

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

INSTITUTO DE HORTICULTURA

**TOXICIDAD DE *Petiveria alliacea* L. EN MOSCA BLANCA
(*Trialeurodes vaporariorum* W.) EN LABORATORIO
Y EN TOMATE (*Lycopersicon esculentum* M.)
BAJO INVERNADERO**

T E S I S

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

MAESTRA EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

PRESENTA:

JESÚS ELISA ELIZALDE-SÁNCHEZ

Chapingo, México, junio de 2004.



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES



Instituto de Horticultura

TOXICIDAD DE *Petiveria alliacea* L. EN MOSCA BLANCA (*Trialeurodes vaporariorum* W.) EN LABORATORIO Y EN TOMATE (*Lycopersicon esculentum* M.) BAJO INVERNADERO

Tesis realizada por Jesús Elisa Elizalde-Sánchez bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

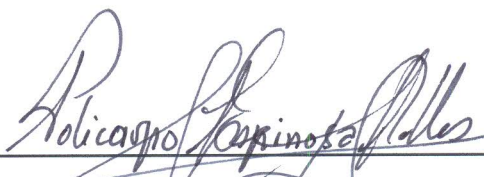
MAESTRA EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

DIRECTORA:



Dra. María del Rosario García Mateos

ASESOR:



M.C. Policarpo Espinosa Robles

ASESOR:



Dr. Tito Roque Vásquez Rojas

Chapingo, Estado de México, junio de 2004

AGRADECIMIENTOS

Al CONACYT por el apoyo económico para la realización de éste postgrado.

A la Dra. María del Rosario García Mateos por su valiosa dirección y apoyo durante el desarrollo de ésta investigación.

Al M. C. Policarpo Espinosa Robles por su valiosa colaboración y apoyo en la revisión y sugerencias para mejorar la presente investigación.

Al Dr. Tito Roque Vásquez Rojas por su valiosa colaboración y apoyo en la revisión y observaciones para mejorar la presente investigación.

Al Ing. David Ortega Gaucin por su valiosa colaboración y apoyo incondicional en todo el proceso y desarrollo de la presente investigación.

A la M. C. Ramona Pérez Leal por su valiosa colaboración y apoyo.

Al Dr. Clemente Villanueva Verduzco por su valioso apoyo y colaboración para la mejora del presente escrito.

A las Secretarias Alejandra, Margarita y Rocío por valioso su apoyo.

DEDICATORIA

A la luz de la existencia que siempre me ilumina y bendice.

A mi amado por ser el hombro que me soporta, la mano que me levanta y la ayuda idónea que mi Dios me ha otorgado.

A mi madre por ser un ejemplo fidedigno de paciencia y voluntad.

A mi padre.

A mis hermanas por ser apoyo y amistad filial.

A todas las personas que de una u otra manera han contribuido con su apoyo, tolerancia o consejo en la realización y término de éste lapso de mi vida.

Datos biográficos de la autora:

Jesús Elisa Elizalde-Sánchez nació en la comunidad de Santa María Palapa, perteneciente al Municipio de San Martín de las Pirámides, Estado de México. Cursó el nivel de licenciatura en el Departamento de Agroecología de la Universidad Autónoma Chapingo, colaboró como asesora en Agroecología con la Fundación Agua y Medio Ambiente, A. C. (FAMAAC), en el proyecto "Manejo Sustentable de Unidades de Escurrimiento en la Zona de la Montaña de Xochimilco". Y posteriormente realizó sus estudios de postgrado en la Maestría en Ciencias en Horticultura, en el Instituto de Horticultura del Departamento de Fitotecnia, de la UACH.

CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS	i
ÍNDICE DE FIGURAS	ii
RESUMEN Y ABSTRACT	iv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1. Aspectos generales sobre extractos vegetales	5
2.2. Características generales de <i>Petiveria alliacea</i> Linneo	8
2.2.1. Origen y clasificación taxonómica	8
2.2.2. Descripción botánica	10
2.2.3. Composición química	11
2.2.4. Actividad tóxica en mamíferos	12
2.2.5. Actividad biocida	14
2.3. Características generales de la mosca blanca (<i>Trialeurodes vaporariorum</i> Westwood)	15
2.3.1. Origen y clasificación taxonómica	15
2.3.2. Importancia en la producción hortícola	16
2.3.3. Distribución en México	17
2.3.4. Ciclo biológico	18
2.3.5. Eclosión	21
2.3.6. Hábitos de oviposición	21
2.3.7. Daños que causa al alimentarse y excretar	23
2.3.8. Evolución y resistencia	25
2.3.8.1. Factores que contribuyen en su resistencia	28
2.3.9. Estrategias de manejo para combatirla	30
2.4. Características generales del tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Miller)	32
2.4.1. Origen y clasificación taxonómica	32
2.4.2. Descripción botánica	33
2.4.3. Importancia social y económica	34

2.4.3.1. Importancia económica del tomate en invernadero	35
2.4.4. Importancia nutrimental	39
2.4.5. Plagas y enfermedades	39
2.5. Características generales de la hidroponia	41
2.5.1. Definición e historia	41
2.5.2. Cultivo de tomate en hidroponia	42
III. MATERIALES Y MÉTODOS	46
3.1. Recolecta de <i>Petiveria alliacea</i>	46
3.1.1. Certificación del material vegetal	47
3.2. Preparación en laboratorio de la recolecta de <i>P. alliacea</i>	48
3.2.1. Deshojado	48
3.2.2. Secado	48
3.2.3. Molienda	49
3.2.4. Preparación de los extractos crudos de hoja de <i>P. alliacea</i>	50
3.2.4.1. Extracto acuoso	50
3.2.4.2. Extracto crudo de metanol	51
3.2.4.3. Extracto crudo de diclorometano	52
3.2.5. Experimento en laboratorio	53
3.3. Trabajo en invernadero	55
3.3.1. Establecimiento del semillero para el cultivo de tomate	55
3.3.2. Transplante del cultivo de tomate	56
3.3.3. Experimento en invernadero	58
3.3.3.1. Aislamiento e infestación de las unidades experimentales en el cultivo de tomate	59
3.3.3.2. Medición del rendimiento de tomate	61
3.3.3.3. Análisis estadístico	61
3.3.3.3.1. Variables respuesta	62

