), el cual puede alcanzar 1.5 a 2m de altura. El tallo floral presenta su inflorescencia en forma de capítulo, en una cantidad de 15 a 20 por planta. Éstos últimos se ubican en posición axilar y contienen flores liguladas perfectas de color azul (21).

Dependiendo de la variedad, el color de las hojas puede ser verde, veteado, rojo y blanco. Como referencia, la lechuga pertenece a la misma familia, así la forma del radicchio es como la lechuga solo que con la cabeza más compacta y pequeña. Las hojas son redondas-alargadas, las cuales finalmente son de color rojo oscuro y forman una cabeza. La nervadura principal es vistosa y desarrollada y de color blanco (30).

4.1.3 COSECHA

Por lo general, la madurez se basa en el tamaño comercial después de que se hayan alcanzado un cierto número de días base (típicamente de 75 a 85 días). Las hojas de algunas variedades varían entre verde y rojo o rojo-violeta en la madurez o con el comienzo de temperaturas bajas. Los radicchios de cabeza son firmes y compactos en la madurez. Los de hoja tienen una forma cónica similar a la lechuga romana. Los radicchios se deben cosechar con una porción pequeña de la raíz para ayudar en la retención de hojas (30).

4.1.4 REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS DEL RADICCHIO

4.1.4.1 Clima

El radicchio requiere un clima templado en la época de siembra o trasplante y además de calor y alta luminosidad durante el período de crecimiento. Se desarrolla adecuadamente en condiciones de fotoperiodos largos. Las temperaturas óptimas de crecimiento se encuentran entre 15 y 20°C, y que la temperatura base de crecimiento está en torno a los 8 a 10°C. El tiempo que demora en germinar con 20°C es entre dos y cuatro días, sin embargo, con 10°C este período se alarga de cinco a ocho días. El radicchio es una planta de día largo, aunque existen diferencias entre variedades en relación a la temperatura que requieren para florecer. Las temperaturas efectivas en inducir la vernalización suelen ser cercanas y algo por encima de los 0° C, con óptimos entre 2° y 5° C (30).

El radicchio es sensible al frío, por lo que el trasplante debe realizarse con plantas jóvenes de dos a cuatro hojas (aproximadamente 20 días de post-siembra) y con 10 a 15 cm² de área foliar (33).

La vernalización (cantidad mínima de horas frío para floración) y el fotoperíodo (es la relación entre horas de luz y de oscuridad que recibe la planta) son factores que afectan la floración del radicchio. Las bajas temperaturas entre siembra y germinación (bajo 8°C), días largos (cerca de 13 horas) y el tiempo entre siembra y trasplante (alrededor de 35 días), se conocen como los principales factores asociados con el inicio de la floración en radicchio. Sin embargo, temperaturas de 20°C durante la emergencia son suficientemente altas para reducir la incidencia de la emisión prematura del escapo floral en radicchio tipo Rosso (33).

4.1.5 SUELO

El radicchio puede adaptarse a diferentes tipos de suelos, sin embargo, para obtener un óptimo desarrollo del cultivo es preferible utilizar suelos bien preparados, profundos, con buen drenaje, ricos en materia orgánica y con pH entre 6 y 7. Los suelos ideales para el radicchio son aquellos terrenos sueltos con textura arenosa, o texturas francas (33). Se recomienda cultivar radicchio después de leguminosas, cereal o barbecho, no deben cultivarse como precedentes crucíferas o compuestas, manteniendo las parcelas libre de malas hierbas y restos del cultivo anterior (21).

4.1.6 OFERTA Y DEMANDA DEL CULTIVO DEL RADICCHIO

El mercado de radicchio está completamente dominado por Italia, que es el único proveedor constante. Ninguna región de Estados Unidos ha sido capaz de competir en este mercado de alta calidad y alto precio; esto se debe a la ausencia de condiciones climatológicas uniformes. Además, en Italia han desarrollado técnicas superiores de empaque que minimizan pérdidas por deterioro y extienden la vida útil del producto (1).

El radicchio tiene una tendencia a ser más demandado en países desarrollados que en países en vías de desarrollo. Observadores del mercado tienen ciertas reservas hacia incrementos de demanda, ya que el mercado se limita a restaurantes finos y supermercados localizados en áreas de altos ingresos per cápita. Considerando que la mayor parte de volumen es distribuido por abastecedores de restaurantes, las ventanas de radicchio están directamente relacionadas al número de restaurantes de lujo que es más o menos fijo. La época versatilidad del producto y el alto precio, limita las posibilidades de promociones a gran escala en supermercados, que serían necesarias para incrementar volúmenes de venta (1).

El radicchio italiano se encuentra disponible en el mercado durante todo el año, con envíos más fuertes en el período de agosto-febrero. Los volúmenes disminuyen a partir del mes de abril hasta inicios de junio y los precios tienden a incrementarse entre 25% y 50%. Algunos compradores/distribuidores han reportado que durante este período el mercado frecuentemente acepta radicchio de menor calidad con el objetivo de satisfacer sus necesidades mínimas (1).

Guatemala actualmente compite contra Italia el mercado de EEUU, produciendo y exportando durante todo el año volúmenes menores pero con los mismos estándares de calidad que el producido en Italia.

4.1.7 ORIGEN, EXPANSIÓN Y DENOMINACIONES DEL TSWV

Los virus son entidades infectivas, submicroscópicas, que sólo se multiplican intracelularmente y son potencialmente patógenas. Se conocen más de un millar de virus patógenos de plantas cultivadas. Se han agrupado los virus de vegetales en 22 familias con ARN de cadena simple, una con ARN de cadena doble, una con ADN de cordón simple, una con ADN de cordón doble (13; 23).

El *Tospovirus* está presente en países de los Cinco Continentes, tanto de la zona Templada como Subtropical. Desde los años 20 causa importantes pérdidas. En 1915, en el Estado de Victoria (Australia), se describe por vez primera una nueva enfermedad en el tomate que había hecho su aparición unos años antes, en 1906, se denominó "spotted wilt" del tomate. Ese mismo año se observa la enfermedad en el Sur de este país y en el año 1920 ya se encuentra extendida por toda Australia. La caracterización del agente causal de dicha enfermedad fue hecha por Samuel et al. (1930), recibiendo el nombre de "Tomato spotted wilt virus" (TSWV). Posteriormente se extiende a Hawái, continuando su expansión a otros países tras la introducción de su principal vector *Frankliniella occidentalis*, se cita en Reino Unido, Holanda, Francia, Italia o en España. Desde la denuncia de su aparición. Se puede considerar que su distribución es mundial (15).

Este virus es designado en la bibliografía con diferentes sinónimos, según los países que han sufrido la presencia de la enfermedad, y, en muchos de los casos, se corresponden con su propia manifestación. Así se puede encontrar con el virus de la peste negra del tomate y corcovo del tabaco, Carcova virus en Argentina, "Vira cabeça" en Brasil, mancha amarilla de la piña "Pineapple yellow spot virus" en Hawái, necrosis del brote del cacahuete "Peanut bud necrosis virus", diferentes designaciones de bronceado como "Tomato bronze leaf virus", "Tomato bronzing virus", o en España Virus del bronceado del tomate, y otras sinonimias no tan evidentes como *Lycopersicon virus 3* o *Lycopersicon virus 7*, "Kromnek virus", "Kat river disease virus" (14).

4.1.8 IMPORTANCIA DE LAS AFECCIONES DEL TSWV

La importancia económica debido a las pérdidas ocasionadas por la incidencia de este virus es grande, tanto por su propia agresividad como por la gran extensión y el amplio número de hospedadores que presenta. Más de 550 especies pertenecientes a más de 70 familias botánicas han sido señaladas como sensibles a su infección (15).

Datos que apoyen las importantes pérdidas citadas anteriormente se encuentran en diferentes referencias que señalan pérdidas de entre el 50-90% en lechuga y tomate en Hawái, del 49 al 69% en pimiento e importantes pérdidas en papaya y piña en Brasil, siendo además uno de los factores limitantes en el cultivo de tomate de verano provocando pérdidas del 80 al 90% en tomate en varias regiones de Sud-Africa, daños en plantas ornamentales en Canadá, en tomates en California, Argentina, Uruguay, Australia y Malasia, en cacahuete en Senegal e India y pérdidas millonarias en España, afectando a los cultivos hortícola como tomate, lechuga, pimiento, escarola, etc. (15).

4.1.9 CARACTERÍSTICAS DEL VIRUS

El TSWV se considera un virus de cuarentena en muchos países y hasta hace poco figuraba en la lista de alerta de la EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization). Actualmente figura en las listas de la publicación de APSnet como un virus re-emergente (15).

El TSWV constituye un virus muy especial entre los virus fitopatógenos por las propiedades que presenta y por sus características constitutivas. Debido a ello, durante un largo periodo de tiempo se le consideró el único miembro del grupo de virus al cual representaba. En 1990 se diferencia serológicamente un aislado de *Impatiens balsamina*, presentando además una lista de hospederos diferentes, afectando únicamente a plantas ornamentales, y nace un nuevo virus denominado *Impatiens necrotic spot virus* (INSV). Posteriormente y basándose en sus propiedades serológicas reforzadas por estudios moleculares surgen nuevos miembros que constituyen todos ellos un nuevo grupo siendo el miembro tipo el TSWV. El International Committee on Taxonomy of Virus (ICTV) en su reunión celebrada en Berlín en 1990 acuerda que este grupo se considere el género *Tospovirus* dentro de la familia Bunyaviridae. Los virus pertenecientes a esta familia infectan a animales e incluso en ocasiones han sido descritos afectando al hombre, transmitidos por diferentes insectos como mosquitos, moscas, garrapatas, etc. sólo los miembros del género de los *Tospovirus* afectan a plantas, aunque hay que señalar, son capaces de reproducirse en el insecto vector ocasionándole enfermedad (15).

Los *Tospovirus* y los miembros de la familia Bunyaviridae tienen una composición estructural del virión muy similar, tienen forma esférica de 80 a 100 nanómetros y entre 90 y 120 nanómetros. Ambos poseen una envoltura lipídica que rodea a la nucleocápside tachonada por partículas glicoprotéicas. Su genoma, en ambos casos, consta de tres segmentos de polaridad negativa compuestos por ARN de cadena simple llamados grande, mediano y pequeño [“large” (L), “medium” (M) y “small” (S)], respectivamente. Dichos ARNs forman nucleocápsides pseudocirculares (nc) con la proteína N. El genoma de los *Tospovirus* es tripartito, el fragmento grande ARN L (L segment 18.9 kb) es de polaridad negativa y posee un solo marco abierto de lectura (ORF) que codifica para la síntesis de la polimerasa. Los otros dos ARNs utilizan estrategias de codificación bipolar o ambisense, y cada uno contiene dos ORFs. El ARN M (M “segment” 4.8 kb) codifica una proteína no estructural NSM que es la proteína de movimiento, y un precursor común de las glicoproteínas G1 y G2 que forman parte de las espículas protéicas de la envoltura. El ARN S (S segment 2.9 kb) codifica para la proteína de la nucleocápside N y para un número variable de proteínas no estructurales (NS) (14).

En cuanto a las proteínas estructurales se menciona cuatro tipos diferentes cuyas masas moleculares son similares: Proteína N (28.8 kDa para TSWV y 19-54 kDa. en Bunyaviridae), proteína G1 (78 kDa y 55-120 kDa), proteína G2 (58 kDa y 29-79 kDa) y por último la proteína L (200 kDa para TSWV y 145-250 kDa para los miembros de la familia Bunyaviridae) más la polimerasa que se encuentra asociada a la nc, y dos proteínas no estructurales NSS y NSM (13). El hecho de que la partícula viral presente está cubierta membranosa es una excepción dentro de los virus vegetales, pues sólo el TSWV y los Rhabdovirus la poseen (24).

4.1.9.1 Morfogénesis de la partícula viral

Después de la inoculación del virus, las partículas virales perderían su envoltura, probablemente por la acción de lisosomas, exponiendo la nucleocápside (nc). La proteína N será entonces removida por un proceso aún no definido, liberando los tres ARNs virales. Estos serían transcriptos por las unidades de polimerasas llevadas por el propio virus (característica de los virus ARN negativos) produciendo los correspondientes mARNs que iniciarán la síntesis proteica. Los virus siguen el proceso de replicación produciendo las proteínas estructurales esenciales para completar el ciclo de infección (14).

La acumulación de proteína N en las células determinaría un cambio en el modo de transcripción, frenando la síntesis de proteínas y pasando a producir ARNs genómicos. Éstos ARNs genómicos serían encapsulados por la proteína N, formando nucleocápsides que podrían ser transportadas a través de los plasmodesmos con la participación de la proteína NSM (probablemente la proteína de movimiento del virus), para infectar las células vecinas. Las nucleocápsides pueden seguir otro camino que da como resultado la maduración de partículas virales completas. Para ello la nc se rodea de la envoltura viral formada por la membrana lipídica que contiene las glicoproteínas G1 y G2, codificadas por el ARN viral. El modo preciso en que los *Tospovirus* adquieren las membranas permanece poco esclarecido. No se han hallado partículas en maduración, posiblemente porque el proceso es muy breve. Se han propuesto tres rutas para el montaje de las partículas que ocurre en el retículo endoplásmico y en las vesículas del aparato de Golgi. Este proceso se llama brotación y está documentado en otros miembros de la familia Bunyaviridae. Después del montaje, las partículas de virus estarían completas y aptas para ser transmitidas a otras plantas por los trips (14).

4.1.9.2 Citopatología

Las partículas virales se acumulan en el citoplasma de las células infectadas en cisternas del retículo endoplásmico. Se han encontrado además acumulaciones de material amorfo en el citoplasma, constituido por nucleocápsides y en algunos casos por proteína NSM. También se han observado agregados de apariencia fibrosa que corresponden a proteína NSS. Se desconoce la función de esa proteína y el significado de su acumulación (14).

Los *Tospovirus* parecen ser capaces de invadir todos los órganos vegetativos y tejidos de la planta, a los cuales infectan sistémicamente, incluyendo las células mitóticas (14).

4.1.9.3 Ciclo de infección de los *Tospovirus*

Los *Tospovirus* entran a las células de la planta durante la prueba o alimentación de los trips transmisores de

Tospovirus. En condiciones de laboratorio la infección puede ser imitada por inoculación mecánica. Después que el virus entra a la célula, es despojado de la envoltura y los nucleocápsidos infecciosos son liberados al citoplasma. A partir de este momento el ARN viral es transcrito y replicado (14).

En base a observaciones de procesos de infección de otros virus similares con cadenas negativas, se postula que la transcripción o replicación están controladas por la concentración de nucleocápsidos libres en el citoplasma. Ante una baja concentración de proteína N (por ejemplo al comienzo del proceso de infección) la replicasa producirá ARNs mensajero (Transcripción) resultando después de la traducción, en la acumulación de proteínas virales. El aumento de la concentración de proteínas virales, hace que la polimerasa cambie hacia el modo de Replicación, por el cual el ARNs será multiplicado. La proteína NSs, que se encuentra formando estructuras paracrystalinas en el citoplasma, cuya función es aún desconocida. Las glicoproteínas G1 y G2 se sintetizan a partir de un precursor común que contiene una señal que le permite la traducción en el retículo endoplásmico. Después de la glicosilación y proteólisis, las glicoproteínas son transportadas al sitio de brotación. La infección se propaga a las células adyacentes mediante el transporte de nucleocápsidos. No se han encontrado partículas virales maduras en los plasmodesmos. La proteína de movimiento NSM es fundamental en el transporte de la nucleocápside de célula a célula. Durante el proceso de infección de la planta, la proteína de movimiento NSM se expresa tempranamente y en forma transitoria, hallándose asociada a las nucleocápsides y a los plasmodesmos (en la primera etapa) y posteriormente con estructuras tubulares que le permiten penetrar los plasmodesmos. En este transporte tubular circula material de nucleocápsides virales que no contienen su envoltura. Estas estructuras tubulares también han sido halladas en los protoplastos infectados de células de los insectos vectores, aunque no hay evidencia de su función. Alternativamente las nucleocápsides forman nuevas partículas virales por asociación con las glicoproteínas en los sitios de brotación del aparato de Golgi ó en el retículo endoplásmico. Estas partículas virales recién formadas pueden ser transmitidas por trips a una planta sana para reiniciar el ciclo de la infección (14).

4.1.10 CARACTERÍSTICAS DE LA ENFERMEDAD

La enfermedad provocada por el TSWV presenta una serie de características que hacen de ella una enfermedad muy compleja. Es producida por un virus que tiene alto número de hospederos y muy complejo, existiendo varias razas del virus, cada una de las cuales puede recombinarse formando razas híbridas (14).

4.1.11 SINTOMATOLOGÍA

Los síntomas típicos de la presencia del TSWV en Solanáceas son:

En las hojas del brote pueden presentarse anillos que suelen ser necróticos y fuertes líneas sinuosas como un arabesco de dibujos geométricos de color más claro o amarillo sobre el fondo verde de la hoja. Estos síntomas, que pueden ir asociados también a infecciones por CMV o BRWV, no siempre se presentan. En ocasiones puede verse un cierto amarillamiento del brote, poco específico y necrosis apical (7).

Los frutos presentan manchas redondas de color verde, amarillo o tono más claro sobre el fondo rojo del fruto maduro y, en ocasiones, estas manchas tienen forma de anillos concéntricos (7).

La manifestación de síntomas, como en otras virosis, está condicionada por diversos factores, entre los que se destacan:

1. Variedad dentro de la especie.

2. Condiciones ambientales como luminosidad, humedad, y sobre todo, temperatura. Así, puede ocurrir que haya plantas infectadas que no muestren síntomas si las condiciones ambientales no son las adecuadas, o bien, que los síntomas sean diferentes en función de las condiciones ambientales.

3. Estado de desarrollo fisiológico de la planta infectada. Cuanto más pequeña sea la planta, más daños produce la enfermedad y los síntomas pueden ser más agudos. El nivel de nutrición de la planta infectada también condiciona los síntomas, distorsionando su expresión normal.

4. Aislado o raza del virus. Algunos aislados provocan daños muy severos, mientras que otros son menos dañinos.

Sintomatología en otros cultivos: la infección con TSWV causa una amplia variedad de síntomas diferentes, tales como necrosis, clorosis, enanismos, atrofiados y lesiones locales, dependiendo de la especie de planta atacada y del aislado del virus (5, 7, 8).

4.1.12 IMPORTANCIA ECONÓMICA

El impacto económico del TSWV es enorme, debido sobre todo a su amplia distribución geográfica, plantas hospederas y sus devastadores efectos sobre las plantas infectadas.

Entre los cultivos de importancia económica para los que se han publicado pérdidas considerables en sus producciones se destacan: tomate, papa, tabaco, cacahuete, pimiento, lechuga, papaya, piña y plantas ornamentales (34).

En EE.UU. el binomio *Frankliniella occidentalis*/TSWV está considerado el problema número uno en horticultura, particularmente en las regiones cálidas. Así, por ejemplo, en California provoca considerables daños en tomate, lechuga y pimiento; también produce daños en Hawaii. En Brasil las pérdidas de producción se cifran entre el 49 y el 69% (7).

En Argentina, el TSWV está ampliamente difundido en la mayor parte de las regiones donde se cultiva tomate (30). En Europa, al igual que en EE.UU. el binomio *Frankliniella occidentalis* también está considerado como el problema más grave en horticultura, llegando a destruir por completo cultivos de tomate, pimiento, crisantemo,

lechuga, habas, y otros (20). En la zona mediterránea española se han registrado daños devastadores en tomate, pimiento y lechuga, así como pérdidas de consideración en berenjena, apio, melón, judía, col y otros tantos cultivos (19).

4.1.13 CEPAS O RAZAS

Se distinguen seis razas las que se denominan A, B, C1, C2, D y E, en función de los síntomas observados en tres especies de plantas hospederas diferenciales. Se apunta también la posibilidad de encontrar varias razas en un solo hospedero y la posibilidad de que estas razas se recombinen entre sí para originar otras nuevas. Este tipo de estudio no ha tenido continuidad, y por ello están en falta otros descriptores que ayuden en las clasificaciones (26).

Las clasificaciones posteriores de diversos aislados del virus, se han hecho en base a sus diferentes comportamientos serológicos con la técnica ELISA (30), para lo que se han utilizados antisueros policlonales, contra proteínas de membrana y contra la nucleoproteína, estableciéndose 3 grupos (I, II y III). Actualmente se reserva el nombre de TSWV para los del serogrupo I.

Estudios más recientes, llevados a cabo aplicando la técnica PCR, han puesto de manifiesto que en campo existen patotipos con diferente comportamiento biológico y bioquímico aunque serológicamente no se distinguen, hecho este que pone de manifiesto la enorme variabilidad del virus (19).

Serogrupo	Especies
Serogrupo I:	TSWV: tomato spotted wilt virus
Serogrupo II:	GRSV: groundnut ring spot virus TCSV: tomato chlorotic spot virus
Serogrupo III:	INSV: impatiens necrotic spot virus
Serogrupo IV:	PBNV: peanut bud necrosis virus = GBNV WSMV: watermelon silver mottle virus WBNV: watermelon bud necrosis virus
Serogrupo V:	PYSV: peanut yellow spot virus
Serogrupo VI:	IYSV: iris yellow spot virus
Serogrupo VII:	PSMV: physalis severe mottle virus
Serogrupo VIII:	CSNV: chrysanthemum stem necrosis virus
Serogrupo IX:	ZLCV: zucchini lethal chlorotic virus
Serogrupo X:	PCFV: peanut chlorotic fan spot virus

Fuente: 4º Simposio Internacional sobre *Tospovirus* y trips de las flores (Wageningen, Holanda, 1998)

4.1.13.1 Identificación y diagnóstico

Varias son las técnicas que pueden utilizarse para diagnosticar la presencia de TSWV en plantas infectadas entre ellas se encuentran:

a) Transmisión mecánica a plantas testigo seleccionada: por ejemplo tomate o pimiento, se encuentra entre las plantas testigo más ampliamente utilizadas, ya que dos días después de la inoculación con TSWV muestra pequeñas lesiones locales marrones o negras características (14).

b) Microscopía electrónica: alternativamente, el virus puede ser identificado por microscopía electrónica, por su morfología y a las inclusiones citoplasmáticas asociadas a la infección. Este tipo de estudios puede completarse con el uso de anticuerpos marcados con oro coloidal, los cuales proporcionan una confirmación de la identificación de las partículas virales, tanto en extracto de savia como en secciones delgadas de tejido vegetal (20). Y No obstante, el uso de la microscopía electrónica para la detección y diagnóstico se ve restringido por el tiempo que consume y el pequeño número de muestras que pueden ser examinadas.

c) Transmisión por trips: la transmisión del virus mediante trips es una característica muy particular de este virus que puede ser utilizada para identificarlo. Aunque, el manejo de estos pequeños y frágiles insectos plantea una serie de dificultades de tipo práctico que también restringe su uso como método de diagnóstico (19).

d) Serología: en la actualidad, el método más utilizado para diagnosticar las infecciones con TSWV es el de las pruebas serológicas mediante la técnica ELISA (enzyme linked inmuno sorbent assay (9, 13, 16, 34). Este método es cómodo, rápido, fácil de usar y además permite examinar un número elevado de muestras. Se puede realizar a partir del material enfermo o en los trips asociados a dicho material.

e) Otras técnicas: también tienen aplicación en la diagnosis otras técnicas, tales como las transferencias de tejido fresco a membrana, hibridación con DNA o con ribopruebas y la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), pero no están ampliamente difundidos aún en la identificación y diagnóstico del TSWV (15).

Los *Tospovirus* son transmitidos por medio de trips mayormente, (Thysanoptera, Terebrantia, Tripidae), más de nueve especies han sido señaladas como posibles vectores. El más eficiente de todos es el trips de las flores *Frankliniella occidentalis*. La transmisión es persistente-circulativa y en el caso del TSWV y del INSV se produce la replicación del virus en el interior del insecto vector. Pocos virus de plantas han demostrado esta propiedad de multiplicación en el interior de su insecto vector. La adquisición del virus por el vector la realiza en su primer estadio larval, pero no pueden transmitirlo inmediatamente. Necesitan un período de incubación o latencia de varios días, denominado tiempo promedio mínimo de adquisición (TPMA). Este período varía con la especie con un mínimo de 4 días, la máxima infectividad se alcanza 22 a 30 días después de la adquisición. Los virus pueden ser adquiridos con períodos de alimentación de apenas 15 a 30 minutos; períodos más largos hacen más eficiente la transmisión. Una vez que las larvas adquieren el virus, éste persiste en los siguientes estadios larvales y en el adulto. Se ha

comprobado que los *Tospovirus* se replican dentro de las glándulas salivales y en la musculatura del intestino medio del vector, aunque la infección no pasa a la progenie. La mayoría de los trips comienzan a transmitir los virus al final del segundo estadio larval. Las poblaciones anuales del insecto dependen de las condiciones ambientales, en general tienen sus umbrales óptimos entre 27°C y 30°C. Son extraordinariamente eficientes en realizar la transmisión, se habla de que con un 0,05% de adultos transmisores de virus en plantas de pimiento son suficientes para desencadenar la enfermedad. El porcentaje de individuos infectivos es limitado y no suele pasar del 30%, pero dado el valor anteriormente citado las posibilidades de infección, teniendo el vector y el inóculo, son altas. Las condiciones ambientales también ejercen un papel importante sobre la entidad viral pudiendo ser limitantes o desencadenantes de la enfermedad (15).

La emergencia de los *Tospovirus* en el mundo ha sido atribuida a diversas causas entre las que cabe citar cambios en las prácticas culturales o expansión en el mundo de especies de trips vectores eficientes de este grupo. Por otra parte, la dificultad que presenta el control de los mismos y las pocas posibilidades de resistencia que presentan las especies afectadas. En este aspecto se está avanzando sobre todo para tomate y pimiento, han favorecido la expansión y asentamiento de este tipo de enfermedades. Las medidas profilácticas siguen constituyendo un buen medio de prevención para las mismas, cabe citar el control del transporte del material vegetal, prevención en semilleros, sanidad de las plántulas, ejerciendo inspecciones de los mismos o procurar su realización en zonas libres de la enfermedad. Prohibición del abandono de los cultivos afectados, tratamiento del vector con productos que no dañen a sus depredadores, utilizar rotación de cultivos intercalando especies de menor sensibilidad al virus. Cambios en épocas de plantación, nutrición equilibrada, eliminación de plantas silvestres reservorios del virus (pero nunca cuando estén en floración), utilización de mallas en aberturas en los cultivos protegidos o cultivo bajo mallas (siempre y cuando no se introduzca el vector en su interior), utilización de trampas pegajosas (amarillas o azules) y por último la utilización de resistencia o tolerancia, pueden ser entre otros algunos consejos a seguir para minimizar su presencia (15).

Los trips pueden tener preferencia por plantas infectadas en relación a las plantas sanas. Los adultos de *Frankliniella occidentalis* presentan una preferencia por las plantas infectadas con TSWV, tanto para alimentarse como para ovipositar, hecho que se repite en varias especies. Esta preferencia puede ser debida a modificaciones fisiológicas causadas en la planta por la infección. Se demuestra que los machos de *Frankliniella occidentalis* transmiten los *Tospovirus* mejor que las hembras (14).

4.1.14 EPIDEMIOLOGÍA DE *Tospovirus*

En Guatemala, el TSWV es una enfermedad endémica que a través de los años se ha instalado en varios hospederos, muchos asintomáticos e integrantes de la flora nativa. Los *Tospovirus* en el país no presentan diferencias en cuanto a sintomatología, hospederos, y otras variables.

Los otros factores considerados son, las fuentes de infección y los vectores, ambos condicionados por el medio ambiente, parecen determinantes. Las fuentes de infección que actúan masivamente y revisten mayor importancia epidemiológica son los cultivos enfermos de tomate y lechuga, donde los vectores cumplen su ciclo completo y se multiplican. Es muy frecuente que estos cultivos sean abandonados, convirtiéndose en una fuente inagotable de insectos transmisores de *Tospovirus* que se trasladan llevando la infección a las nuevas plantaciones, plantas autóctonas y malezas. Entre éstas, las perennes o bianuales pueden ser focos primarios de infección en el nuevo ciclo vegetativo si además de albergar al virus son colonizadas por los vectores. De igual forma actúan los cultivos susceptibles como lechuga que se siembran en forma escalonada durante todo el año (3).

Los vectores están fuertemente influenciados por las condiciones ambientales. Si éstas son favorables, pueden pasar el invierno al estado de adulto sin interrumpir su actividad como dispersores de *Tospovirus*. Bajas precipitaciones y elevadas temperaturas invernales favorecen la dinámica de sus poblaciones. Cultivos de cebolla, que albergan grandes poblaciones de trips, no cuentan en la epidemiología de la enfermedad (10). La importancia de *Frankliniella occidentalis* como transmisor de *Tospovirus*, radica en que es muy resistente a condiciones climáticas adversas, tiene un rango de hospedantes mayor que los otros vectores, es de difícil control porque se refugia en el interior de flores, escamas y yemas, y genera fácilmente resistencia a insecticidas, y además posee una elevada tasa de multiplicación (10).

4.1.15 EL TRIPS DE LAS FLORES *Frankliniella occidentalis*

Reino: Animal

Orden: Thysanoptera

Familia: Tripidae

Especie: *Frankliniella occidentalis*

Los principales cultivos atacados por *Frankliniella occidentalis* son el pimiento, berenjena, pepino, judías, calabacín, sandía, melón y tomate en invernadero. Como cultivos alternativos destacan el algodonero y los frutales como el nectario. También ocasiona daño en ornamentales como rosal, gerbera, clave (17).

4.1.16 MORFOLOGÍA

Los adultos de *Frankliniella occidentalis* son alargados, de unos 1.2 mm las hembras y 0.9 mm de longitud los machos, con dos pares de alas plumosas replegadas sobre el dorso en estado de reposo. Las hembras son de color amarillento-ocre con manchas oscuras en la parte superior del abdomen. Esta coloración es más clara en verano y en los machos. Presentan un aparato bucal raspador - chupador por lo que los daños se dan en la epidermis de los frutos (17).

Los huevos son reniformes, de color blanco hialino y de unas 200 micras de longitud, encontrándose insertados dentro de los tejidos de los vegetales. Las larvas pasan por dos estadios, siendo el primero muy pequeño, de color blanco o amarillo pálido. El segundo estadio es de tamaño parecido al de los adultos y de color amarillo dorado. Las ninfas a su vez se distinguen en dos estadios. Son inmóviles y comienzan a presentar los esbozos alares que se desarrollarán en los adultos (17).

4.1.17 CICLO DE VIDA DE *Franklinella occidentalis*

El ciclo de vida de los trips inicia cuando las hembras insertan los huevos de forma aislada dentro de los tejidos vegetales (hojas, pétalos de las flores y partes tiernas del tallo), como se observa en la figura 1. En un número medio de 40 (hasta 300) a lo largo de su vida. El tiempo de incubación varía según la temperatura, siendo de unos 4 días a 26° C, presentando una mortalidad alta con temperaturas elevadas y baja higrometría. Del huevo emergen las larvas neonatas que comienzan enseguida su alimentación en el lugar donde se realizó la puesta. Con el desarrollo de las larvas siguen su alimentación en lugares refugiados de las hojas, flores o frutos. En los estadios ninfales siguientes, dejan de alimentarse, pasando a un estado de inmovilidad que se desarrolla preferentemente en el suelo, en lugares húmedos o en grietas naturales de hasta 15 mm bajo el nivel del suelo. Desde su aparición los adultos empiezan a colonizar las partes superiores de las plantas, teniendo gran apetencia por las flores y el polen de las mismas, del que se alimentan. Sólo se alimentan ocasionando daños las larvas y los adultos (17).

En la figura 1 Fuente: Jordá, C; Lacasa, A; Costa, J; Díez, M; Nuez, F. describen de forma grafica las diferentes etapas de desarrollo del trips anteriormente descritas.

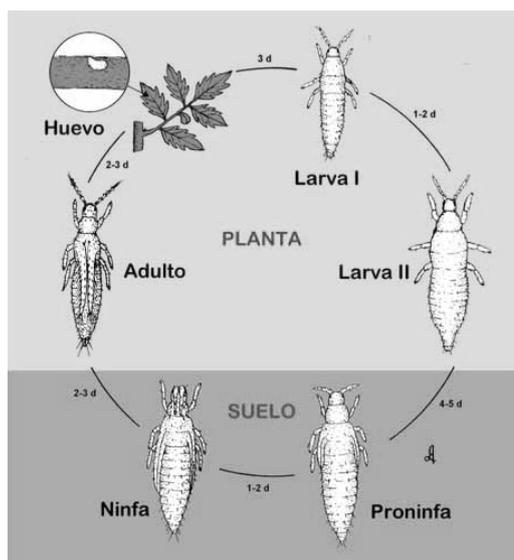


Figura 1: Ciclo de vida de *F. occidentalis*

Otras características biológicas de sumo interés son, su poder de adaptación diferentes climas, teniendo una gran actividad fitófaga, tanto en cultivos protegidos como al aire libre, durante todo el año. Además, el trips se desarrolla en una gran diversidad de cultivos, no importando su estado fenológico (12,17).

También se distribuyen en plantas espontáneas, que pueden servir como reservas de poblaciones que luego se dispersan sobre los cultivos (10). El ciclo de vida de *F. occidentalis* depende de la temperatura, los trips se desarrollan más rápido a 30° C, mientras que por encima de 35° C no hay desarrollo en absoluto. Por debajo de los 28° C hay una relación casi lineal entre la temperatura y la duración del desarrollo, y a 18° C el desarrollo es dos veces más largo que a 25,5° C. Poseen una gran rapidez de desarrollo, de tal manera, que a una temperatura de 25° C, el tiempo transcurrido en completar un ciclo es de 13 a 15 días (17).

4.1.18 REPRODUCCIÓN Y CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN DEL INSECTO VECTOR

La reproducción de *F. occidentalis* puede ser tanto sexual como asexual. Hembras no fecundadas dan descendencia masculina, mientras las fecundadas está compuesta por un tercio de machos y dos tercios de hembras (17).

Al inicio del ciclo del cultivo, se encuentran más trips machos que hembras, pero posteriormente el porcentaje se invierte. En pepino y a 25° C las hembras, fecundadas o no, producen unos 3 huevos diarios. Si los trips tienen polen a su disposición, el número puede ser muy superior. A 25° C una población puede duplicarse en cuatro días en condiciones óptimas. La longevidad de adultos es muy elevada (32-57 días). Su fecundidad oscila de 33 a 135 huevos/hembra (17).

4.1.19 LOCALIZACIÓN DEL INSECTO EN LA PLANTA

F. occidentalis se encuentra generalmente localizado en las partes altas de la planta, oculto en puntos de crecimiento, yemas florales y flores, es menos común encontrarlo en las hojas. A primera hora de la mañana se hacen más activos y abandonan sus refugios, durante el trascurso del día se observan adultos en las flores. Los trips pueden hibernar en hendiduras y otros lugares recónditos, reapareciendo en la estación siguiente. La dispersión de los trips en la planta puede ser activa (volando o flotando en corrientes de aire) como pasiva (por movimiento de personas, plantas o materiales (10,12, 15).