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	63
4.1. Toxicidad del extracto acuoso de <i>P. alliacea</i> sobre <i>T. vaporariorum</i>	63
4.2. Toxicidad de los extractos metanólico y de diclorometano de <i>P. alliacea</i> sobre <i>T. vaporariorum</i>	65
4.3. Concentración Letal Media (CL ₅₀)	71
4.4. Rendimiento de tomate	74
V. CONCLUSIONES	76
VI. LITERATURA CITADA	78
VII. ANEXOS	88

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Nombres comunes de <i>P. alliacea</i>	9
2	Hábitos de oviposición de varias especies de mosca blanca	22
3	Análisis nutrimental del tomate	40
4	Rendimiento de especies cultivadas en campo e hidroponia (ton/ha)	43
5	Relación de los tratamientos aplicados a las unidades experimentales en condiciones de laboratorio e invernadero	55
6	Composición de la solución nutritiva aplicada en invernadero	58
7	Rendimiento promedio del cultivo de tomate por tratamiento	75
8	Mortalidad en <i>T. vaporariorum</i> por efecto de los extractos de <i>P. alliacea</i> en laboratorio e invernadero	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Esquema de <i>P. alliacea</i>	11
2	Ciclo biológico de <i>T. vaporariorum</i>	18
3	Precio medio de importación de tomate en EUA	36
4	Importaciones estadounidenses de tomate producido en invernadero	37
5	Exportaciones mexicanas de tomate a EUA	38
6	Recolecta de <i>P. alliacea</i>	46
7	Ejemplar de herbario de <i>P. alliacea</i>	47
8	Deshojado de <i>P. alliacea</i>	48
9	Secado de <i>P. alliacea</i>	49
10	Material molido de <i>P. alliacea</i>	50
11	Preparación de los extractos	51
12	Eliminación del disolvente en el rotavapor	52
13	Establecimiento del semillero	56
14	Establecimiento del cultivo de tomate en invernadero.	57
15	Aislamiento de la unidad experimental	59
16	Aplicación de los extractos de <i>P. alliacea</i>	60
17	Mortalidad en adultos de <i>T. vaporariorum</i> por efecto del extracto acuoso de <i>P. alliacea</i> en laboratorio e invernadero	64
18	Mortalidad en adultos de <i>T. vaporariorum</i> por efecto del extracto metanólico de <i>P. alliacea</i> en laboratorio e invernadero	65
19	Mortalidad en adultos de <i>T. vaporariorum</i> por efecto del extracto diclorometano de <i>P. alliacea</i> en laboratorio e invernadero	67

20	Mortalidad en adultos de <i>T. vaporariorum</i> por efecto de los extractos acuoso, metanólico y diclorometano de <i>P. alliacea</i> en laboratorio a las 24h	69
21	Mortalidad en adultos de <i>T. vaporariorum</i> por efecto de los extractos acuoso, metanólico y diclorometano de <i>P. alliacea</i> en invernadero a las 24h	70
22	Concentración Letal Media (CL ₅₀) de los extractos acuoso, metanólico y diclorometano de <i>P. alliacea</i> para el control de <i>T. vaporariorum</i>	71
23	Prueba de comparación de medias entre tratamientos, en un cultivo de tomate en invernadero, con respecto al rendimiento	90

TOXICIDAD DE *Petiveria alliacea* L. EN MOSCA BLANCA (*Trialeurodes vaporariorum* W.) EN LABORATORIO Y EN TOMATE (*Lycopersicon esculentum* M.) BAJO INVERNADERO

TOXICITY OF *Petiveria alliacea* L. ON WHITE FLIES (*Trialeurodes vaporariorum* W.) IN THE LABORATORY AND ON TOMATOES (*Lycopersicon esculentum* M.) UNDER GREENHOUSE CONDITIONS

Jesús Elisa Elizalde-Sánchez¹ y María Rosario García-Mateos²

RESUMEN

Para determinar el efecto tóxico de *P. alliacea* sobre *T. vaporariorum* se evaluó en laboratorio e invernadero el porcentaje de mortalidad y las CL₅₀, preparando tres extractos por maceración. Para laboratorio se colocaron 30 moscas en cajas petri y un foliolo de tomate asperjado con las disoluciones. En invernadero se asperjó cada planta asignada de manera aleatoria, e infestada anteriormente con 100 individuos. En laboratorio los extractos superaron significativamente la mortalidad de los testigos, y en invernadero no hubo diferencias significativas de mortalidad para las concentraciones más altas de imidacloprid (55.43%): 47.50%, 58.33% (acuoso); 44.78%, 48.75% (metanólico); 49.08% y 57.55% (diclorometano), los cuales superando a los testigos 0%. Las CL₅₀ en invernadero fueron, aproximadamente, nueve veces más grandes que en laboratorio. Los tratamientos no interfirieron en el rendimiento de tomate (gramos y diámetro por fruto), pues no mostraron diferencias significativas entre ellos, infiriendo la viabilidad de los extractos contra *T. vaporariorum*.

Palabras clave: Toxicidad, *Petiveria alliacea*, *Trialeurodes vaporariorum*, *Lycopersicon esculentum*, extractos, tomate.