4.1.20 SÍNTOMAS Y DAÑOS EN LOS CULTIVOS

Los daños directos se producen por larvas y adultos al succionar el contenido celular de los tejidos. Los daños producidos por alimentación producen lesiones superficiales de color blanquecino en la epidermis de hojas y frutos, en forma de una placa plateada, que más tarde se necrosan, pudiendo afectar a todas las hojas y provocar la muerte de la planta. La saliva fitotóxica segregada en la alimentación da lugar a deformaciones en los meristemas, que al desarrollarse la hoja en la epidermis aparecen manchas cloróticas arrugándose. En frutos estos daños deprecian la calidad (17).

Las yemas florales infestadas severamente pueden quedarse cerradas o dar lugar a flores deformadas, como es el caso del rosal, lo que disminuye su valor comercial considerablemente (12).

También destaca la formación de agallas, abultamientos durante las puestas, en los lugares en que se depositaron los huevos y que pueden tener importancia en frutos (berenjena y tomate) (17).

Los daños indirectos son los producidos por la transmisión de virosis. *F. occidentalis*, tiene la posibilidad de ser un vector de transmisión, puesto que inyecta saliva y succiona los contenidos celulares. Este insecto transmite fundamentalmente el Virus del Bronceado del Tomate TSWV, "Tomato Spotted Wilt Virus", el cual afecta principalmente a tomate, pimiento y ornamentales (12,17).

4.1.21 MÉTODOS DE CONTROL DE POBLACIONES DEL INSECTO VECTOR

El mejor método para el control de *F. occidentalis* es la combinación de los siguientes tres métodos de lucha:

4.1.21.1 Medidas preventivas y técnicas culturales

Colocación de mallas, vigilar que no haya roturas en el plástico. Eliminación de malezas dentro y fuera del invernadero y eliminación de restos de cultivo sobre todo antes de realizar una nueva plantación, distanciando ésta el máximo tiempo posible de la anterior. Colocación de trampas adhesivas azules antitrips desde el inicio del cultivo, a la altura de éste, para realizar un seguimiento de las poblaciones de adultos (10).

4.1.22 AGRIL

El agril es un material de tela no tejida, que se utiliza como cubierta flotante, es ultraligera y resistente a insectos, que sin interferir con el crecimiento de las plantas, permite el paso de la luz solar, el aire y el agua. Por sus

características crea un efecto de microclima, el cual conserva mayor humedad y temperatura bajo la cubierta, así favorece el desarrollo del cultivo, se logra incrementos en calidad y rendimiento. En climas templados o fríos, la cubierta de polipropileno protege su cultivo de heladas, al mismo tiempo que adelanta su desarrollo, es decir le da precocidad al cultivo. Existen diferentes formas de colocación. Estas pueden ser flotante, microtúnel y casa campaña. Es importante considerar que es una barrera física, que impide el acceso de los insectos que pueden dañar el cultivo, incluye aquellos que, como los trips, la mosca blanca, pulgones y otros áfidos le pueden transmitir enfermedades virosas (32).

4.1.22.1 Microtúnel

Una de las maneras recomendables de utilizar el agril para este cultivo, es por medio de un micro túnel el cual se forma con arcos de alambre los cuales se colocan a lo largo del surco. Posteriormente se coloca el agril sobre los arcos de alambre de manera que se forme un espacio libre entre la siembra y el agril para que la planta tenga el suficiente espacio para desarrollarse y para amortiguar los efectos extremos del clima quedando completamente protegida de los insectos del ambiente exterior (32).

4.1.22.2 Recomendaciones para uso de agril

Para que el uso del agril sea adecuado se deben seguir las siguientes recomendaciones de manejo: evitar que el agril entre en contacto con superficies metálicas, rugosas y oxidadas, si se utiliza alambre para hacer los micro-túneles es recomendable forrarlos con cinta de riego usada, si se utilizan varas es recomendable recubrirlas para evitar que rasguen la tela, esperar después de hacer el trasplante de 3 a 5 días antes de tapar para que las plantas se estabilicen y evitar el estrés causado por el cambio de temperatura. Antes de colocar agril hacer una aplicación de insecticida para asegurar de que no queda ningún insecto en el interior del túnel, revisar periódicamente el cultivo para prevenir la aparición de enfermedades provocadas por hongos, bacterias o nematodos, antes de colocar el agril hacer control de maleza en forma física, química o con acolchado, si durante el tiempo que el agril este colocado es necesario hacer trabajos de deshierbe, se debe destapar por un lado se retiran las hierbas y se vuelva a tapar, utilizar semilla o planta sana (32).

4.1.22.3 Recuperación y conservación de agril

Es importante cuidar de no dañar el agril al destapar la planta para su posterior reutilización, rollándolo nuevamente en su centro de cartón, si es necesario almacenarlo se debe colocar en una bolsa de plástico negra, en un lugar fresco alejado de la luz solar (32).

4.1.22.4 Ventajas de agril

Las ventajas que el agril tiene en relación a la siembra a campo abierta son muchas entre ellas encontramos el control sobre los insectos vectores de enfermedades virosas, ya que es una barrera física que impide el acceso de insectos al cultivo. Es una herramienta eficaz contra las heladas ya que la temperatura dentro de la cubierta es mayor que a la intemperie además de que el hielo se queda sobre la tela, es decir, no llega a la planta, se obtiene una mejor calidad y mayor rendimiento, crea un efecto de microclima que favorece el desarrollo de su cultivo y cosecha, tiene la capacidad de adecuarse a cualquier cultivo, su colocación puede ser manual o mecánica y manejo es fácil (32).

4.1.23 MULCH PLÁSTICO

El mulch plástico es una lámina de polietileno de 80-150 mm de espesor que puede ser de diferentes colores. Se utilizan para mantener la humedad del suelo mejorando la estructura del mismo, aumentar la temperatura del suelo y acelera la cosecha, control de malas hierbas, conservar las hortalizas limpias y libres de salpicaduras, adelantar la siembra y que la germinación sea más rápida, reflejar el calor hacia la fruta para una mejor maduración, mejorar la calidad del fruto impidiendo el contacto con el suelo, evitar la erosión y el endurecimiento de la tierra (29).

Para la colocación del mulch en el suelo debe estar libre de malas hierbas, sin terrones, piedras ni restos de cosechas, para no dañar al mulch se extiende antes de sembrar o trasplantar y después de poner el goteo colocando el plástico sobre el tablón de tierra enterrando los bordes laterales. Se procede a perforar el mulch plástico y a realizar el trasplante. La película plástica puede atraer moluscos. Para controlarlos se puede levantar los bordes y retirarlos o emplear un molusquicida (29).

4.1.23.1 Mulch biodegradables

Como consecuencia del problema que plantea la gestión de residuos inorgánicos y el peligro para la fauna silvestre que presentan los desechos plásticos convencionales, la utilización en agricultura de materiales alternativos como los plásticos biodegradables y oxobiodegradables proporcionan una solución viable a la problemática de desechos plásticos. Su uso fundamentalmente es en acolchados, donde una vez concluida la vida del plástico éste se desintegra y basta con arar el terreno para que los restos desaparezcan. Los plásticos biodegradables son aquellos capaces de ser degradados medioambientalmente. Representan una nueva generación de materiales capaces de reducir significativamente el impacto ambiental en términos de consumo de energía y generación de residuos después de su utilización (36).

Las resinas naturales (o biopolímeros) tienen como base recursos renovables tales como el almidón y la celulosa, y los polihidroxialcanoatos (PHA) producidos por microorganismos. Otros polímeros, como las proteínas y las pectinas, pueden también utilizarse, potencialmente, para desarrollar plásticos y polímeros biodegradables. Los polilactidos (PLA), es decir, poliésteres alifáticos formados por polimerización del ácido láctico, se incluyen

generalmente en esta categoría, ya que el monómero puede producirse por fermentación (36).

4.1.23.2 Ventajas medioambientales

Los plásticos biodegradables son completamente degradados, de forma rápida, en compuestos que no dañan el medio ambiente. Son producidos a partir de fuentes renovables de energía, lo que contribuye al mantenimiento de los reservables fósiles en el planeta. Significativo ahorro de energía al no tener que someterse a un proceso posterior de gestión de residuos. Las velocidades de biodegradabilidad dependen enormemente del espesor. Las velocidades altas de degradación se dan para films de bajo espesor, mientras que los films más gruesos pueden necesitar tiempos elevados para degradarse biológicamente (36).

4.1.24 CONTROL BIOLÓGICO

4.1.24.1 Productos biológicos

Los hongos entomopatógenos o benéficos son microorganismos que se encuentran en el suelo o parasitando insectos. Estos tienen la capacidad de causar enfermedades en los insectos de tal forma que naturalmente o mediante la aplicación de ellos se logra mantener las poblaciones de insectos plaga a niveles donde no representan un daño económico (11).

En la naturaleza existen cientos de hongos controladores de insectos plagas, pero en la práctica se utilizan tan sólo algunos de ellos. Debido a que para poder ser utilizados como bioinsecticidas requieren un proceso largo de investigación y experimentación. Dentro de los productos biológicos para el control de *F. occidentalis* destacan los formulados a base del hongo *Verticillium lecani*, *Beauveria bassiana* (2).

4.1.24.2 Características y mecanismos de acción de hongos para el control biológico

Los hongos que presentan un rango estrecho de hospederos, pero que son muy virulentos, son generalmente los más difíciles de cultivar, aún más las especies que presentan fases parásiticas y saprofiticas en sus ciclos de vida. En cuanto al mecanismo específico de acción, los hongos entomopatógenos actúan principalmente por contacto, cuando el hongo es capaz de penetrar dentro del insecto e invadirlo, provocándole la muerte por micosis. Además la mayoría de estos hongos producen sustancias líticas y toxinas que ayudan a la penetración y a inhibir los mecanismos de defensa de los insectos entre otras formas de actuar. Aún cuando muchas de estas toxinas se producen sólo en el interior del insecto, se ha demostrado que muchas especies de hongos pueden producir durante su reproducción

metabolitos bioactivos con efecto insecticida, lo que potencia su acción, lo cual debe tenerse en cuenta al diseñar un esquema de producción (11).

Las etapas en el desarrollo de una micosis pueden implicarse en 10 pasos: Adhesión al tegumento, Germinación del conidio, Penetración por la cutícula, Multiplicación en el hemocele, Producción de toxinas, Muerte del insecto, Colonización, Emergencia del micelio fuera del insecto, Esporulación del hongo, Diseminación (11).

4.1.24.3 *Beauveria bassiana*

Reino: Fungi

Phylum: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Hypocreales

Familia: Clavicipitaceae

Género: *Beauveria*

Especie: *B. bassiana*

Presenta células conidiógenas globosas con un cuello muy corto, conidioforos apiñados formando sinemas o grupos de conidioforos muy juntos, conidias lisas e hialinas, globosas o globosas elipsoidales, raquis en zigzag. El desarrollo en medio de cultivo es levantado, de color blanco, tomando coloraciones amarillas en el reverso de la placa cuando tienen mucho tiempo (11). Es un hongo que crece naturalmente en los suelos en todo el mundo y actúa como un parásito sobre diversas especies de insectos (2).

El hongo *B. bassiana* es conocido como entomopatógeno desde 1835 año en que se descubrió causando la muerte de gusanos de seda. Se encuentra de forma natural en suelos y sobre diversos órdenes de insectos (coleópteros, dípteros, heterópteros, homópteros, lepidópteros, tisanópteros) así como sobre ácaros tetraníquidos, por lo que ha sido utilizado para el control de plagas de dichos órdenes en diversos países. Contra aleuródidos ha sido utilizado para el control de *Bemisia tabaci* (Genn.), *Dialeurodes citri* (Ashm.) *Trialeurodes vaporariorum* (Westw.) (2)

B. bassiana causa enfermedades a más de 500 especies de insectos. El hongo tiene una apariencia blanca cremosa y polvorienta ya sea en las placas de cultivo en el laboratorio o sobre los insectos muertos y parasitados en el campo (27).

No tiene efecto alguno sobre el hombre, plantas, animales domésticos, ni ganado. Así mismo, su efecto sobre abejas domésticas no es significativo, por los mecanismos de defensa que presentan las abejas contra este tipo de microorganismos (11).

Las esporas de *B. bassiana* tienen la capacidad de germinar en la cutícula (piel) del insecto, produciendo una hifa o tubo germinativo. Mediante acción física y enzimática, este tubo germinativo atraviesa la cutícula, alcanzando la cavidad corporal del insecto. Una vez ahí, el hongo prolifera, invadiendo los órganos internos y provocando una serie de desbalances fisiológicos que primero paralizan al insecto y posteriormente le causan la muerte. El periodo requerido para matar al insecto es variable, dependiendo de la cantidad de esporas que se depositen sobre el mismo, temperatura, especie, tamaño y edad del insecto (2)

4.1.24.4 *Verticillium lecanii*

Reino: Fungi

Phylum: Ascomycota

Clase: *Incertae sedis*

Género: *Verticillium*

Especie: *V. lecanii*

La utilización de insecticidas se ha mostrado poco eficaz, por una parte, por ser las poblaciones del vector poco sensibles a estos productos y, además, por su localización en lugares escondidos en las plantas. Se ha observado que las aplicaciones químicas han dado respuestas satisfactorias en cultivos protegidos, sobre todo en el control del insecto y los daños que puede ocasionar como plaga, no así en cultivo al aire libre o en cuanto al control de la transmisión del virus. Además, se ha descrito la aparición en los trips de resistencias a insecticidas (17). El hongo *V. lecanii* no es nocivo para los enemigos naturales, de modo que puede ser utilizado para suplementar el control cuando los ácaros y los chinches depredadores no logran controlar la plaga completamente (11).

Es un hongo efectivo en el control de plagas de homópteros y tiene la capacidad de crear epizootias, si las condiciones de humedad y temperatura le son favorables (11).

4.1.24.5 Enemigos naturales

La acción de los depredadores de trips, *F. occidentalis*, está ejercida principalmente por ácaros fitoseidos depredadores del género *Amblyseius* (*Amblyseius cucumeris* y *Amblyseius barkeri*) y algunas especies de heterópteros antocóricos del género *Orius* (17).

En este sentido la especie mejor adaptada a las condiciones de los cultivos en invernadero es el ácaro Fitoseido *A. barkeri* (Hughes), que aparece con frecuencia en las distintas zonas agrícolas y cultivos, incluso en parcelas en las que se realizan continuos tratamientos fitosanitarios. La acción de este depredador se complementa con la liberación de la especie *A. cucumeris* y sobre todo con la liberación de *Orius* (17).

4.1.24.6 Parasitoides

No se conoce actualmente ningún parasitoide de trips de cultivos hortícolas en invernaderos.

4.1.24.7 Depredadores

Amblyseius barkeri (Hughes)

A. cucumeris (Oudemans)

Neoseiulus californicus (McGregor)

Orius albidipennis (Reuter)

O. laevigatus (Fieber)

O. majusculus (Reuter)

4.1.25 CONTROL QUÍMICO

Este medio de lucha encuentra dificultad en el control del insecto debido a su comportamiento. Las larvas se encuentran refugiadas en las flores, las ninfas en el suelo, y el adulto tiene una gran movilidad. Las aplicaciones deben alcanzar bien toda la planta, sobre todo en el envés de las hojas y flores. Procurar mantener un control de la plaga desde el inicio del cultivo y sobre todo antes de la floración. Alternar el uso de ingredientes activos (12).

Normalmente los agroexportadores realizan dos tratamientos químicos espaciados 7 días. Como materias activas destacan el formetanato, metiocarb, fenitrotión, malatión, naled y acrinatrin. El producto más eficaz es el aceite de verano, el segundo es el formetanato. Con el metiocarb se han generado resistencias. En todos los productos tuvo un efecto de reducir los enemigos naturales de la plaga, por lo que se recomienda el uso de productos respetuosos con la fauna auxiliar (17).

El efecto de repelencia y la eficacia de control directo diferentes tipos de aceites: colza refinado, soja refinado, mineral, aceite de verano y pescado, aplicados a una dosis de un 1%. Tanto en campo como en laboratorio se ha observado que todos los aceites ejercen algún control de la plaga, siendo los de colza y pescado los que alcanzaron una mayor eficacia de control. El aceite de pescado fue el tratamiento por el que los trips mostraron una mayor no-preferencia, y el que causó una mayor mortalidad (66% a 4 DDA) en los adultos de *F. occidentalis* en un ensayo de eficacia en laboratorio. En campo, aunque el aceite de pescado también mostró un buen comportamiento, el de colza fue el que en conjunto alcanzó una mayor eficacia de control, superior al 50% y estadísticamente comparable a la del insecticida estándar acrinatín (7,5%) que fue el tratamiento que ejerció un mejor control de la plaga (17).

4.1.26 MANEJO SEGURO DE AGROQUÍMICOS

Para usarlos con seguridad y con eficacia, los productos fitosanitarios deben manejarse y emplearse de acuerdo con las recomendaciones del fabricante, siguiendo estrictamente las precauciones a tomar durante su manipulación y aplicación, las dosis recomendadas por el fabricante, como también la correcta aplicación del producto (equipo pulverizador, regulación y calibración) (4).

Es esencial que las personas que manejen plaguicidas, comprendan claramente los riesgos asociados con estos productos y aprendan a manejarlos y usarlos con las debidas precauciones. Todas las personas expuestas a los plaguicidas deben estar siempre conscientes del riesgo de que estos productos penetren al organismo, sea por ingestión, inhalación o por absorción a través de la piel (4).

No hay ningún producto químico libre de riesgos, pero sí hay métodos seguros para usarlos. Por lo tanto: antes de emplearlos, leer cuidadosamente toda la etiqueta. Manejar, almacenar y aplicar los productos fitosanitarios únicamente como esté recomendado en la etiqueta (4).

Las siguientes medidas deberán ser realizadas por todas aquellas personas que se dediquen al manejo y aplicación de los plaguicidas (4).

4.1.26.1 Almacenaje

Almacenar los productos fitosanitarios sellados en su envase original; en una bodega fresca, seca, segura, bien ventilada, en un área restringida para este tipo de productos, separados de alimentos para el ganado, semillas y otros vegetales. Mantener retirados del calor y del fuego (4).

4.1.26.2 Transporte

Verificar que los envases y etiquetas estén en buen estado. No transportarlos dentro de la cabina del conductor o junto a ropa o productos comestibles. En caso de accidente, mantener alejado a los espectadores, prohibiendo fumar o emplear cualquier llama desnuda en las vecindades de aquél (4).

4.1.26.3 Equipos de aplicación y protección

El personal que manipula y aplica productos fitosanitarios obligatoriamente debe usar equipo de protección personal sombrero, overol impermeable, botas de hule, guantes de goma, respirador con filtro y lentes o protector facial. Llenar cuidadosamente el tanque de la aspersora evitando que el producto se derrame o salpique. Durante la aplicación, no asperje en contra del viento, no comer, fumar o masticar chicle (4).

4.1.26.4 Después de la aplicación

Al terminar de aplicar el producto, lavar las manos y cara con abundante agua y jabón, cambiar la ropa antes de comer, fumar, beber o ir al baño. Nunca utilice otros envases para contener el producto sobrante. Nunca utilice envases vacíos de los plaguicidas para conservar agua o alimentos. Siempre tener a la mano los teléfonos de emergencia y la dirección de su centro de salud o clínica más cercana (4).

4.1.26.5 Eliminación de envases

Sellar y almacenar los envases parcialmente utilizados. Realice triple lavado de los envases vacíos, posteriormente destrúyalos para evitar que sean usados nuevamente y entréguelos en el centro de acopio autorizado de su región. Debe marcarse el lugar utilizado para estos fines (4).

4.2 MARCO REFERENCIAL

4.2.1 LOCALIZACIÓN DEL ENSAYO

El ensayo se realizó en la finca experimental de BEJO S.A, la cual se encuentra en el kilómetro 62.8 carretera 7 entre Antigua Guatemala y Parramos (figura 2A). Localizada a 1750 msnm, en las coordenadas latitud 14°37'14.40" Norte, longitud 90°47'14.14" Oeste. En la figura 2B se observa la fotografía aérea de la finca la cual está delimitada por la línea amarilla, indicándose el área destinada para el desarrollo del ensayo en rojo.

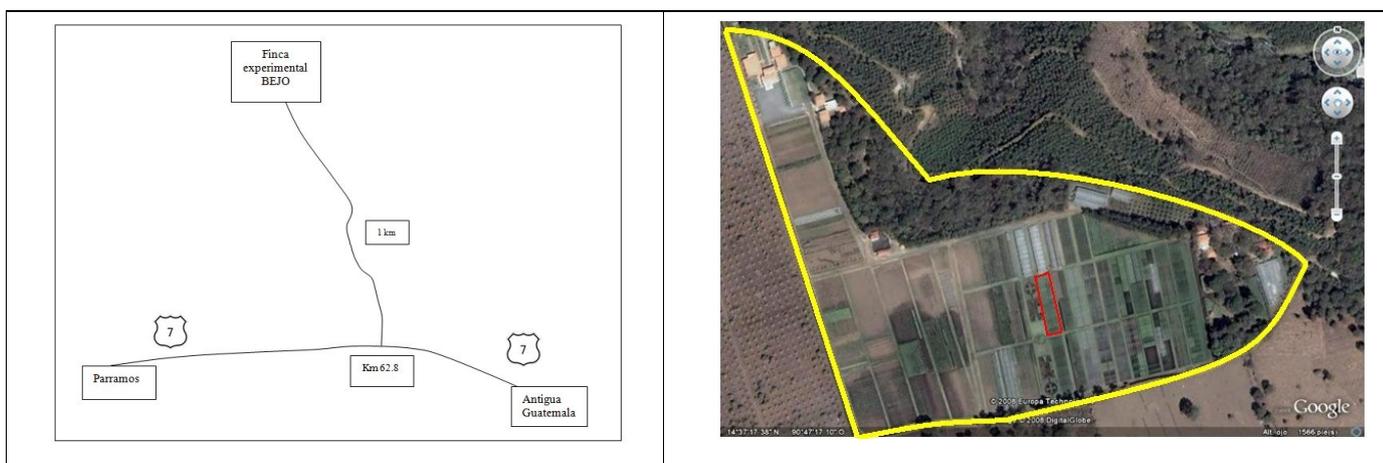


Figura 2: A: Mapa de ubicación de la finca experimental de BEJO; B: Fotografía aérea de la finca experimental de BEJO S.A, en amarillo y en el rectángulo rojo el lugar donde se condujo el ensayo, ubicado en Parramos Chimaltenango.

4.2.2 PRECIPITACIÓN PLUVIAL

Según los registros de la estación meteorológica experimental Alameda ICTA número 6 del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, la cual se encuentra ubicada a tres kilómetros de distancia de la ubicación del ensayo, la precipitación pluvial promedio anual es de 1272.7 mm distribuida dentro de 105 a 133 días anuales. El invierno inicia normalmente los últimos días de abril y finaliza a los principios de noviembre (18).

4.2.3 TEMPERATURA

La temperatura máxima promedio anual de la zona es de 24°C, la mínima es de 9.1°C y la temperatura promedio anual es de 16.1°C. En los meses de diciembre a febrero se experimenta descensos en la temperatura ambiente, con un promedio mínimo de 6.3°C (18).

4.2.4 CLIMA

El clima promedio según la clasificación de Thorwaite, corresponde a la unidad B b Bi templado con invierno benigno y húmedo con invierno seco. Ecológicamente en el área se presenta una zona de vida de bosque húmedo, montaña baja subtropical (bmh-mb(b)) en toda la región (22).

4.2.5 HUMEDAD RELATIVA

Para el área de Parramos, Chimaltenango se registra una humedad relativa promedio anual de 78 % (18).

4.2.6 VIENTOS

La velocidad promedio del viento es de 25 km/hr entre los meses de enero a junio y un promedio de 14 km/hr entre junio y diciembre (18).

4.2.7 RADIACIÓN SOLAR

El promedio de exposición solar es de 6.6 horas diarias, entre los meses de enero a marzo el promedio es de 7.5 horas y en época lluviosa el promedio es de 4 horas diarias (18).

5 OBJETIVOS

5.1 GENERAL

1. Evaluación de cinco programas de manejo del trips para reducir la incidencia de *Tospovirus* en el cultivo de radicchio (*Cichorim intybus*) en el área de Chimaltenango.

5.2 ESPECÍFICOS

1. Cuantificar la enfermedad de TSWV, ocasionada por *Tospovirus* para realizar su análisis temporal y espacial con diferentes programas de manejo en el cultivo de radicchio en Parramos, Chimaltenango.
2. Determinar los factores epidemiológicos que favorecen el desarrollo de las poblaciones de trips (Insecto vector del TSWV).
3. Describir los síntomas de la enfermedad provocados por *Tospovirus* en radicchio en condiciones de campo abierto en Parramos, Chimaltenango.

6 HIPÓTESIS

El programa de manejo de trips a base de trampas azules, insecticidas químicos (oxamilo y methiocarb), control físico (mulch plateado), control biológico con *Beauveria bassiana* reduce las poblaciones de trips en el cultivo de radicchio minimizando la incidencia de *Tospovirus*.

7 METODOLOGÍA

Se identificaron los factores que favorecen el apareamiento del *Tospovirus* en radicchio, fue evaluado parcelas con diferentes métodos de manejo de trips, lo cual permitió la identificación de alternativas adecuadas para obtener radicchio de calidad. Se realizó la cuantificación de la enfermedad y fue analizada la dinámica espacial y temporal de la enfermedad en las parcelas en el campo, en un ensayo con diseño experimental.

7.1 MATERIAL EXPERIMENTAL

7.1.1 VARIEDAD DE RADICCHIO *Cichorium intybus*

La variedad de radicchio empleada para la realización del ensayo fue Leonardo. Esta es una variedad comercial tipo chioggia, de gran desarrollo vegetativo y uniformidad. Con una agregación basal de hojas, de forma compacta cuando alcanza su punto de cosecha, de atractivo color rojo con contraste de nervaduras blancas. Alta tolerancia a espigado y a tip burn (quemadura de los orillas de las hojas) es la variedad más comercial pero susceptible a *Tospovirus*.

7.2 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

7.2.1 CUANTIFICACIÓN DE LA ENFERMEDAD

7.2.1.1 Análisis espacial y temporal de *Tospovirus*

Para la cuantificación de la enfermedad, se establecieron parcelas de 116 plantas de radicchio. Se identificó cada una de las plantas designando un número de filas (surcos de radicchio) y columnas (las plantas) de manera secuencial. A partir de los datos de filas y columnas, se obtuvieron matrices para generar mapas base de la parcela, para cada programa de manejo. Los conteos de plantas enfermas se realizaron en las parcelas netas a cada semana, con ello se obtuvo la incidencia de la enfermedad. Con las lecturas de incidencia se realizó el análisis temporal de la enfermedad. Se llevó un registro de la localización de dichas plantas enfermas a cada semana y los datos se utilizaron para analizar el desarrollo espacial de la enfermedad para cada programa de manejo evaluado.

Se estableció la investigación durante los meses comprendidos de mayo a julio para obtener datos más representativos del problema. Ya que según registros de productores de la región, la enfermedad se presenta con mayor severidad durante este periodo debido a ambiente favorable para el insecto vector.

7.2.2 DESCRIPCIÓN DE SÍNTOMAS DE LA ENFERMEDAD

La descripción de síntomas en plantas de radicchio se hizo a partir de aquellas que presentaron síntomas de la enfermedad, desde la fase de trasplante hasta la muerte de la misma. Para ello, se tomó en cuenta lo relatado en la literatura y estudios previos realizados por Orozco (2006) (Figura3) con estudios de identificación del virus a partir de microscopía electrónica y síntomas de la enfermedad.

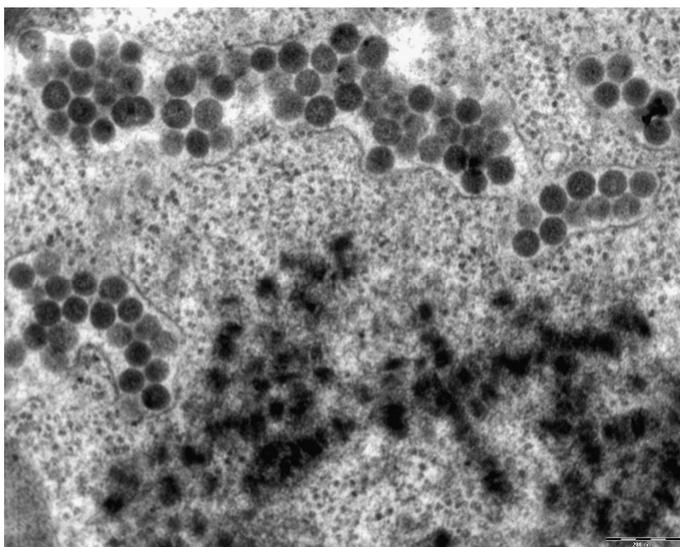


Figura 3: Fotografía de microscopía electrónica de transmisión a partir de una muestra de radicchio con *Tospovirus*, foto Dr. Kitajima, Universidad de Sao Paulo, Brasil, 2005; se observa inclusiones del virus.

7.3 TRATAMIENTOS

Los tratamientos evaluados para reducción de poblaciones de trips se describen en el cuadro 1.

Cuadro 1 Descripción de los tratamientos evaluados en el cultivo de radicchio *Cichorium intybus* en Parramos Chimaltenango en el año 2008

Clave	Descripción
T1	Barreras vivas y trampas azules + manejo agronómico*
T2	Agril, <i>Beauveria bassiana</i> , mulch plateado, control químico con oxamilo y methiocarb + manejo agronómico*
T3	<i>Beauveria bassiana</i> + manejo agronómico*
T4	Mulch y control químico (oxamilo y methiocarb) + manejo agronómico*
T5	Testigo absoluto: variedad susceptible + manejo agronómico de la empresa*

* Se utilizó el manejo agronómico recomendado por agro exportadores de radicchio.

Se implementó un manejo agronómico eficiente que incluyó: prevención de plagas y enfermedades en los semilleros, manteniendo la sanidad de las plántulas, inspecciones de los mismos realizándolos en zonas libres de la enfermedad, nutrición equilibrada que proporcionó plantas sanas con buen desarrollo vegetativo para reducir su susceptibilidad a las enfermedades, eliminación de malezas ya que eran reservorios del virus y debilitan a la planta ya que compiten por agua y nutrientes, incorporación de restos de cosecha para evitar focos de infección de los vectores.

Como barrera viva al contorno del ensayo se utilizó el cultivo de sorgo, orientado a obstaculizar y dificultar el traslado de trips de los cultivos aledaños y no es hospedero del virus en estudio.

Las trampas azules cuadradas de 0.30 m X 0.30 m correspondientes a tratamientos dentro del ensayo, se emplearon para atrapar a los insectos adultos. Se utilizó el color azul porque presentó los mejores resultados en otras evaluaciones citadas en la literatura.

Uso de mulch plástico plateado de 1.37 m de ancho como barrera física para repeler los trips ya que parte del instar ninfal lo desarrollan en el suelo rompiendo con esto su ciclo de vida.

Beauveria bassiana es un hongo entomopatógeno el cual ataca al vector reduciendo las poblaciones de trips de manera alternativa al control químico. Este hongo fue adquirido en casas comerciales y se aplicó a una dosis de 0.25% como lo recomienda el fabricante.

El uso de químicos (oxamilo y methiocarb) como alternativa directa en la reducción de poblaciones de trips fue incluida porque es una práctica común y son insecticidas recomendados por los productores de la zona para dicha plaga. Las aplicaciones se realizaron rotando los productos y se aplicaron en dosis comercial. Las aplicaciones de insecticidas químicos y biológicos se realizaron de acuerdo a lo descrito en el cuadro 2.

Cuadro 2: Orden de aplicación de insecticidas a los diferentes tratamientos para la reducción de poblaciones de trips en el ensayo de radicchio 2008.

Días después del trasplante	Tratamiento		
	mulch y control químico (oxamilo y methiocarb) + manejo agronómico	Agril, <i>Beauveria bassiana</i> , mulch plateado, Control químico con oxamilo y methiocarb + manejo agronómico	<i>Beauveria bassiana</i> + manejo agronómico
15	methiocarb	<i>Beauveria bassiana</i>	<i>Beauveria bassiana</i>
22	oxamilo	Oxamilo	<i>Beauveria bassiana</i>
29	methiocarb	Methiocarb	<i>Beauveria bassiana</i>
36	oxamilo	Oxamilo	<i>Beauveria bassiana</i>
43	methiocarb	<i>Beauveria bassiana</i>	<i>Beauveria bassiana</i>

7.4 VARIABLE RESPUESTA

Se determinó la incidencia de *Tospovirus* en radicchio. Se cuantificó el porcentaje de plantas enfermas con relación a la población de plantas sanas de la parcela neta. Los muestreos fueron semanales a partir del momento del trasplante. La incidencia de la enfermedad fue calculada con la fórmula:

$$\% \text{ de incidencia} = \frac{\text{Número de plantas enfermas} \times 100}{\text{Número total de plantas}}$$

7.5 UNIDAD EXPERIMENTAL

El tamaño de la unidad experimental fue de 10.8 m² (1.2 m X 9 m), conformado por 4 surcos del cultivo. La distancia entre surcos fue de 0.25 m y entre plantas de 0.3 m con un ancho de calle de 0.35 m. El total de plantas por unidad de muestreo de 116 plantas con área total de 54 m² por cada tratamiento.

7.6 DISEÑO EXPERIMENTAL

El experimento se desarrolló en condiciones de campo con diseño experimental de bloques al azar con 5 tratamientos y 5 repeticiones. El gradiente de variación considerado fue el efecto producido por los cultivos contiguos a parcelas experimentales como posibles focos de infección y hospedero del vector. En la figura 4 se describe la manera en que quedaron distribuidos los diferentes tratamientos en campo.

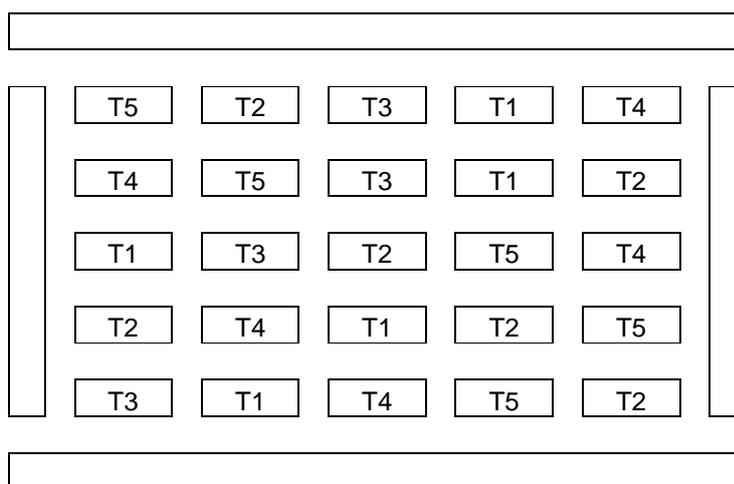


Figura 4: Croquis de la distribución de los tratamientos evaluados en la investigación de *Tospovirus* en Parramos, Chimaltenango, 2008. T= tratamientos, 5 bloques de arriba para abajo.

7.6.1 MODELO ESTADÍSTICO

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \xi_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} : variable respuesta medida en la ij -ésima unidad experimental

μ : media de la variable respuesta

T_i : efecto del i -ésimo método de control.

β_j : efecto del j -ésimo bloque

ξ_{ij} : error experimental asociado a la ij –ésima unidad experimental.