ABSTRACT

To determine the toxic effect of *P. alliacea* on *T. vaporariorum*, the mortality percentage and the CL₅₀ were evaluated in a laboratory and in a greenhouse by preparing three extracts through maceration. For the laboratory, 30 flies were placed in petri dishes and a tomato foliolo was sprayed with dissolutions. In the greenhouse, each plant was sprayed, assigned in a randomized form, and infected previously with 100 individuals. In the laboratory, the extracts significantly overcame the mortality of the controls, and in the greenhouse there was not a significant difference between the highest concentrations and imidacloprid (55.43%): 47.50%, 58.33% (watery); 44.78%, 48.75% (methanolic); 49.08% and 57.55% (dichloromethane), which overcame the controls 0%. The CL₅₀ in greenhouse were approximately nine times greater in the laboratory. The treatments didn't interfere with the tomato yield (grams and diameter per fruit), as they didn't show significant difference among them, inferring the viability of the use of extracts against *T. vaporariorum*.

Key words: Toxicity, *Petiveria alliacea*, *Trialeurodes vaporariorum*, *Lycopersicon esculentum*, extracts, tomato.

1 Tesista

2 Directora

I. INTRODUCCIÓN

Desde los inicios de la civilización, el ser humano ha dependido de las plantas, pues estas transforman la energía solar en energía consumible (Cuevas, 2001); por ello, a lo largo de la historia, se han realizado un gran número de investigaciones alrededor de ellas y sobre sus posibles utilidades para el hombre, y muchos de los ingredientes activos de medicamentos y agroquímicos que se utilizan actualmente han sido obtenidos de las plantas (Rausher, 2001; Phillipson, 2001).

Dado que en la naturaleza el equilibrio de las especies y su interrelación son determinados por la producción y liberación de sustancias químicas, que tienen efectos atraerentes, repelentes, estimulantes y de inhibición (Ramawat, 1999; Hoy *et al.*, 1998; Harborne, 1989), el ser humano ha aprovechado estas características en forma de insecticidas, bactericidas, nematocidas, funguicidas o herbicidas, ya que por la compleja formación y variabilidad estructural que tienen los compuestos secundarios contenidos en las plantas, se ha observado que las plagas y organismos que se desean combatir no presentan resistencia a tales compuestos (Rodríguez, 1998).

En este sentido, una alternativa viable para combatir a las plagas es el uso de extractos vegetales con características insecticidas, pues no dañan a los ecosistemas ni a la salud humana por su escasa permanencia en el ambiente (Prabhaker *et al.*, 1999; Ortega, 1997; Lagunes y Rodríguez, 1992).

De esta manera, la presente investigación surgió por el interés de estudiar el efecto insecticida de la hierba del zorrillo o mapurite (*Petiveria alliacea* Linneo) sobre mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood), debido a que se observó¹ que esta planta tiene toxicidad sobre dicha plaga.

Es de señalar, que *P. alliacea* presenta un aroma similar al olor característico del zorrillo porque contiene compuestos sulfurados en sus tejidos (Kubec *et al.*, 2003), y que a esos compuestos se les atribuyen propiedades insecticidas (Cáceres, 1999; Lyndon *et al.*, 1997); ese tipo de compuestos también se han detectado en las familias de las Liliáceas y Crucíferas, en las que se cree que la actividad insecticida, nematocida, bactericida y funguicida se debe a ellos (Chiam *et al.*, 1999; Weber *et al.*, 1992; Zavaleta-Mejía *et al.*, 1992).

Por ello, se infiere que los extractos de hoja de *P. alliacea*, preparados por maceración con disolventes de diferente polaridad (acuoso, metanólico y de diclorometano), pueden presentar un efecto tóxico importante sobre *T. vaporariorum*, y aunque no existen evidencias científicas que señalen el efecto tóxico de *P. alliacea* sobre *T. vaporariorum*, el propósito de la presente investigación fue determinar la toxicidad de los extractos acuoso, metanólico y diclorometano obtenidos de las hojas de la planta mencionada, aplicados primeramente en condiciones de laboratorio, para después corroborar su toxicidad bajo condiciones de invernadero en un cultivo de tomate en hidroponia, previamente infestado con mosca blanca. Se eligió el cultivo de

¹ Comunicación personal M.C. Policarpo Espinosa, 2002.

tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller) por su importancia económica y social a nivel nacional e internacional (Agoitia, 2003; Anónimo, 2000; Jones, 1999. Anónimo, 1998).

Así, para el desarrollo de la presente investigación, se plantearon los siguientes objetivos e hipótesis:

Objetivo general

Evaluar el efecto tóxico de la hierba del zorrillo (*Petiveria alliacea* L.) mediante extractos acuoso, metanólico y de diclorometano, obtenidos de sus hojas, para el control de mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum* W.).

Objetivos particulares

1. Evaluar los porcentajes de mortalidad de *T. vaporariorum* ocasionados por la aplicación de los extractos acuoso, metanólico y de diclorometano de *P. alliacea* con diferente concentración, en laboratorio y en tomate bajo condiciones de invernadero.
2. Determinar las Concentraciones Letales Medias (CL₅₀) ocasionadas por la aplicación de los extractos acuoso, metanólico y de diclorometano de *P. alliacea* con diferente concentración sobre *T. vaporariorum*, en laboratorio y en tomate bajo condiciones de invernadero.

Hipótesis

1. En condiciones de laboratorio y de invernadero, el porcentaje de mortalidad de *T. vaporariorum* mostrará una tendencia diferente entre extractos de *P. alliacea*.
2. Tanto para las condiciones de laboratorio como para las de invernadero, los porcentajes de mortalidad de *T. vaporariorum* aumentarán significativamente conforme se aumente la concentración de los extractos de *P. alliacea*.
3. Las concentraciones Letales Medias de los extractos de *P. alliacea* sobre *T. vaporariorum* no serán numéricamente variables entre ambos experimentos (laboratorio e invernadero).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Aspectos generales sobre extractos vegetales

La Real Academia Española (2001b), menciona que la palabra *extracto*, tiene como raíz latina el vocablo *extractus*, del participio pasivo de *extrahĕre*, que significa, extraer, sacar; y que es un producto sólido o espeso obtenido por evaporación de un zumo o de una disolución de sustancias vegetales, por ejemplo extracto acuoso, alcohólico, etéreo, entre otros.