7.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para la evaluación del efecto de las diferentes estrategias de manejo sobre la población de trips y por ende sobre la incidencia de *Tospovirus* en el cultivo de radicchio, se realizó análisis de varianza para los datos de la variable respuesta y prueba de comparación múltiple de medias a través de la prueba de Tukey.

7.8 MANEJO DEL EXPERIMENTO

7.8.1 SEMILLERO

Se desinfectaron las bandejas con cloro a una concentración de 4375 ppm por 15 minutos. Se humedeció el sustrato a capacidad de campo y se llenaron las bandejas de duroport de 242 alvéolos. En cada alveolo se sembró una semilla a 5mm de profundidad empleando sustrato peat moss con 70% de esfagno canadiense y 20 % de perlita y vermiculita. Después de la siembra se regó y se colocó en un germinador durante 3 días.

7.8.1.1 Plan de fertilización del semillero

El plan de fertilización para las plántulas se hizo de acuerdo a lo descrito en el cuadro 3. Una vez transcurridos 30 días después de la siembra, el radicchio se trasplantó cuando la planta alcanzó 5 a 6 hojas verdaderas y altura de 8 cm de largo de hoja.

Cuadro 3 Plan de fertilización de radicchio en la fase de semillero.

Días después de la siembra	Fórmula	Concentración	Dosis / bandeja
15	10-52-10	3 g/l	1 l
19	10-52-10	3 g/l	1 l
20	Kelpak (3,6-17-7,2)	5 ml/l	1 l
23	20-20-20	3 g/l	1 l
27	10-52-10	3 g/l	1 l
31	20-20-20	3 g/l	1 l

7.8.2 PREPARACIÓN DEL TERRENO

Primero se pasó el arado a 0.40 m de profundidad, luego de forma manual con rastrillos y azadones se niveló el terreno. Se realizó un riego profundo hasta que la humedad superó los 0.15 m de profundidad, se trazaron los tabloncillos de 1.5 m y las calles de 0.35 m. Con ayuda de azadones se construyeron los tabloncillos extrayendo la tierra de las calles y colocándola sobre los tabloncillos hasta que alcanzan aproximadamente 0.15 m de altura los cuales se nivelaron posteriormente con rastrillos. En las calles se dejaron cajoneras cada 3m para que el agua no destruyera los tabloncillos.

La manguera de goteo se colocó antes de iniciar a poner el mulch y se probó para verificar fugas de agua reparando las que eran necesarias. Luego se realizó un lavado del sistema de riego dejando las mangueras abiertas al final de los tabloncillos para sacar cualquier contaminante. Únicamente fueron necesarias 3 mangueras para los cuatro surcos de radicchio estas quedaron bien alineadas y de aseguradas con estacas al final del surco como se observa en la figura 5B.

La colocación del mulch plateado se realizó posteriormente enterrándolo aproximadamente 0.20 m de cada lado dejando una cama de 0.95 m. Las puntas del mulch se enterraron con ayuda de azadón procurando que no quedara arrugas como se observa en la figura 5C.

7.8.3 TRASPLANTE

Antes del trasplante fue necesario ahoyar el terreno esto se realizó con chuzos de madera y se hicieron agujeros donde fueron sembradas las plantas a 0.30 m. Los agujeros se hicieron en suelo húmedo figura 5D.

En los tratamientos que llevaban mucho se abrió el plástico con un sacabocados y posteriormente se abrió el agujero con el chuzo.

En los tratamientos con barreras vivas (sorgo) se trazó una línea a 10 cm de la orilla y se sembró al chorrío de manera que naciera con alta densidad a profundidad de 1 cm cubriéndolo con tierra buscando que emerja de manera rápida.

La plantación se sembró en camas de suelo de 10 a 15 cm de altura cubiertas con mulch. La parte superior del pilón quedó a nivel del suelo, para evitar podredumbres al nivel del cuello y la desecación de las raíces. Las plantas se colocaron a una distancia de 0.30 m y 0.25 m entre surcos y a profundidad de 5 cm (alto de pilón).

7.8.4 RIEGO

El sistema de riego que se utilizó para el cultivo de radicchio fue por goteo. Con riegos diarios de 30 minutos, llegando a capacidad de campo para evitar lixiviar los nutrientes manteniendo esta condición para evitar provocar estrés en la planta.

7.8.5 FERTILIZACIÓN

La fertilización se realizó con 15-15-15, 50 g/m² y urea 50 g/m². También se realizaron aplicaciones de nitrógeno vía foliar, con urea, cuando los riegos eran interrumpidos.

7.8.6 DESMALEZADO

La eliminación de las malezas se realizó cada tres semanas de forma manual esto fue necesario puesto que este cultivo no admite competencia con ellas además esta práctica constituye también parte del manejo integrado dado que evita la presencia de trips.

7.8.7 COSECHA

La madurez estuvo basada en la compactación de la planta. Un radicchio compacto es el que requiere de una fuerza manual moderada para ser comprimido y es considerado apto para ser cosechado. Un radicchio muy suelto está inmaduro y una muy firme o extremadamente duro es considerado sobre maduro. Los radicchios inmaduros y maduros tienen mucho mejor sabor que los sobre maduros y también tienen menos problemas en post cosecha. Otra característica es que la planta debe de presentar color amarillo moderado de las hojas. Una buena cosecha proporciona buen color, sabor y el mejor rendimiento. Los radicchios se cosecharon con una porción pequeña de la raíz para ayudar en la retención de hojas.



Figura 5: Secuencia de prácticas agronómicas y desarrollo del cultivo de radicchio en el experimento de evaluación de programas de manejo de trips finca BEJO, 2008. A: Bandeja de radicchio 18 días después de la siembra, B: Colocación de manguera, C: Colocación de mulch plateado, D: Trazado y ahoyado del terreno, E: Evaluación 2 días después del trasplante, F: Evaluación 44 días después del trasplante, G: Aplicación de insecticida en los tratamientos, H: Toma de datos de la incidencia de *Tospovirus*.

8 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1 DESCRIPCIÓN DE SÍNTOMAS DE *Tospovirus* EN RADICCHIO

Un radicchio sano presentó hojas de color verde, veteado con rojo oscuro. Las hojas son redondas y alargadas al inicio del desarrollo de la planta, presentándose de forma extendida como se observa en la figura 6A.

La planta continúa su desarrollo y producción de hojas (figura 6B), las cuales a partir de un determinado número cambia su disposición hacia una forma más compacta, en que las hojas más viejas envuelven a las nuevas para que éstas últimas no se extiendan y formen una cabeza compacta como se observa en la figura 6C.



Figura 6: Desarrollo fenológico de plantas de radicchio sanas y vigorosas, empresa BEJO, Chimaltenango, 2008 A: Planta joven de 15 días después del trasplante. B: Planta iniciando la formación de cabeza 45 días después del trasplante. C: Planta lista para cosechar 60 días después del trasplante.

La sintomatología de plantas afectadas por *Tospovirus*, es observada durante todas las etapas fenológicas del cultivo de radicchio, a partir de los 7 días después del trasplante hasta la cosecha en condiciones de campo. Esto puede variar según la época del año, la presencia del vector y el patógeno en el área de cultivo y la etapa fenológica en que la planta es infectada.

Cuando la infección se produce en etapas iniciales de desarrollo de la planta el síntoma que presenta es de marchitez severa que le causa la muerte a la planta ver (figura 7A). Cuando la infección se produce en etapas fisiológicas intermedias la sintomatología inicia con lesiones cloróticas de forma circular de diámetro de 1 a 5 mm en la epidermis de las hojas como se observa en la (Figura 7B). Tras presentar la clorosis, la planta sufre de enanismo deteniéndose el crecimiento normal provocando un desarrollo desigual de las hojas causando deformaciones en el limbo foliar tal como se muestra en la (Figura 7C). La marchitez es otro síntoma asociado el cual se presenta por la falta de agua en las hojas. Es causado por la insuficiencia en el transporte de agua de la raíz a las hojas provocado por el ataque de TSWV por lo que la planta pierde turgencia este es uno de los síntomas que se manifiestan en la mayoría de cultivos a los que ataca el TSWV (Figura 7D). Por último se manifiestan lesiones necróticas en la hoja derivadas del

ataque del virus produciendo la muerte celular. La célula se rompe liberando sustancias dañinas para los demás tejidos (Figura 7E, 7F), el sistema radicular aparentemente, se observa sano, pero, la parte aérea de la planta ha colapsado causando la muerte de la planta.

Los resultados obtenidos concuerdan con la descripción realizada por Barrientos (2005). Dicho autor describe síntomas de clorosis, disminución del tamaño de las hojas y necrosis entre otros, atribuibles a *Tospovirus*, en especies ornamentales de corte y maceta en Guatemala. También menciona que las especies de *Tospovirus* diagnosticadas en flores, TSWV y el TCSV son las mismas que afectan hortalizas tales como tomate, pimiento y lechuga.



Figura 7 Síntomas de *Tospovirus* causado por TSWV en plantas de radicchio (*Cichorium intybus*) en la empresa BEJO, Chimaltenango 2008. A: marchitez en planta joven atacada por TSWV, B: Planta de radicchio con clorosis, C: Enanismo causado por TSWV, D: Marchitez de las planta infectada por TSWV, E: Pudrición blanda en las hojas nuevas. F: Necrosis y muerte de la planta.

8.2 PRINCIPALES FACTORES EPIDEMIOLÓGICOS QUE FAVORECEN EL DESARROLLO DE *Tospovirus*

El ataque de *Tospovirus* en radicchio en el área del altiplano central de Guatemala es favorecido por diversas actividades desarrolladas por los productores en el ciclo del cultivo. A continuación se hace una descripción de los principales factores involucrados en el patosistema estudiado.

8.2.1 VECTOR

Los trips son insectos con gran capacidad de adaptación a diferentes condiciones climáticas, presentan una gran actividad fitófaga, durante todo el año. Además, los trips tienen la capacidad de desarrollarse en una gran diversidad de cultivos, no importando su estado fenológico como lo menciona Funderburk 2006.

8.2.2 MANEJO AGRONÓMICO DEL RADICCHIO

A partir de observaciones en campo realizadas durante la investigación, se concluye que prácticas agronómicas como el desmalezado y fertilización manual favorecen el transporte de trips de una planta a otra debido a que los trips son transportados por la herramienta o manos de los productores con lo que logran movilizar fácilmente por todo el terreno cultivado. Esto no está registrado en la literatura para este patosistema, pero se sabe que ocurre para otro tipo de enfermedades donde los vectores son importantes.

8.2.3 MAL MANEJO POST-COSECHA

El mal manejo de restos de cosecha y abandono de plantaciones atacadas por *Tospovirus* es un factor importante, ya que favorecen la persistencia del inóculo en el área de producción. Estos deben de ser incorporados al suelo mediante mecanización reduciendo los focos de infección para posteriores producciones como lo indica Gutiérrez 1997, algunas agroexportadoras de la zona han implementado esta actividad como parte de sus procedimientos de producción.

8.2.4 HOSPEDEROS

Uno de los principales factores que ha favorecido el incremento de la enfermedad en la región es la susceptibilidad que presentan las variedades comerciales utilizadas por los productores (2008) y la falta del desarrollo de variedades resistentes. Factor que es fundamental en el desarrollo de la enfermedad.

Se observó que los trips se distribuyen en plantas espontáneas que pueden servir como reservas de poblaciones que luego se dispersan sobre los cultivos. Por lo que el manejo de malezas y rotaciones eficientes de cultivos reducen el vector y baja la presencia del patógeno. Además interrumpe el ciclo de la enfermedad como lo menciona Barrientos (2008).

8.2.5 CLIMA

Para conocer y entender las condiciones ambientales que inducen al desarrollo acelerado del virus y su vector se tomaron mediciones diarias de temperatura y precipitación los cuales proporcionan variables comparativos que indican cuales son las condiciones que los favorecen.

Después de un periodo de temperaturas óptimas (30°C) para el desarrollo de trips. Se favorece la infección de las plantas debido al el aumento de la población de trips. Por lo tanto, en un programa de manejo integrado estos factores deben tomarse en cuenta para enfocar aplicaciones de prevención en los momentos más apropiados y no cuando los trips presentan poca actividad. La precipitación y humedad relativa baja son factores importantes ya que según registros de los agroexportadores de la región las poblaciones de trips se incrementan en las zonas de cultivo en la época seca debido a la reducción de hospederos alternos y de enemigos naturales.

8.3 ANÁLISIS TEMPORAL DE *Tospovirus* EN RADICCHIO

El estudio del desarrollo temporal de la enfermedad se realizó mediante cuantificación semanal de la incidencia de plantas enfermas de *Tospovirus* en cada de tratamiento. El inicio de la manifestación de plantas enfermas se observó a partir del día 7 después de trasplante, dato válido para las condiciones donde se desarrolló el estudio. Con los datos de la última lectura se realizó análisis de varianza y una prueba de comparación de medias a través de la prueba de Tukey.

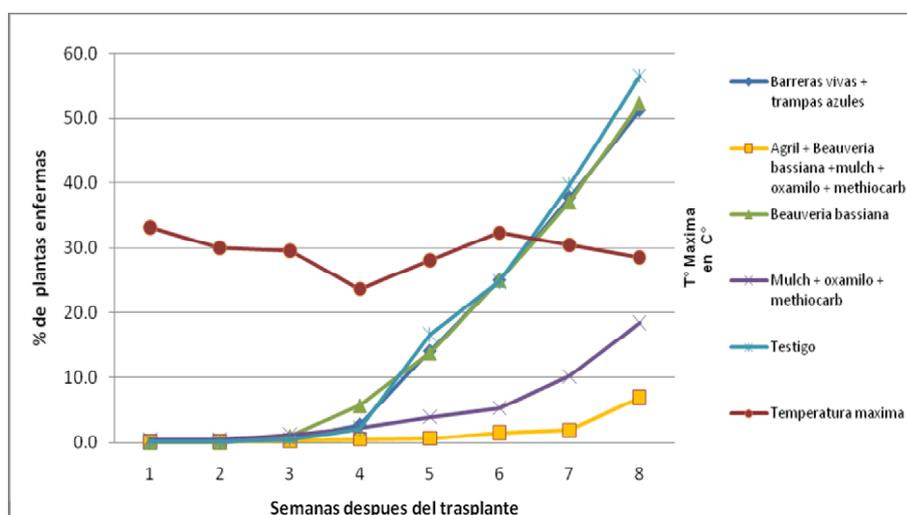
En el cuadro 4 se presenta información de los datos de las lecturas que fueron efectuadas en el estudio temporal de la incidencia de *Tospovirus* en el cultivo de radicchio en los diferentes tratamientos evaluados.

Cuadro 4 Incidencia de *Tospovirus* en los diferentes tratamientos de manejo integrado de trips en el cultivo de radicchio, Chimaltenango, 2008.

Fecha de lectura	Incidencia según tratamiento				Testigo
	Barreras vivas + trampas azules	Agril + <i>B. bassiana</i> + mulch + oxamilo + methiocarb	<i>Beauveria bassiana</i>	Mulch + oxamilo + methiocarb	
5/16/2008	0.0	0.2	0.0	0.5	0.2
5/23/2008	0.0	0.2	0.0	0.5	0.2
5/30/2008	0.7	0.3	1.0	1.2	0.5
6/6/2008	2.8	0.5	5.7	2.2	2.1
6/13/2008	14.1	0.7	13.8	4.0	16.7
6/20/2008	25.0	1.6	25.0	5.3	24.8
6/27/2008	37.8	1.9	37.1	10.2	37.9
7/4/2008	51.2	6.9	52.2	18.4	56.6

A partir de la información generada en campo, se construyeron curvas de progreso de la enfermedad, Grafica 1. A partir de estas curvas del progreso de la enfermedad de los diferentes tratamientos y la interacción, integrando la

variable temperatura, se puede observar que el tratamiento donde se utilizó Agril + Beauveria bassiana +mulch + oxamilo + methiocarb, presenta la menor incidencia de la enfermedad a través de todo el ciclo productivo de la planta. Luego, le sigue el tratamiento de mulch + oxamilo + methiocarb; los demás tratamientos, presentan comportamientos similares al testigo.



Gráfica 1: Curvas del progreso de la enfermedad de *Tospovirus* causada por TSWV en radichio y su relación con la temperatura, Parramos Chimaltenango, 2008.

Basado en los datos de incidencia de cada tratamiento, se analizó para determinar el modelo para la información obtenida. Basado en el coeficiente de determinación R^2 , cuadrado medio del error y figura de predichos, los modelos que se ajustaron a la serie de datos fueron el exponencial y weibull. En el cuadro 5, se presenta resumen de lo obtenido para cada uno de los tratamientos.

Cuadro 5: Resumen de información de parámetros de cada uno de los tratamientos en la selección de modelos para el patosistema radichio X *Tospovirus*, Chimaltenango, 2008.

Tratamientos	Modelo	R^2	CME
Manejo integrado (agril, <i>Beauveria bassiana</i> , Mulch plateado, Control químico con Oxamilo y Methiocarb) + manejo agronómico*	Weibull	0.9929	0.00032
Mulch y control químico (Oxamilo y Methiocarb) + manejo agronómico*	Exponencial	0.9659	0.00002
Testigo susceptible + manejo agronómico*	Weibull	0.9984	0.00007
Barreras vivas y trampas azules + manejo agronómico*	Exponencial	0.9964	0.00001
<i>Beauveria bassiana</i> + manejo agronómico*	Weibull	0.9898	0.00080

R^2 : porcentaje de variación de la variable dependiente

En base a las lecturas semanales de cuantificación de incidencia de la enfermedad, se calculó la tasa de incremento de *Tospovirus* (r) en la población de plantas de radicchio, para cada uno de los tratamientos, tal como se observa en el cuadro 6. Esto permite conocer la velocidad de infección e incremento de la enfermedad en diferentes etapas fenológicas del cultivo y tiempo para cada uno de los programas de manejo. Además permite identificar cual de todos los tratamientos presenta el menor número de plantas infectadas a lo largo del ciclo productivo y es lo que interesa al agricultor. En este sentido, el programa de manejo integrando Agril + *B. bassiana* + mulch + oxamilo + methiocarb, presentó el valor más bajo de r y constituyó el mejor tratamiento, cuadro 6.

Cuadro 6: Número de plantas de radicchio infectadas diariamente por *Tospovirus* para cada tratamiento.

Fecha	Tasa de incremento diario de plantas infectadas por TSWV				
	Barreras vivas + trampas azules	Agril + <i>B. bassiana</i> + mulch + oxamilo + methiocarb	<i>Beauveria bassiana</i>	Mulch + oxamilo + methiocarb	Testigo
16/05/2008	0.0	0.1	0.0	0.4	0.1
23/05/2008	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30/05/2008	0.6	0.1	0.9	0.6	0.3
06/06/2008	1.7	0.1	3.9	0.9	1.3
13/06/2008	9.4	0.1	6.7	1.4	12.1
20/06/2008	9.0	0.7	9.3	1.1	6.7
27/06/2008	10.6	0.3	10.0	4.0	12.3
04/07/2008	11.1	4.1	12.6	6.9	14.0
Tasa incremento promedio	5.30	0.71	5.41	1.91	5.86

8.3.1 ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA INCIDENCIA DE LA ENFERMEDAD POR TRATAMIENTO

Se realizó análisis de varianza (ANDEVA) para la variable incidencia de *Tospovirus*. Como se observa en el cuadro 7. Se encontró diferencia significativa entre tratamientos. Por otro lado, la variabilidad experimental debida al error permitido para el experimento fue de 21.57%. Este coeficiente de variación se considera aceptable, dado que se trata de un estudio con poblaciones de insectos.

Cuadro 7: Resumen del análisis de varianza para la variable incidencia de *Tospovirus* en radicchio.

F V	SC	GL	CM	F	Valor crítico para F	P>F
Tratamientos	10394.24	4	2598.56	40.60	3.01	0.0001
Error	1024.16	16	64.01			
Total	12271.84	24				

Coeficiente de variación 21.57% ($\alpha = 0.05$)

Al encontrarse diferencia significativa entre los tratamientos evaluados a partir del ANDEVA, se hizo prueba de comparación múltiple de medias a través de la prueba de Tukey, a un nivel de significancia de 0.05. De acuerdo a esta prueba, se conformaron dos grupos, Cuadro 8.

Cuadro 8: Resumen de la prueba múltiple de medias con un 95% de confiabilidad para la variable incidencia de *Tospovirus* según prueba de Tukey.

Tratamientos	Incidencia promedio de <i>Tospovirus</i>	Grupo Tukey	
Manejo integrado (agril, <i>Beauveria bassiana</i> , mulch plateado, control químico con Oxamilo y Methiocarb) + manejo agronómico	6.8	A	
Mulch y control químico (oxamilo y methiocarb) + manejo agronómico	18.40	A	
Barreras vivas y trampas azules + manejo agronómico	51.40		B
<i>Beauveria bassiana</i> + manejo agronómico	52.40		B
Testigo susceptible + manejo agronómico	56.40		B

De acuerdo a los resultados de la prueba de Tukey, la incidencia de *Tospovirus* en radicchio (*C. intybus*) para los tratamientos: manejo integrado (agril, *Beauveria bassiana*, mulch plateado, control químico con oxamilo y methiocarb) + manejo agronómico y uso de mulch, control químico (oxamilo y methiocarb) + manejo agronómico, presentan los valores de incidencia de enfermedad más bajos y no hubo diferencia significativa entre estos tratamientos. Sin embargo, el primero presenta valores más bajos de incidencia de la enfermedad y constituye la mejor opción para los productores de dicho cultivo. Con esta información se confirma la hipótesis planteada, es decir, un manejo integrado permite reducir las poblaciones del insecto vector, comparado a tratamientos individuales. Por lo tanto, se puede recomendar el uso de agril, *B. bassiana*, mulch plateado, control químico con oxamilo y methiocarb para el control de poblaciones de trips y con esto reducir la incidencia de *Tospovirus* en radicchio. En un segundo grupo, de acuerdo a la prueba utilizada, integra a los tratamientos donde se involucraron menos variables en el sistema de manejo de la enfermedad.

8.4 ANÁLISIS ESPACIAL DE *Tospovirus* EN RADICCHIO

A partir de los datos de las lecturas semanales de la incidencia de tospovirus en radicchio, en la localidad de Parramos Chimaltenango, correspondiente a los 5 programas de manejo, se generaron mapas de dos y tres dimensiones para ver de manera clara el avance de la enfermedad de *Tospovirus* de cada uno de los tratamientos evaluados. Para describir lo que ocurrió, a continuación se hace una descripción de dicho análisis para cada programa de manejo.

8.4.1 ANÁLISIS ESPACIAL CORRESPONDIENTE AL PROGRAMA DE BARRERAS VIVAS Y TRAMPAS AZULES + MANEJO AGRONÓMICO

En este tratamiento se implementaron barreras vivas con sorgo a todo el contorno del cultivo para reducir el ingreso de los trips a la parcela y trampas azules para capturar a los que lograban ingresar. Se logró retardar el ingreso de trips a la parcela y por ende la aparición de la enfermedad fue menor al inicio pero las prácticas fueron insuficientes para controlar al trips y lograr controlar al virus. Esta práctica es importante implementarla en plantaciones comerciales funcionando como barrera y retardando la infección y al combinarla con prácticas alternas se reduce el ataque de *Tospovirus*.

De acuerdo a la información obtenida, los primeros focos de la enfermedad en el cultivo para este tratamiento, observados a partir de los síntomas, ocurrió del día 21 después del trasplante (figura 8C). Las primeras plantas enfermas aparecieron en los bordes de la parcela experimental formando focos de infección. En el día 28, el número de focos se incrementó de forma bidireccional. Sin embargo, se observó que prácticas de manejo manual entre surcos favorecen la dispersión de trips (figura 8D). Basado en los índices de Morisita (1.66) y Lloyd (1.55) la dispersión de *Tospovirus* ocurre en agregados (figura 8E). Posteriormente, a partir del día 35 hasta el final hubo aumento de la población de plantas infectadas por TSWV y de acuerdo a los índices anteriormente indicados (valores de 0.66 y 0.66, respectivamente), la enfermedad presentó dispersión uniforme en toda la parcela (figura 8E).

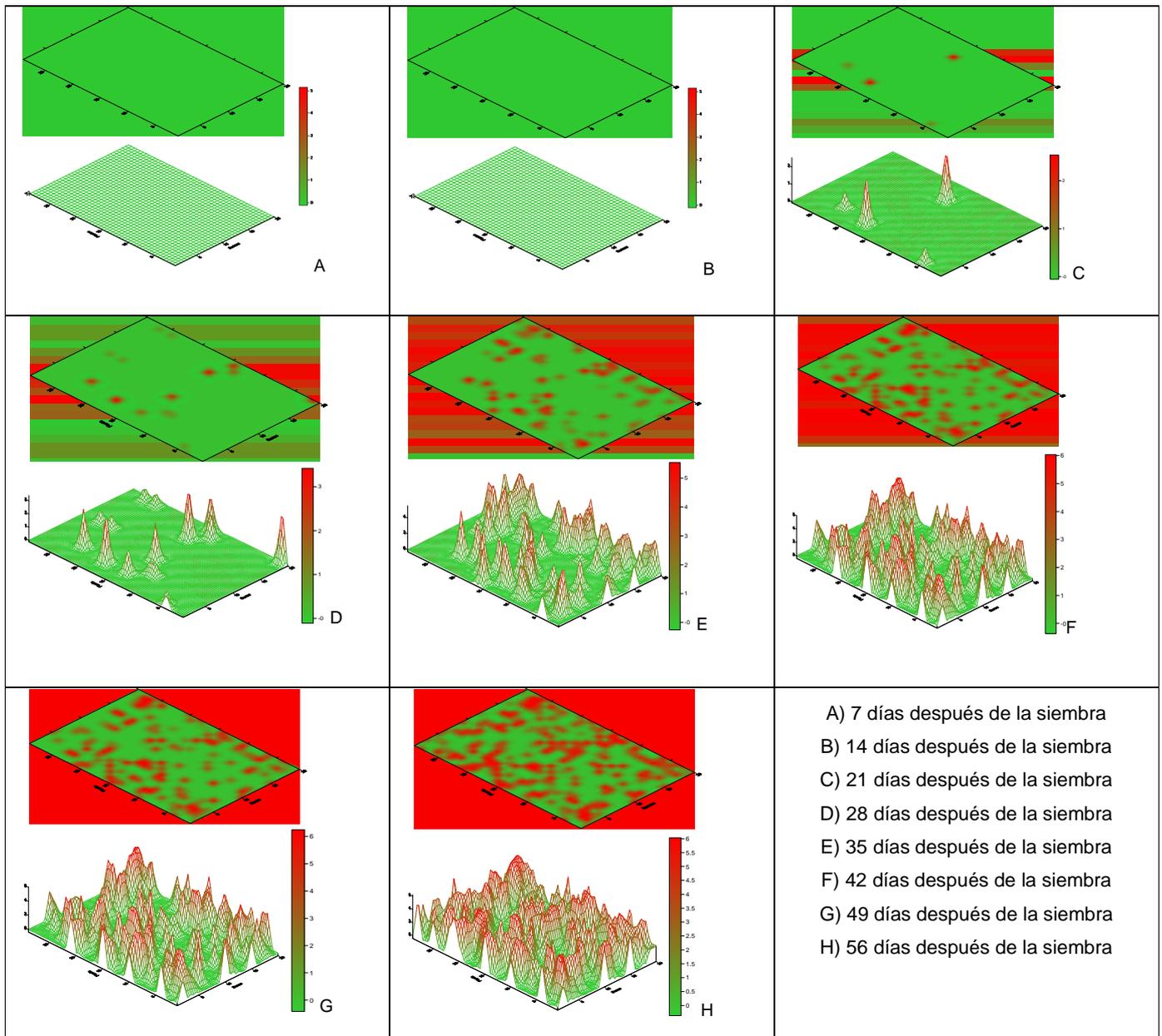


Figura 8: Comportamiento evolutivo de la incidencia de *Tospovirus* en dos y tres dimensiones del programa manejo integrado de trips con barreras vivas y trampas azules + manejo agronómico de mayo a julio del 2008 en Parramos Chimaltenango. Figuras C corresponde a primeros focos de enfermedad, D dispersión agregada y E-H dispersión uniforme de la enfermedad basada en índices de Morisita y Lloyd.

8.4.2 ANÁLISIS ESPACIAL CORRESPONDIENTE AL PROGRAMA DE USO DE MULCH PLATEADO, AGRIL, CONTROL QUÍMICO CON OXAMILO Y METHIOCARB, *Beauveria bassiana* + MANEJO AGRONÓMICO

Este tratamiento integra varias prácticas modernas de cultivo. El agril constituye una barrera física que impide por completo el ingreso de trips al cultivo de radicchio, una vez no se rompa, quedan dentro del micro túnel los trips que se encuentran en instar ninfal enterrados. Con la incorporación de químicos (oxamilo y methiocarb) se logra controlar los adultos de trips y se disminuye la transmisión del TSWV. Sin embargo, las condiciones del cultivo y la mayor temperatura dentro del túnel son propicias para el desarrollo acelerado del trips y de la enfermedad.

El mulch plateado es otra barrera física, reduce las prácticas culturales, al evitar el desarrollo de malezas, por lo tanto el movimiento de los trips dentro del micro túnel es mínimo y por ello los focos de enfermedad son menores. Además, corta el ciclo biológico del trips ya que no le permite enterrarse para alcanzar su instar preninfal y ninfal, con lo que se logra un triple control. Este tratamiento es muy costoso por lo que se implementa únicamente en plantaciones intensivas. También, presenta la desventaja de que la intensidad de color de las hojas del cultivo, no es la misma, comparada aquellas en cultivo abierto. Para compensar esta situación, se retira el agril dos semanas antes de la cosecha y se logra obtener un buen color y en ese periodo ya no se manifiesta la enfermedad.

Este tratamiento presentó un foco de infección al borde de la parcela a los 7 días después del trasplante; provocado por trips portadores del virus atrapados dentro del micro túnel al momento del trasplante. A pesar de que el foco se presentó en la primer semana se mantuvo sin incremento hasta el día 14 (figura 9A-9B). El segundo foco de infección se manifestó el día 21, presentándose al borde de la parcela y manteniéndose sin movimiento durante una semana al igual que el primer foco. Lo que indica que la capacidad de infección del trips es menor que en los demás tratamientos. A partir del día 42 progresivamente el número de focos se incrementó en la parcela experimental debido el movimiento de trips infectados de TSWV dentro del micro túnel a lo largo del tablón (figura 9E-9F), la formación de agregados se inició el día 49 (figura 9H) según los índices de Morisita (1.20) y Lloyd (1.21). Vale resaltar que para este tratamiento, la dispersión de la enfermedad no llegó a uniformizarse en la población de plantas de radicchio. Ello explica el porqué presentó el menor valor de incidencia y tasa de incremento de la enfermedad, comparado con los otros programas de manejo donde si ocurre uniformidad de la enfermedad.

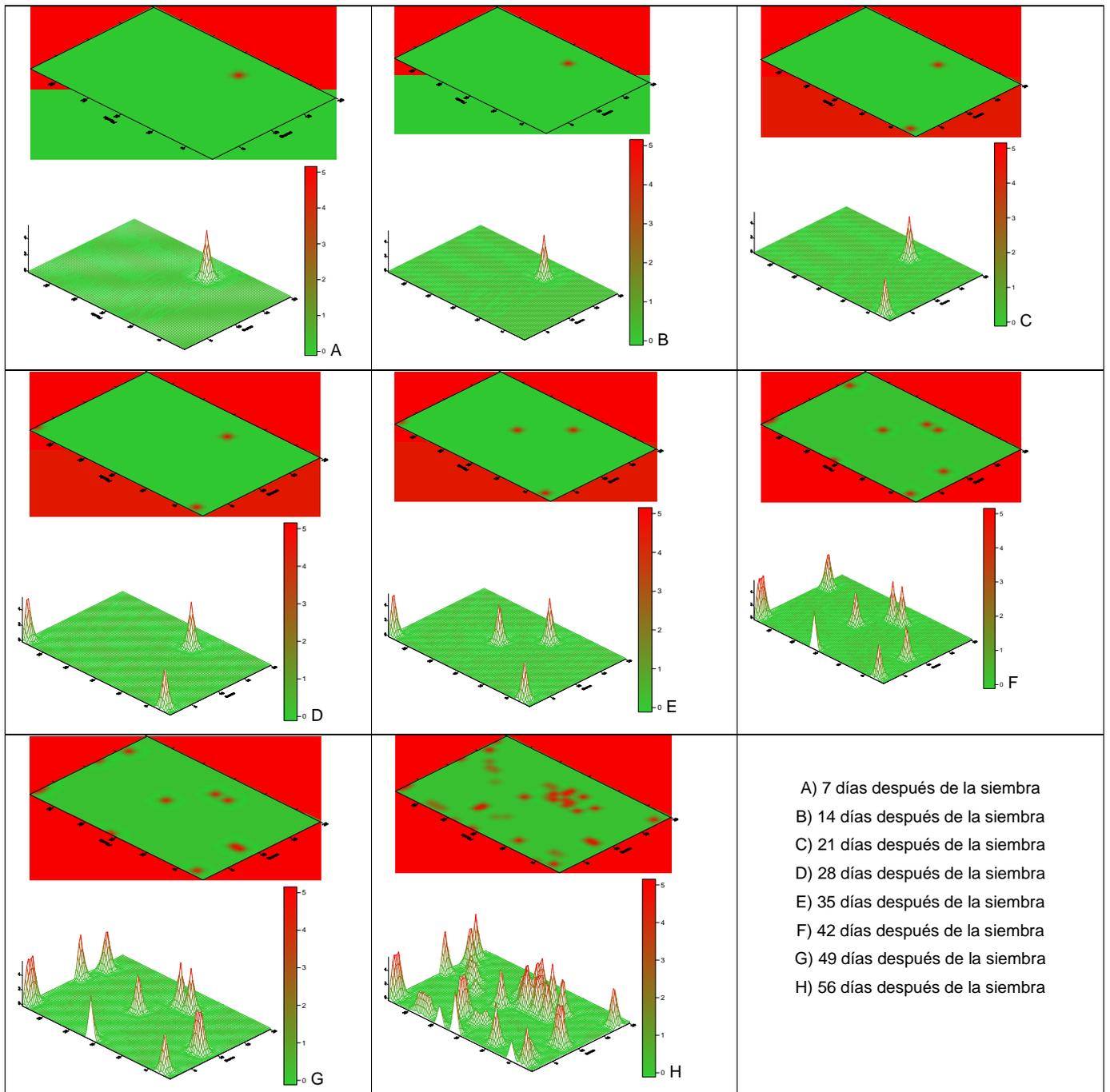


Figura 9: Comportamiento evolutivo de la incidencia de *Tospovirus* en dos y tres dimensiones del programa manejo integrado de trips con mulch plateado, agril, control químico con oxamilo y methiocarb, *Beauveria bassiana* + manejo agronómico de mayo a julio del 2008 en Parramos Chimaltenango. Figura A corresponde a primer foco de enfermedad, G-H dispersión agregada de la enfermedad basada en índices de Morisita y Lloyd.