El uso de extractos y polvos vegetales es antiquísimo, ya que las antiguas culturas se valieron de estos por sus principios activos, sobre todo en medicina humana, para curar al ganado y como repelentes de las plagas de sus viviendas y cultivos (Phillipson, 2001; Tripathi *et al*, 2000).

Los insecticidas vegetales se usaron ampliamente desde antes de la Segunda Guerra Mundial, pero fueron desplazados por los insecticidas sintéticos que eran más efectivos y más baratos. En esos momentos no interesaba, como ahora, la contaminación del suelo, agua, aire, ni el posible desarrollo de la resistencia de las plagas, el desequilibrio ecológico, los residuos en los alimentos, ni las intoxicaciones a los operadores (Rodríguez, 1995).

En la actualidad, el uso de los biocidas vegetales se ha extendido, y se investiga cada vez más sobre insecticidas, nematocidas, bactericidas, fungicidas

y acaricidas (Li *et al*, 2003; Tripathi *et al*, 2002 ; Won-IL *et al*, 2003 ; Klein *et al*, 2002 ; Tripathi *et al*, 2001 ; Weathersbee y Tang, 2002 ; entre otros), los cuales son menos agresivos con el ambiente y con los enemigos naturales de las plagas (Valencia-Luna, 2001; Rodríguez, 1995); así mismo, debido a su escasa permanencia en el ambiente, las plagas tienen menor posibilidad de adquirir resistencia (Jin-Jua, *et al* 2001; Raguraman y Sing, 1999; Aguila *et al*, 1996; Lagunes y Rodríguez, 1989).

Sobre la toxicidad de los plaguicidas, está demostrado que los de origen sintético son más tóxicos para los enemigos naturales de las plagas que para ellas mismas, debido a los mecanismos de desintoxicación que poseen los insectos fitófagos (Musabyimana, *et al*, 2001; Ortega *et al*, 1999; Raguraman y Sing, 1999), que han desarrollado naturalmente a través de los años de coexistencia con los cultivos a los que se les aplican tantos pesticidas sintéticos (Georghiou y Taylor, 1986).

Por ello se cree que el uso de plantas por medio de infusiones, extractos, polvos, macerados, etc. son una alternativa favorable para el combate de las plagas agrícolas, pues con base en la gran cantidad de compuestos químicos que contienen las plantas, le es difícil al insecto conferirse una pronta evolución y resistencia a éstas (Rodríguez, 1998).

Sin embargo, es importante localizar el órgano vegetal, la etapa fenológica y las condiciones ambientales en las que se obtenga el mayor almacenamiento del

ingrediente con la actividad biocida deseada para mejor eficiencia, ya que dentro de la planta existe una distribución espacial de las toxinas, concentrándose en frutos maduros o inmaduros, en semillas, en flores, en hojas o en tallos (Hoy *et al*, 1998), esto porque el objetivo a perseguir en la preparación de extractos, es obtener en un pequeño volumen los ingredientes activos de las sustancias que contienen las plantas.

Algunas de las plantas con características insecticidas utilizadas para combatir a las plagas agrícolas son el crisantemo, la sabadilla, el estafiate, el cempazuchitl, la cancerina y el nim (Li *et al*, 2003; Won-IL *et al*, 2003; Tripathi *et al*, 2002; Weathersbee y Tang, 2002; Jin-Jun *et al*, 2001; Musabyimana *et al*, 2001; Tripathi *et al*, 2000; Lagunes y Rodríguez, 1992). Sin embargo, es importante mencionar que cuando se aplican los extractos o jugos de las plantas, a veces no producen efecto biocida sobre las plagas, pero producen repelencia al desencadenar el mecanismo de no preferencia, ya que la plaga desconoce a la planta hospedante (cultivo) asperjada con los extractos de otra planta con la cual la plaga no ha coevolucionado (Romero y Villanueva, 2000).

Por otra parte, en el ajo (*Allium sativum* L.) se han reportado compuestos sulfurados como los tiosulfinatos (aliicina), mono, di y trisulfuros, que se derivan de sulfóxidos de cisteína (aliina), y son químicamente no polares (Chiam *et al*., 1999; García, 1998), a los que se les atribuye actividad insecticida (Chiam *et al*., 1999). También *Petiveria alliacea* presenta compuestos aliina/aliicina, por lo que se cree que estos pudieran ser los responsables de la actividad insecticida

que presenta dicha planta. Kubec *et al.* (2003; 2002a; 2001b), señalan que estos compuestos se transforman en sustancias alildisulfuros, dando el olor y efecto lacrimógeno (S-óxido del tiobenzaldehído) característico a *P. alliacea*. Por otro lado, Lyndon *et al.* (1997) y Cáceres (1999) indican que la actividad insecticida y acaricida reportada en *P. alliacea* se asocia con la presencia de polisulfuros.

La hierba del zorrillo o mapurite (*P. alliacea*), es ampliamente estudiada en Brasil, Colombia, Perú, Venezuela, Guatemala y Estados Unidos, por sus atributos medicinales. Sin embargo, aunque la importancia de su investigación se enfatiza por su actividad anticancerígena y de inhibición celular (Huggins, 2002; Echeverría y Torres, 2001; Malpezzi *et al.*, 1994), algunos estudios muestran su actividad antifúngica y antibacteriana (Taylor, 2002; Cohelo *et al.*, 2001; Lawrence *et al.*, 1997; Villar *et al.*, 1997; Carrillo, 1997; Malpezzi *et al.*, 1994), y en menor proporción resaltan su actividad insecticida (Taylor, 2002; León y Poveda, 2000; Cáceres, 1999; Lyndón *et al.*, 1997).