8.4.3 ANÁLISIS ESPACIAL CORRESPONDIENTE A *Beauveria bassiana* + MANEJO AGRONÓMICO

Con este tratamiento se evaluó el efecto de la aplicación del hongo *B. bassiana* para el control de trips bajo las condiciones productivas de radicchio de la zona. Como se indicó, el uso de productos biológicos representa una alternativa al uso de insecticidas químicos para el control de insectos. De acuerdo a los resultados de incidencia obtenidos para este tratamiento fue 52.2%, que se considera alto, indica que hubo bajo control del insecto vector y no fue efectivo para este estudio. Esta prueba antes de ser descartada, deberá de evaluarse nuevamente, estudiando otras cepas, épocas y formas de aplicación del hongo. También, es probable que el periodo de exposición del trips con el hongo sea corto, en relación al ciclo del cultivo. Así, es conveniente continuar realizando pruebas de otros productos similares como *Verticillium lecanii*.

Según la información recopilada, en el análisis de la dispersión de la enfermedad en la parcela experimental para este tratamiento, la sintomatología inició 21 días después del trasplante. Los cuales se manifestaron con tres focos de plantas infectadas por TSWV, ubicados cerca de los bordes de la parcela (figura 10C). Para el día 28, los tres focos iniciales se habían incrementado rápidamente de forma bidireccional en toda la parcela pasando a una distribución de agregados según los índices de Morisita (1.27) y Lloyd (1.27). Posteriormente, a partir del día 42 el incremento de plantas enfermas por TSWV alcanzó una distribución uniforme en toda la parcela según los índices de Morisita (0.72) y Lloyd (0.72) lo cual se mantuvo hasta el final (figura 10F-10H). Por lo tanto, para este tratamiento se observó un incremento explosivo de la enfermedad y a partir del análisis de estos resultados, no se recomienda para los agricultores.

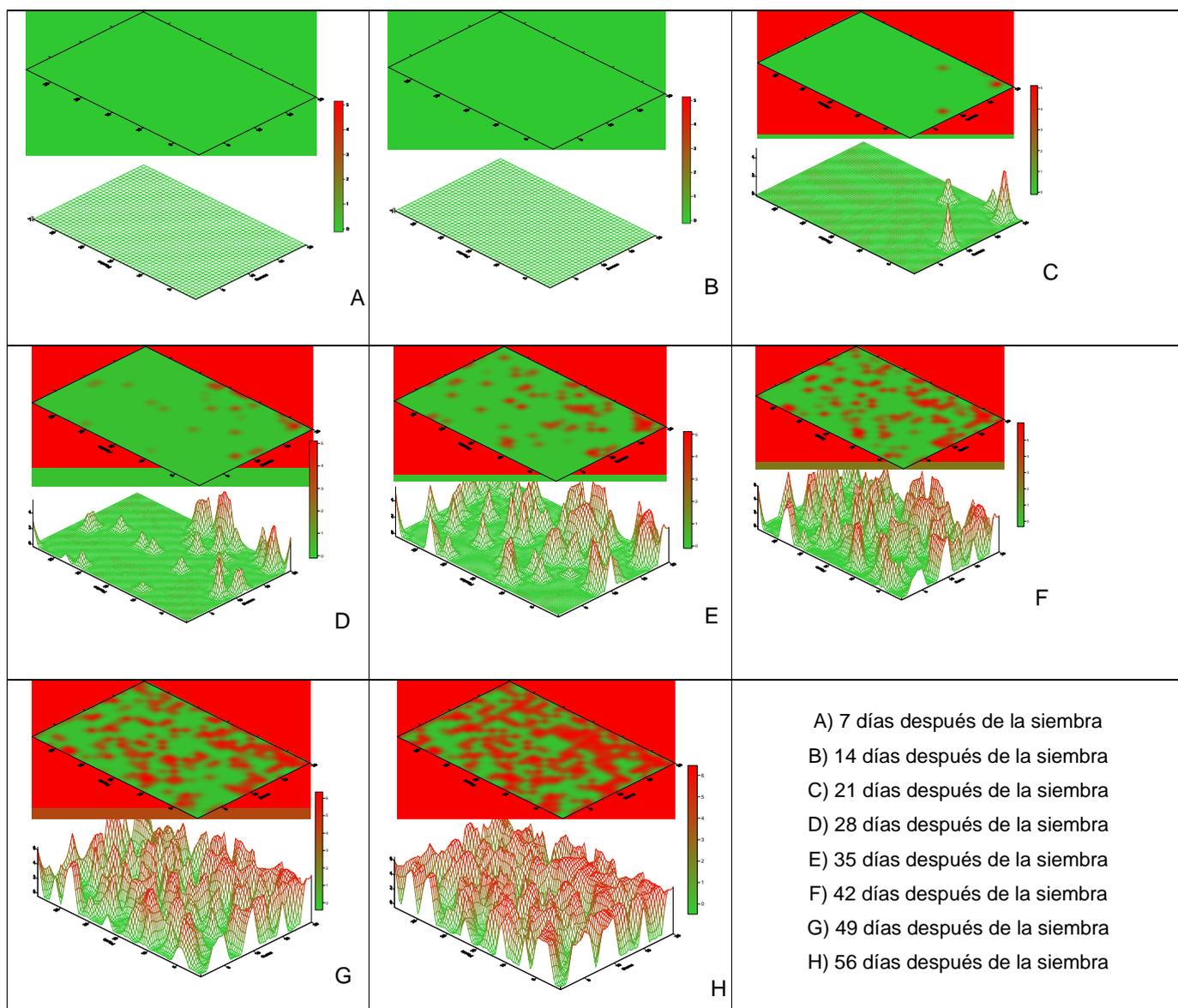


Figura 10: Comportamiento evolutivo de la incidencia de *Tospovirus* en dos y tres dimensiones del programa de manejo integrado de trips con *Beauveria bassiana* + manejo agronómico en de mayo a julio del 2008 en Parramos Chimaltenango. Figura C corresponde a primeros focos de enfermedad, D-E dispersión agregada y F-H dispersión uniforme de la enfermedad basada en índices de Morisita y Lloyd.

8.4.4 ANÁLISIS ESPACIAL CORRESPONDIENTE AL PROGRAMA DE MULCH PLATEADO Y CONTROL QUÍMICO (OXAMILO Y METHIOCARB)+ MANEJO AGRONÓMICO

Este tratamiento es el más comúnmente utilizado en el área de Chimaltenango para la prevención de *Tospovirus*. Este programa de manejo, presentó valores de incidencia de enfermedad considerados intermedio en relación a los otros tratamientos evaluados para el control de trips. La incidencia de la enfermedad fue de 18.4%. Sin embargo, puede ser mejorado al integrarle algunas prácticas como el uso de barreras vivas o agril para retardar o impedir el ingreso del vector. La desventaja con este tratamiento, constituye las limitantes de estos productos dado que están restringidos por algunos mercados internacionales.

Según los datos recopilados en la parcela experimental, la infección para este tratamiento se inició muy temprano mostrando tres focos de plantas enfermas a los 7 días después del trasplante. Estos fueron observados cerca de los bordes de la parcela (figura 11A). Estos focos se mantuvieron sin movimiento hasta el día 14 después del trasplante (figura 11B), lo que indica que la aplicación de insecticidas retarda el apareamiento de nuevos focos de la enfermedad. Para el día 21, nuevos focos de *Tospovirus* aparecieron al borde de la parcela (figura 11C), enfatizando por ello que la colocación de una barrera al contorno de la parcela proporcionaría una protección para el ingreso de trips. A partir del día 28, la aparición de focos fue bidireccionalmente en toda la parcela (figura 11D-11F) y la distribución de plantas enfermas fue en agregados según los índices de Morisita (1.33) y Lloyd (1.29). Posteriormente, debido al incremento de plantas enfermas por TSWV a partir del día 49 después del trasplante, plantas enfermas para este tratamiento presentaron distribución uniforme, basado en los índices de Morisita (0.72) y Lloyd (0.72), esta situación se mantuvo hasta el final (figura 11G-11H).

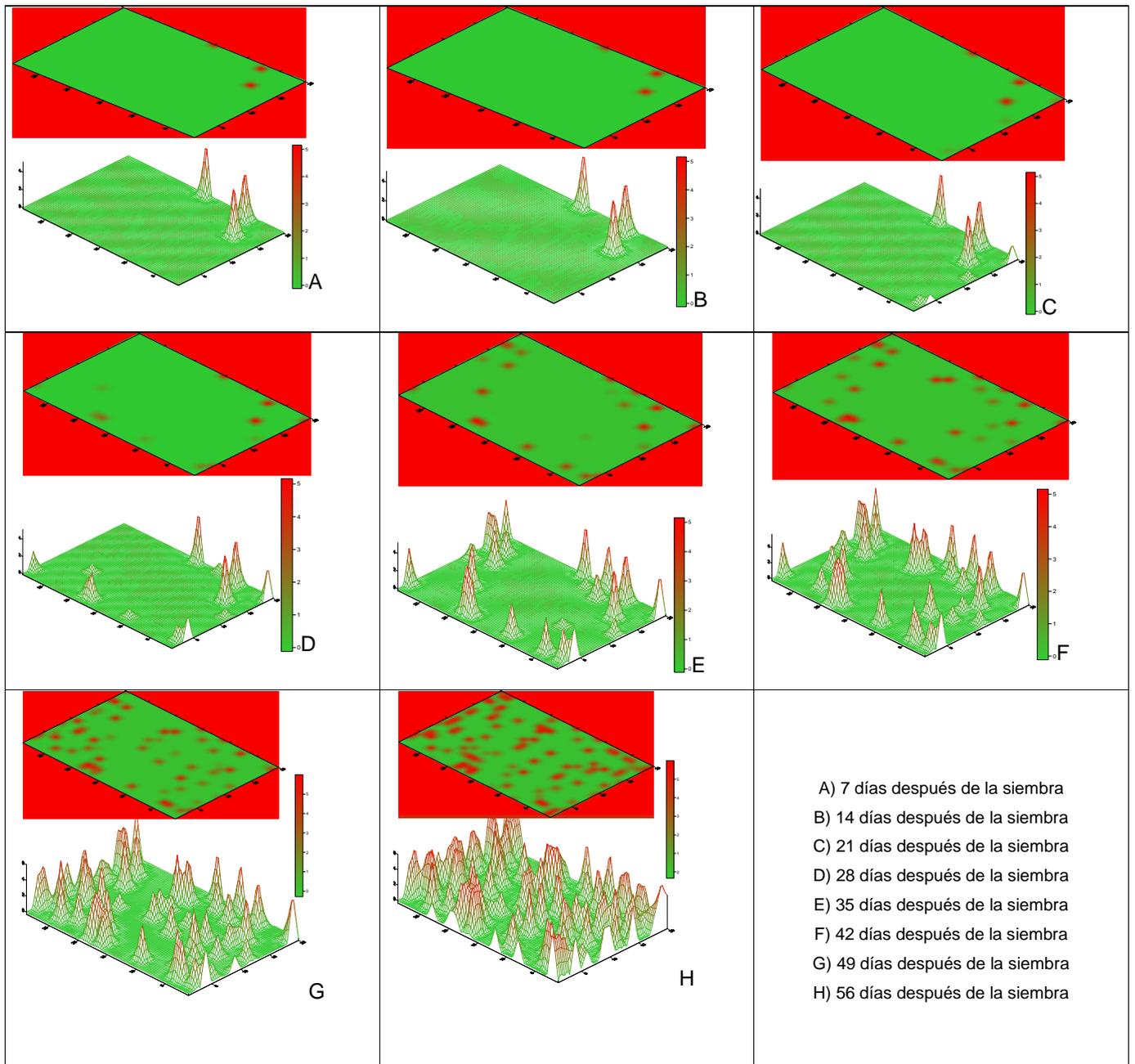


Figura 11: Comportamiento evolutivo de la incidencia de *Tospovirus* en dos y tres dimensiones del programa de manejo integrado de trips con mulch plateado y control químico (oxamilo y methiocarb) de mayo a julio del 2008 en Parramos Chimaltenango. Figura A corresponde a primeros focos de enfermedad, D-F dispersión agregada y G-H dispersión uniforme de la enfermedad basada en índices de Morisita y Lloyd.

8.4.5 ANÁLISIS ESPACIAL CORRESPONDIENTE AL TESTIGO ABSOLUTO

Este tratamiento fue utilizado para estudiar lo que acontece en una plantación de radicchio cuando no se aplican medidas de manejo del insecto vector del virus y compararlos a los otros programas. También, para evaluar daños totales y los costos que se tienen al realizar prácticas de manejo, beneficio y desventajas que estas brindan al productor.

En base a los datos recopilados en la parcela experimental para este tratamiento, la infección se inició temprano y se manifestó un foco a los 7 días después del trasplante (figura 12A) el cual se mantuvo sin movimiento hasta el día 14 después (figura 12B). Para el día 21 nuevos focos de *Tospovirus* aparecieron al borde de la parcela (figura 12C). En el día 28 la aparición de plantas infectadas alrededor de los primeros focos y de acuerdo al análisis de distribución de plantas enfermas según los índices de Morisita (1.81) y Lloyd (1.75), fue agregado (figura 12D). Posteriormente, el ataque se distribuyó en toda la parcela pasando a ser de distribución uniforme a partir del día 35 después del trasplante, utilizando índices de Morisita (0.90) y Lloyd (0.90). La incidencia de la enfermedad para este tratamiento fue el mayor (56.6%) y fue debido a lo anteriormente expuesto. Se considera un ambiente favorable para los trips, no encontraron ninguna barrera física o química e infectaron las plantas en toda la parcela (figura 12E-12H).

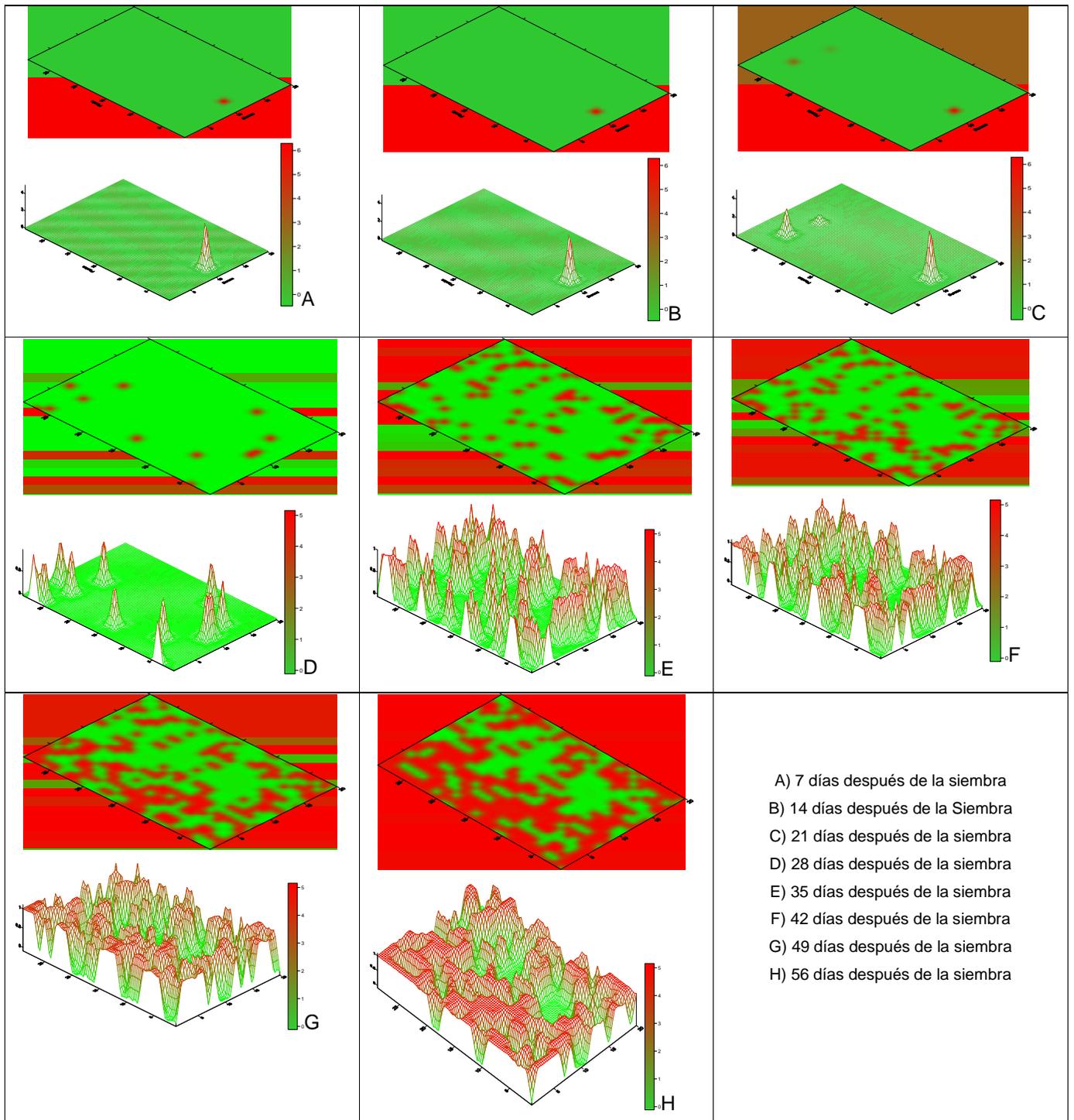


Figura 12: Comportamiento evolutivo de la incidencia de *Tospovirus* en dos y tres dimensiones del testigo susceptible de mayo a julio del 2008 en Parramos Chimaltenango. Figura A corresponde al primer foco de enfermedad, D dispersión agregada y E-H dispersión uniforme de la enfermedad basada en índices de Morisita y Lloyd.

8.5 ANÁLISIS DE COSTOS DE CADA PROGRAMA DE MANEJO DE TRIPS

Para poder identificar cual de los programas de manejo para el control de trips evaluados proporcionaba un mejor beneficio económico, se realizó análisis de costos para cada uno de los programas evaluados. El análisis fue calculado para insumos necesarios y costo de mano de obra por hectárea según lo utilizado en cada tratamiento. Además, se calculó la pérdida en Quetzales que provoca la enfermedad según el nivel de incidencia para cada tratamiento y con esto saber cual programa de manejo brindó mayor beneficio económico.