2.2. Características generales de *Petiveria alliacea* Linneo

2.2.1. Origen y clasificación taxonómica

Petiveria alliacea L., es una planta nativa de México, el Caribe, Centro y Sudamérica (Coelho *et al.*, 2001; Cáceres, 1999), la cual tiene diferentes nombres comunes en cada lugar donde se desarrolla (Cuadro 1).

Cuadro 1. Nombres comunes de *Petiveria alliacea*

Lugar	Nombre común
Brasil: Amazonas, Roraima	Mucura-caá, tipi, guiné
Colombia	Anamú, lanceilla, mucura, raíz de pipí, mapuro, mapurito
Colombia: Mikuna	da-hua-ta
Perú	Anamú, chambira, micura
Venezuela	Anamú, mapurite, pipi
Guatemala	Anamú, hierba de gallinitas, ipacina, payche, zorrillo
México	Mapurite, zorrilla, hierba del zorrillo

Fuente: Coelho *et al*, 2001; Estrella, 1994.

Y de acuerdo con Cáceres (1999), su clasificación taxonómica es la siguiente:

Reino: Plantae
Filo: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Orden: Caryophyllales
Familia: Phytolaccaceae
Género: *Petiveria*
Especie: *alliacea* L.

Esta planta se localiza en campos secos y húmedos, cerca de casas y terrenos sin cultivar, de 0 a 1000 m de altitud (Cáceres, 1999), y se considera maleza porque cuando las vacas la consumen, la leche que producen sabe a ajo (Kubec, *et al*, 2003; Delle y Cuca, 1992). Estrella (1994), menciona que *P. alliacea* fue utilizada como planta medicinal y para rituales mágico-religiosos en la cultura maya.

2.2.2. Descripción botánica

Cáceres (1999), la describe como una hierba perenne, de tallo recto, poco ramificado, delgado, a menudo leñoso, de 0.5-1.5 m de alto; ramas jóvenes, puberulentas o grablas; raíz profunda, fuertemente olorosa. Las hojas son pecíolos de 1-5 cm de largos, limbo oblongo u obovalado, de 5-15 cm de largo, son de color verde brillante, con inflorescencias en racimos delgados, de 10-35 mm de largo, poco floreadas; flores pequeñas, blancas, subsésiles o en cortos pedicelos, sépalos blanco-verduzcos, oblongo-lineares de 3-4 mm de largo. Y el fruto es una baya cuneiforme provista de cuatro ganchos doblados hacia adentro, comprimido en el raquis, angostamente cuneado, de 8 mm de largo (Figura 1).

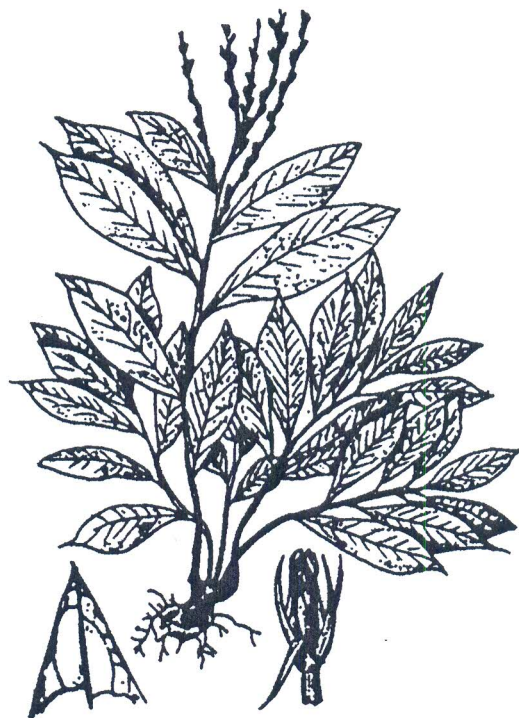


Figura 1. Esquema de *P. alliacea* (Fuente: Cáceres, 1999)

2.2.3. Composición química

El tamizaje fitoquímico de las hojas de *P. alliacea* reporta la presencia de: terpenoides (β -sitosterol, isoarbinol, acetato, saponinas y cinamato de isoarbinol), polifenoles y taninos (Cáceres, 1999). Alantoína, lignocerato de lignocerol y α -friedelinol (Souza y Souza, 1993; De-Sousa *et al.*, 1990).

Delle y Cuca (1992), aislaron de las hojas tres flavononas 6-hidroximetil-8-metil-7-O-metilpinocembrina y 6-hidroximetil-8-metil-7-O- metilpinocembrina y 6-hidroximetil-8-metil-5,7-di-O-metilpinocembrina y tres nuevos O-ramnósidos de dihidro-complerol, dihidroqueratina y miricetina.

En la raíz se han identificado al menos 19 cumarinas, tritiolaniacina, 3,5-difenil-1,2,4-tritiolan, difeniltrisulfuro, trans-estilbeno (Kubec *et al*, 2002a; Kubec *et al*, 2000b) trans-N-4-metilprolina, pinitol, alantoina, ácido lignocérico, α -friedelinol, tritiolaniacina, benzaldehido y ácido benzoico (Cáceres, 1999).

De-Sousa y col. (1990; Souza y Souza, 1993), detectaron en el tallo a los compuestos designados como, trans-N-metil-4-metoxiprolina, β -sistoesterol, alantoína y ácido lignocérico.

Albornoz (1980; citado por Huggins, 2002) reporta la presencia de triterpenos, isoarborinol, acetato de isoarborinol y cinamato de isoarborinol; una lactona sesquiterpénica y un macrólido con actividad antitumoral.