Como se puede observar en el cuadro 9, el programa integrado por agril + *Beauveria bassiana* +mulch + oxamilo + methiocarb es el mejor tratamiento desde el punto de vista económico ya que a pesar de que los costos de producción fueron mayores, alrededor de Q14,000.00 por hectárea, las pérdidas por *Tospovirus* fueron bajas (Q 8,225.00). Los demás tratamientos tienen menos factores incorporados en el programa de manejo, lo que reduce el costo de inversión, pero las pérdidas de producción son mayores por lo que no son económicamente recomendables. Esto se debe a que constituye un producto de agroexportación y el precio en el mercado es alto, cada caja de 4 kilos contiene 6 unidades de radicchio y tiene costo promedio de 3.5 dólares estadounidenses.

Para este patosistema, la inversión en adición de prácticas de manejo de la enfermedad es económica. Según datos del análisis económicos correspondientes al testigo absoluto, las pérdidas totales fueron las más altas (incluye pérdida de unidades factibles de comercializar al precio anteriormente indicado más el costo del tratamiento). Por lo tanto, si es conveniente evitar pérdida de plantas de radicchio debido a virosis y otros factores en el campo.

Cuadro 9: Análisis económico para los diferentes programas de manejo integrado

Análisis de costos para el programa integrado por agril + *Beauveria bassiana* +mulch + oxamilo + methiocarb

Insumos	Costo por hectárea	# De aplicaciones	Total
Methiocarb	Q270.00	1	Q270.00
Oxamilo	Q480.00	2	Q960.00
<i>Beauveria bassiana</i>	Q250.00	2	Q500.00
Agril	Q4,528.57	1	Q4,528.57
Mulch	Q7,234.29	1	Q7,234.29
Alambre galvanizado #10	Q210.00	1	Q210.00
Mano de obra	Q360.00	1	Q360.00
Costo total por tratamiento			Q14,062.86
Pérdidas causadas por <i>Tospovirus</i> por hectárea			Q 8,225.00
Costos totales de pérdida			Q22,287.86

Análisis de costos para el programa integrado por mulch + oxamilo + methiocarb

Insumos	Costo por hectárea	# De aplicaciones	Total
Methiocarb	Q270.00	3	Q 810.00
Oxamilo	Q480.00	2	Q 960.00
Mulch	Q5,064.00	1	Q 5,064.00
Mano de obra	Q300.00	1	Q 300.00
Costo total por tratamiento			Q 7,134.00
Pérdidas causadas por <i>Tospovirus</i> por hectárea			Q23,270.00
Costos totales de pérdida			Q 30,404.00

Análisis de costos para el programa integrado por *Beauveria bassiana*

Insumos	Costo por hectárea	# De aplicaciones	Total
<i>Beauveria bassiana</i>	Q250	5	Q1,250.00
Mano de obra	Q180	1	Q180.00
Costo total por tratamiento			Q 1,430.00
Pérdidas causadas por <i>Tospovirus</i> por hectárea			Q 66,050.00
Costos totales de pérdida			Q 67,480.00

Análisis de costos para el programa integrado por barreras vivas + trampas azules

Insumos	Costo por hectárea	# De aplicaciones	Total
Nylon azul	Q45	2	Q90
Pegamento para trampas	Q160	2	Q320
Alambre galvanizado # 14	Q45	2	Q90
Semilla de sorgo	Q140	1	Q140
Costo total por tratamiento			Q640
Pérdidas causadas por <i>Tospovirus</i> por hectárea			Q 64,700.00
Costos totales de pérdida			Q65,340

Análisis de costos para el tratamiento testigo

Costo total por tratamiento	Q 0.00
Pérdidas causadas por <i>Tospovirus</i> por hectárea	Q 71,620.00
Costos totales de pérdida	Q 71,620.00

9 CONCLUSIONES

1. Plantas de radicchio bajo el programa de manejo con agril + *Beauveria bassiana* + *mulch* + *oxamilo* + *methiocarb* presentaron 6.9% de incidencia de *Tospovirus* siendo el tratamiento considerado con mejor resultado. Para los tratamientos *mulch* + *oxamilo* + *methiocarb*, barreras vivas + trampas azules, *Beauveria bassiana* y testigo absoluto, los valores de incidencia de virosis fueron de 18.4%, 51.2%, 52.2%, y 56.6% respectivamente.

2. En el análisis temporal de *Tospovirus* en radicchio, los modelos que se ajustaron a la serie de datos de la incidencia obtenidos en los diferentes tratamientos fueron el exponencial y weibull. En el análisis espacial de *Tospovirus*, basados en los índices de Morisita y Lloyd, la enfermedad inicia en focos, luego cambia a una dispersión en agregados y al final la enfermedad uniformiza en la población de radicchios. Los primeros focos de infección inician en los bordes de las parcelas y luego ocurre movimiento bidireccional en la plantación, acorde al movimiento de los trips que constituye el insecto vector del virus.

3. El inicio de síntomas de la enfermedad ocurre de 7 a 13 días después del trasplante del cultivo. Se observan lesiones cloróticas de forma circular en las hojas, enanismo, deformaciones del limbo foliar, marchitez y lesiones necróticas al final del ciclo del cultivo.

4. Los factores epidemiológicos que favorecen el desarrollo de *Tospovirus* en el cultivo de radicchio en las zonas del altiplano central de Guatemala, son: cultivo de variedades comerciales susceptibles, clima favorable al insecto vector, prácticas de manejo como desmalezado y fertilización manual favorecen al traslado de trips en la herramienta o en las manos de los agricultores y deficiencia en el manejo de material vegetal post-cosecha enfermo y de rechazo proveniente de plantas infectadas por TSWV.

10 RECOMENDACIONES

Basado en los resultados, recomendar a los productores de radicchio en el altiplano central de Guatemala, el programa integral compuesto de agril, *Beauveria bassiana*, mulch plateado, control químico con oxamilo y methiocarb.

Las empresas productoras de semillas en conjunto con los productores, trabajar en un programa de mejoramiento genético de radicchio, que genere genotipos resistentes a *Tospovirus*, como la principal alternativa práctica y económica para solventar el problema.

Debido a que es importante incluir en el plan de manejo integrado de trips productos biológicos como herramienta para mantener bajas las poblaciones en periodos próximos a cosecha, se debe realizar investigaciones con otras especies de hongos entomopatógenos. Además es necesario continuar evaluando nuevos insecticidas de moléculas menos residuales, de menor toxicidad y aceptables en el proceso de comercialización en mercados internacionales.

Es necesario reducir algunas prácticas agrícolas y buena planificación de actividades, evitar al máximo el ingreso de personal y equipo al área, para evitar la dispersión de trips.

Para optimizar, reducir la contaminación del agril y evitar desechos sólidos en el campo, es importante cuidar de no dañar el agril al destapar la planta para su posterior reutilización. Enrollar en su centro de cartón y almacenarlo en bolsas de plástico negro, en un lugar fresco alejado de la luz solar. El uso de mulch a base de resinas naturales proporciona una solución viable a la problemática de desechos plásticos ya que basta con arar el terreno para que los restos desaparezcan.

11 BIBLIOGRAFÍA

1. AGEXPRONT (Asociación Gremial de Exportadores de Productos no Tradicionales, GT). 2004. Inteligencia de mercados. Guatemala. 10 p.
2. Alonso, A; Santamaría, A; Costa-Comelles J; Rodríguez, J; Ferrer, J. 1998. Ensayo del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin para el control de la mosca blanca de los cítricos *Aleurothrixus floccosus* (Maskell) (Homoptera: Aleyrodidae) y su acción sobre el parásito *Cales noacki* (Howard) (Hymenoptera: Aphelinidae) (en línea). España. Consultado 25 feb 2008. Disponible en <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=114105>
3. Barrientos, F. 2005. Etiología de la marchitez de la petunia (*Petunia hybrida* Vilm), bajo condiciones de invernadero, en el municipio de Amatitlán, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 41 p.
4. Bayer Crops Science, CL. 2000. Manual fitosanitario. Chile. Consultado 2 set 2009. Disponible en: <http://www.bayercropscience.cl/e-servicios/manual/precauciones.asp>
5. Boiteux, L; Nagata, T; Dutra, W; Fonseca, M. 1993. Sources for resistance to tomato spotted wilt virus (TSWV) in cultivated and wilt species of *Capsicum*. Euphytica 67:89-94.
6. COMAV (Centro de Conservación y Mejora de la Agrodiversidad Valenciana, ES). 2002. Mejora genética de la resistencia al virus del bronceado del tomate (TSWV) en pimiento (en línea). España. Consultado 17 feb 2008. Disponible en <http://www.comav.upv.es/tswvpimiento.html>
7. _____. 2004. Síntomas en plantas y frutos de pimientos producidos por TSWV (en línea). España. Consultado 20 mayo 2008. Disponible en <http://www.comav.upv.es/tswvpimiento.html>
8. Contreras, R; Depestre, T; Rodríguez, Y. 2007. El virus del bronceado del tomate (TSWV) y su incidencia en el cultivo del pimiento (en línea). México, Instituto de Investigaciones Hortícolas 11(32):33-39. Consultado 20 feb 2008. Disponible en <http://www.utm.mx/~temas/temas-docs/nota1t32.pdf>
9. Dal Bó, E; Chiarrone, G; Rolleri, J; Ronco, L. 1999. *Tospovirus* en los cultivos ornamentales de La Plata (en línea). Revista de la Facultad de Agronomía La Plata, Argentina 104(1):35-40. Consultado 25 ene 2008. Disponible en http://www.agro.unlp.edu.ar/revista/PDF/ag104_40.pdf
10. Estrada, BL. 2009. Manejo agronómico del radicchio (entrevista). Parramos, Chimaltenango, Guatemala, Agrícola San Luis, Gerencia general.
11. Fernández, O; Vega, L. 1996 Tecnologías para la producción de biopesticidas a base de hongos entomopatógenos y su control de la calidad (en línea). Cuba. Consultado 25 set 2008. Disponible en <http://www.aguascalientes.gob.mx/codagea/produce/HONG-ENT.htm>
12. Funderburk, J. 2006. Ecology of thrips (en línea). International symposium on thysanoptera (7, 2006, FL, US). Thrips and tospoviruses: proceedings. Florida, US. Disponible en www.ento.csiro.au/thysanoptera/symposium.html
13. Gonsalves, D; Trujillo, E. 1986. Tomato spotted wilt virus in papaya and detection of the virus by ELISA. Plant Dis. 70:501-506.
14. Granval, N; Gracia, O. 1999. El género *Tospovirus* y su importancia en la horticultura (en línea). Avances en Horticultura 4(1):1-23. Consultado 26 ene 2008. Disponible en www.avanceshorticultura.com.ar/roja.php
15. Gutiérrez, J; Plasencia, A. 1997. *Tospovirus* en la frontera entre el virus de plantas y virus de animales (en

- línea). España. Consultado 17 set 2007. Disponible en <http://www.terraia.com/articulo.php?recordID=2209>
16. Huguenot, C; Van Den, G; De Haan, P; Wagemakers, C; Drost, G; Ostenhaus, A. 1990. Detection of tomato spotted wilt virus using monoclonal antibodies and riboprobes. *Archives of Virology* 110:47-62.
 17. Infoagro.com. 2007. Manejo del trips occidental de las flores *Frankliniella occidentalis* (en línea). España. Consultado 17 set 2007. Disponible en: <http://www.infoagro.com/hortalizas/trips.htm>
 18. INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, GT). 2007. Tarjetas de registros climáticos de la Estación Experimental Alameda ICTA número 6, año 2007. Guatemala. s.p.
 19. Jordá, C; Lacasa, A; Costa, J; Díez, M; Nuez, F. 1993. Situación actual del TSWV en España. *Hortofruticultura* 6:39-42.
 20. Kitajima, EW; Resende, R De O; DeAvila, A; Goldbach, R; Peters, D. 1992. Immuno-electron microscopical detection of tomato spotted wilt virus and its nucleocapsids in crude plant extracts. *Journal of Virological Methods* 38:313-322.
 21. Krarup, C; Moreira, I. 1998. Hortalizas de estación fría. Santiago, Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Consultado 10 ene 2008. Disponible en http://www.uc.cl/sw_educ/hort0498/HTML/p122.html
 22. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2005. Mapa de cobertura vegetal y uso de la tierra a escala 1:50,000 de la República de Guatemala año 2003. Guatemala. Disponible en <http://200.12.49.237/SIGMAGA/Documentos/usot/Memoria%20Tecnica%20USOT.pdf>
 23. Matthews, R. 1981. *Plant virology*. London, Academic Press. 215 p.
 24. Moyer, J; German, T; Sherwood, J; Ullman, D. 1999 Una actualización de las manchas del virus de marchitez tomate y afines *Tospoviruses* EEUU (en línea). US. Consultado 17 sep 2007. Disponible en <http://www.apsnet.org/online/feature/Tospovirus/>
 25. Nebreda, M. 2005. Dinámica poblacional de insectos homópteros en cultivos de lechuga y brócoli, identificación de parasitoides asociados y evaluación de alternativas físicas de control (en línea). Tesis PhD. Madrid, España, Universidad Complutense. Consultado 10 sep 2008. Disponible en <http://www.ccma.csic.es/index.php/es/def/pdf25?modelo=tesi>
 26. Norris, DO. 1946. The strain complex and symptom development of tomato spotted wilt virus. *Bulletin of the Australian Council of Science and Industrial Research of the virus by ELISA*. *Plant Dis.* 70:501-506.
 27. Organización para Estudios Tropicales, CR. 2003. Combate de plagas en el arroz mediante el uso de hongos benéficos. Costa Rica. 17 p.
 28. Orozco Miranda, E. 2005. Estudios identificación de *Tospovirus* en radicchio *Cichorium intybus* mediante microscopia electrónica de transmisión (entrevista). Guatemala, Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Subárea de Protección de Plantas.
 29. Plásticos Malfanti, CL. 2008. Mulch plástico. Santiago, Chile. Consultado 2 set 2009. Disponible en: <http://www.plasticosmalfantichile.cl/2008/08/13/mulch-plastico/>
 30. Pérez, P. 2003. Efecto de la aplicación de un bactericida natural sobre la incidencia de *Erwinia carotovora* en post cosecha de radicchio variedad Coralo R3. Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Consultado 10 ene 2008. Disponible en <http://ucv.altavoz.net/prontusunidadacad/site/artic/20061215/asocfile/20061215120706/perezpilar.pdf>
 31. Peters, D. 1990. Detection of tomato spotted wilt virus using monoclonal antibodies and riboprobes. *Archives of Virology* 110:47-62.

32. Polymer Group, US. 2008. Características y propiedades del Agribon. Charlotte, US. Consultado 1 set 2009. Disponible en: <http://www.agribon.com/>
33. Silva, R. 2004. Evaluación de tres tamaños de celdillas de bandejas de speedling, sobre la calidad de las plántulas y la producción de una variedad de lechuga (*Lactuca sativa*) tipo escarola. Santiago, Chile, Universidad de las Américas, Facultad de Agronomía. Tesis Ing. Agr. Consultado 26 ene 2008. Disponible en: http://ucv.altavoz.net/prontus_unidacad/site/artic/20080108/asocfile/20080108122557/silvakaren.pdf
34. Von der Pahlen, A. 1970. Herencia de la resistencia del tomate (w. Platense) a la peste negra. Rev. de Investigación Agr. 7(3):129-134.
35. Wang, M; Gonsalves, D. 1990. ELISA detection of various tomato spotted wilt virus isolates using specific antisera to structural proteins of the virus. *Plant Disease* 74:154-158.
36. Yokofilms. 2008. Plástico Biodegradable (en línea). España. Consultado 3 set 2009. Disponible en: http://www.everyoneweb.es/plasticobiodegradable/Pr_Update_Knooppunt_Inhoud.aspx?WebID=plasticobiodegradable&BoomID=B1&KnooppuntID=K454&LG=

12 ANEXOS

Anexo 1 Índices de dispersión obtenido a partir del análisis de incidencia de *Tospovirus* para el tratamiento de barreras vivas y trampas azules + manejo agronómico

Días después de la siembra	I. Morisita	I. Lloyd	Dispersión
28	1.6667	1.5556	Agregados
35	0.6667	0.6667	Uniforme

Anexo 2 Índices de dispersión obtenido a partir del análisis de incidencia de *Tospovirus* para el tratamiento de mulch plateado, agril, control químico con oxamilo y methiocarb, *Beauveria bassiana* + manejo agronómico

Días después de la siembra	I. Morisita	I. Lloyd	Dispersión
49	1.2000	1.2133	Agregados

Anexo 3 Índices de dispersión obtenido a partir del análisis de incidencia de *Tospovirus* para el programa de manejo con *Beauveria bassiana* + manejo agronómico

Días después de la siembra	I. Morisita	I. Lloyd	Dispersión
28	1.2727	1.2755	Focos
42	0.7273	0.7245	Uniforme

Anexo 4 Índices de dispersión obtenido a partir del análisis de incidencia de *Tospovirus* para el programa de manejo con mulch plateado y control químico (oxamilo y methiocarb)+ manejo agronómico

Días después de la siembra	I. Morisita	I. Lloyd	Dispersión
27	1.3333	1.2963	Agregados
49	0.7273	0.7245	Uniforme

Anexo 5 Índices de dispersión obtenido a partir del análisis de incidencia de *Tospovirus* para el programa de manejo con al testigo susceptible + manejo agronómico

Días después de la siembra	I. Morisita	I. Lloyd	Dispersión
28	1.8182	1.7513	Agregados
35	0.9091	0.9082	Uniforme