Se ha indicado el hallazgo de ácidos urónicos, alcohol docosílico y lupenona, y otros estudios, refieren la presencia de bencil-hidroxi-etil-trisulfuro un tritiolano y cumarinas (Coelho *et al*, 2001; Cáceres, 1999).

2.2.4. Actividad tóxica en mamíferos

La raíz es utilizada para preparar curare y barbasco, a los que se les atribuye propiedad abortiva en humanos (De-Sousa *et al*, 1990; Cáceres, 1999).

La DL₅₀ de un extracto de hojas administrado a ratas, por vía oral fue de 360 mg/kg, mientras que la DL₅₀ administrada por vía intraperitoneal en ratón fue de 1.7 g/kg; no se observó ningún signo externo de toxicidad al administrarse durante siete días, ni causó la muerte de ratones después de administrar una dosis oral única de 10 g/kg; la decocción no presentó genotoxicidad en células germinales de rata macho (Lawrence *et al*, 1997).

La actividad medicinal o tóxica de *P. alliacea* se determina por la dosis suministrada, y aunque a la fecha no se ha reportado toxicidad letal en mamíferos superiores, Hoyos y colaboradores (1992) mencionan que ovejas alimentadas con ésta planta presentaron salivación abundante, así como lagrimación, taquicardia, diarrea, y finalmente, se vieron imposibilitadas en coordinar los movimientos en algunos miembros de su cuerpo de manera voluntaria.

Kubec *et al*. (2003), reportan que el olor aliáceo de *P. alliacea* se debe a los sulfuros y un benzaldehído, los cuales provocan lagrimación y hasta dolor de cabeza en algunas personas cuando los inhalan.

Ruiz (1972; citado por Kubec *et al*, 2003), reporta que si las vacas se alimentan de *P. alliacea*, éstas se inflaman, presentando gases y eructos frecuentes con olor a ajo y una secreción abundante.

2.2.5. Actividad biocida

Da-Ponte y colaboradores (1996), mencionan que el extracto alcohólico de hojas tiene actividad nematocida contra *Meloidogyne* spp., concluyendo que ésta se debe a algunos derivados de tiofeno.

León y Poveda (2000) reportaron un repelente contra mosquitos con varias plantas en solución etanólica, enfatizando que éste tuvo mayor eficacia en la adición de *P. alliacea*. Y Cáceres (1999) y Lyndon *et al.* (1997) refieren que el aceite esencial de las hojas de dicha planta, obtenido por extracción con éter de petróleo, presentó actividad supresora de la alimentación en la fase larvaria de algunos insectos fitopatógenos (*Attagenus piceus*), actividad insecticida contra insectos adultos de *Cimex lectularius*, *Musca domestica*, mosquitos y actividad repelente contra la polilla de la ropa.

Además Kubec y colaboradores (2003, 2002a y 2001b), reportan compuestos sulfurados aliin/aliicina en *P. alliacea*, los que también han sido identificados en *A. sativum* y a los que se les atribuyen actividad insecticida (Chiam *et al.*, 1999). Por ello se piensa que *P. alliacea* puede combatir a *T. vaporariorum*, ya que esta es una de las plagas más difíciles de combatir en los cultivos hortícolas.

2.3. Características generales de la mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood)

2.3.1. Origen y clasificación taxonómica

Existen alrededor de 1200 especies diferentes de moscas blancas, las cuales son plaga de un gran número de cultivos, entre los que se encuentran las hortalizas, principalmente; se cree que su origen es de las zonas tropicales o subtropicales, probablemente de Brasil o México (Jensen y Rorabaraugh, 2000).

Réaumur en 1736 fue el primero en describir a la mosca blanca, aunque la colocó erróneamente como *Aleyrodes proletella* en el orden Lepidoptera; y Latreille en 1795, la colocó correctamente en el orden Homoptera (Byrne y Bellows, 1991).

En el año de 1900, Quaintaince resolvió muchos problemas taxonómicos de las moscas blancas de Norte América, y en 1904 Bemis describió 62 especies; por este tiempo Loyd publicó un reporte de la biología de *T. vaporariorum* (Byrne y Bellows, 1991).

Así, de acuerdo con Moreno (1997), la clasificación taxonómica de *T. vaporariorum* es la siguiente:

Phyllum:	Artropoda
Subphyllum:	Atelocerata
Clase:	Insecta
División:	Exopterygota
Orden:	Homoptera
Suborden:	Sternorrhyncha
Familia superior:	Aleyrodidae
Familia:	Aleyrodidae
Subfamilia:	Aleyrodinae
Genero:	<i>Trialeurodes</i>
Especie:	<i>vaporariorum</i> W.

2.3.2. Importancia en la producción hortícola

La mosca blanca es una de las plagas de mayor importancia en el cultivo de hortalizas (Simmons *et al.*, 2000), pues se registra una gran cantidad de pérdidas por su causa (Thompson, 2002; Liu y Stansly, 2000; Jiang *et al.*, 2000; Byrne y Bellows, 1991). Cuando se hospeda en la planta produce muchas anomalías en ella, pues al alimentarse de su savia, la desequilibra fisiológica y morfológicamente dándole un aspecto raquítico y bajando su producción; además, posteriormente a su instalación le suceden colonizaciones de hongos, que truncan su actividad fotosintética ocasionándole malformaciones y en ocasiones la muerte, por lo que se tiene disminución en el rendimiento de hasta el 50%, y por ende, pérdidas económicas (Byrne y Bellows, 1991).

Ello motiva al empleo de un elevado número y variedad de aplicaciones de pesticidas a los cultivos (Arnal y Ramos, 2000; Byrne y Bellows, 1991), afectando principalmente la salud de quien aplica los pesticidas y de quien consume los productos contaminados por los residuos de los agroquímicos.

2.3.3. Distribución en México

La mosca blanca se encuentra en México desde 1920, en los estados de Chiapas, Oaxaca, Veracruz, Guerrero, Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Durango, Coahuila (Región Lagunera), Michoacán, sur de Tamaulipas, Puebla, Morelos, Hidalgo y Estado de México, entre otros (Ortega, 2001; Montealegre, 1996; Anónimo, 1992).

Desde 1981, las estimaciones de pérdidas por virosis en varios estados han alcanzado el 100%, por lo que los productores en ocasiones se ven obligados a rastrear sus cultivos; situación que ha provocado el abandono de la actividad agrícola o la sustitución de esos cultivos por otros más resistentes, aunque menos remunerativos (Ortega, 2001).

Como puede apreciarse, el hábitat favorable de la mosca blanca son las zonas tropicales de nuestro país, ya que éstas zonas le brindan un clima propicio para su desarrollo y reproducción, sin embargo, se ha reportado que *Bemisia argentifolii* se ha adaptado a zonas templadas frías, causando también estragos en los cultivos de estas regiones.

2.3.4. Ciclo biológico

El ciclo de vida de *T. vaporariorum*, llamada comúnmente mosca blanca de los invernaderos (Ortega, 2001; Jensen y Rorabaraugh, 2000), se muestra en la Figura 2.

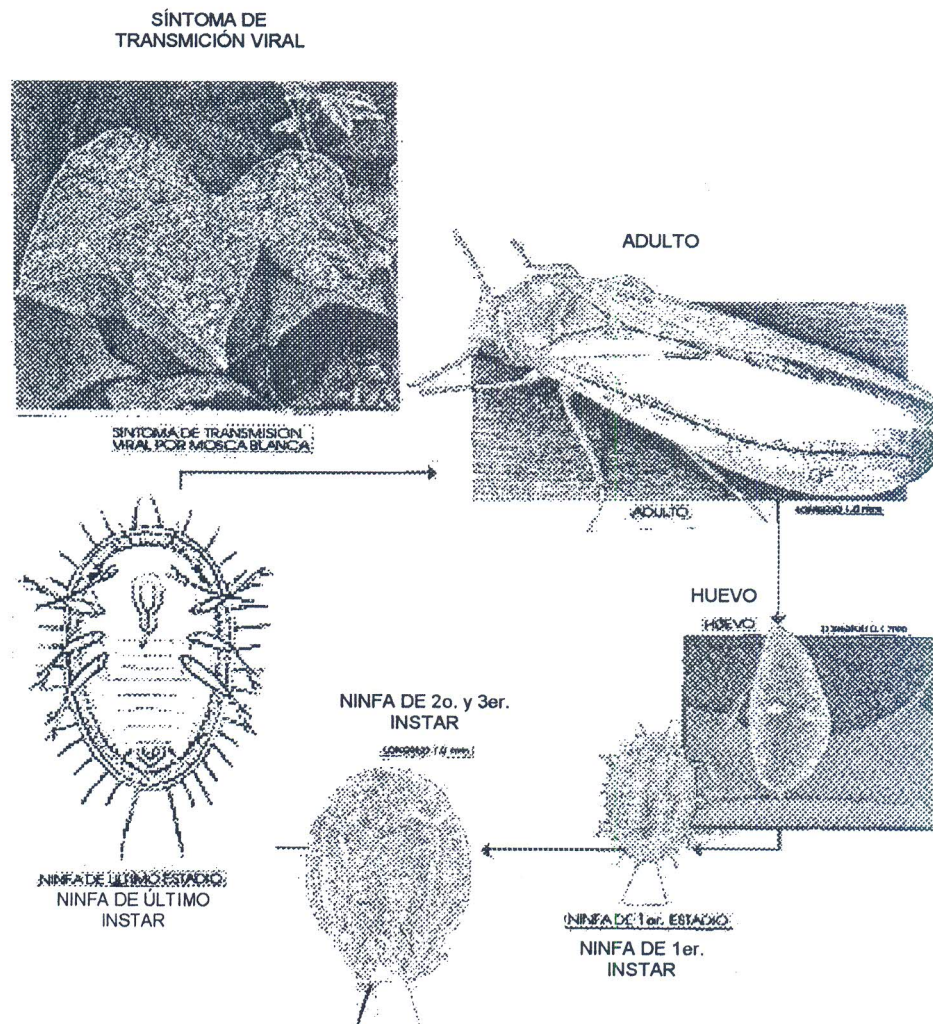


Figura 2. Ciclo biológico de *T. vaporariorum*

(Fuente: Jensen y Rorabaraugh, 2000)

A continuación se describe cada una de las etapas de su desarrollo:

- Las hembras depositan sus huevecillos de manera vertical en el envés de las hojas. Al principio los huevos son verde pálido y de forma oval, con un diámetro cercano a los 0.18 mm; a partir del primero o segundo día los huevos se tornan castaño oscuro.
- Cuando termina el desarrollo del huevecillo, se rompe por la parte apical y emerge una ninfa en forma de escama. La ninfa (0.3- 0.7mm) se mueve por corto tiempo para seleccionar un punto de alimentación, en donde se instala y pierde sus patas.
- Después de que la ninfa inicia su alimentación, pasan otros tres instares (etapas) ninfales de desarrollo (en cada caso de mayor tamaño), hasta transformarse en el adulto que conocemos, en el cual se aprecia una capa de cera que cubre su cuerpo; ésta cubierta está constituida por una mezcla de ésteres (C_{40} - C_{48}), alcoholes (C_{32-34}), aldehídos (C_{32-34}) y carbohidratos (Neal *et al*, 1994).
- En la última etapa ninfal, los ojos de color rojo del adulto y el cuerpo amarillo son evidentes. Aquí es cuando pueden observarse características morfológicas peculiares entre las distintas especies, pues ya de adultas son muy parecidas entre ellas, p.e. *T. vaporariorum* presenta protuberancias

delgadas alrededor de su cuerpo (cilios) y tiene forma de almohadilla, cosa que *Bemisia tabaci* no presenta, ya que ésta es aplanada y sin cilios.

- Diez horas después de la emergencia, los machos adultos están listos para iniciar el cortejo, copulando varias veces. Las hembras presentan mayor longevidad.
- El ciclo de vida de huevecillo a adulto puede completarse en dos a tres semanas en climas calientes, pudiendo transcurrir hasta dos meses en climas fríos. Las mosquitas blancas no pueden invernar, pero los huevecillos en el invernadero pueden sobrevivir alrededor de cinco días a temperaturas menores de -6 °C.

El número de huevecillos depositados varía desde 48 hasta 500, de los cuales las dos terceras partes serán hembras, según la especie, las condiciones ambientales y las características de la planta hospedante.

Pueden presentar de 11 a 15 generaciones al año, con reproducción predominantemente sexual, aunque pueden reproducirse también por partenogénesis (Ortega, 2001; Ortega y Rodríguez, 1995; Byrne y Bellows, 1991).

2.3.5. Eclosión

Según Byrne y Bellows (1991), con temperaturas constantes e inferiores de $29.5 \pm 0.6^{\circ}\text{C}$ y un fotoperíodo de 14:10 LD se tiene una emergencia del 90% entre las 6:00 y 9:30 horas, sin observar emergencia a los $17 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$, en donde se observó que *T. vaporariorum* y *Bemisia tabaci* eclosionaron aproximadamente a las 4:10 horas, a los 27°C .

Jauset *et al* (1998) mencionan que la humedad relativa no afecta directamente la eclosión, pero si la temperatura, ya que en el rango de $15\text{-}20^{\circ}\text{C}$ observaron una eclosión del 62-81%, y a los 35°C el porcentaje fue de 92–98%, reduciéndose hasta 59% a los 40°C .

2.3.6. Hábitos de oviposición

Los hábitos de oviposición son diferentes entre las distintas especies (Cuadro 2), por ejemplo, algunas moscas blancas arreglan sus huevos en forma de arco o círculo, insertando su boca para permanecer en esa posición (Byrne y Bellows, 1991).

Cuadro 2. Hábitos de oviposición de varias especies de mosca blanca

Especie	Hábitos de oviposición
<i>Aleurocanthus woglumi</i>	Arregla sus huevos en forma de espiral.
<i>Aleurothrixus floccosus</i>	Oviposita de forma circular.
<i>Bemisia tabaci</i>	Deposita algunos huevos sobre la hoja, en donde emergen los nuevos adultos.
<i>Parabemisia myricae</i>	Se limita a ovipositar en las hojas jóvenes de los cítricos, en la parte inferior de la hoja, hasta sobre los márgenes de esta.
<i>Paraleyrodes</i> sp.	Oviposita de forma circular.
<i>Tetraleurodes stanfordi</i>	Coloca sus huevos en ambos lados de la hoja.
<i>Trialeurodes vaporariorum</i>	Oviposita de manera circular sobre hojas glabras, aunque abandona el patrón en hojas pubescentes.

Fuente: Ortega, 2001; Ortega, 1996; Byrne y Bellows, 1991.

Los sitios preferenciales de las hembras son las hojas jóvenes de sus hospederas, y la máxima oviposición en la vida del adulto se presenta en la primera semana de que emerge (Ortega, 1996). Después de una alta explosión demográfica, las moscas colocan sus huevos en las hojas jóvenes y maduras, en el envés y en el haz de la hoja, y hasta en el tallo, sin distinción de lugar, sólo colocan sus huevecillos.

2.3.7. Daños que causa al alimentarse y excretar

Las actividades metabólicas de excreción y alimentación de las moscas blancas son dañinas para las plantas hospederas, pues las moscas al alimentarse del floema causan daños severos al sustraer los nutrimentos de la planta, ya que extraen principalmente aminoácidos (como la glutamina) y azúcares de transporte, p. e. glucosa y sacarosa, entre otros, nutrimentos que dan vigor y desarrollo a la planta (Byrne y Bellows, 1991).

Las moscas impiden que estos nutrimentos lleguen a los órganos de crecimiento al extraerlos, por lo que la planta se debilita o muere. Éstas actividades ocasionan amarillamiento en las plantas deteniendo su crecimiento, e incluso la secreción de mielecilla que es producto del metabolismo del insecto se convierte en sustrato de varias especies de hongos, llamados comúnmente fumaginas, que truncan la actividad fotosintética, reduciendo el vigor de la planta, malformándola y volviéndola susceptible a enfermedades (Ortega, 2001; Schuster, 1997; Byrne y Bellows, 1991).

También transmiten patógenos causantes de enfermedades, actuando como vectores de virus (principalmente geminivirus, carlavirus, potyvirus, begomovirus, entre otros).

Tienen la capacidad de transmitir más de 30 agentes causales de enfermedades, que se caracterizan por inducir un severo amarillamiento, achaparramiento, mosaico y rizado de las hojas, además de promover el aborto de flores y causar deformaciones en el fruto, por los cambios bioquímicos que se suceden a la penetración de los virus en el floema (Thompson, 2002; Ortega, 2001; Liu y Stansly, 2000; Jiang *et al.*, 2000; Schuster, 1997).

La transmisión de virus es de tipo persistente o semipersistente. En circunstancias óptimas la mosquita blanca adquiere el virus en cinco minutos de alimentación de una planta enferma, y sólo se necesitan entre cuatro a 24 horas de periodo de latencia para infectar una planta sana, con sólo alimentarse de ella durante 5 a 60 minutos, según el tipo de virus.

Cualquier estadio ninfal que porte al virus puede conservarlo hasta el estado adulto, pero no hay transmisión madre-descendencia (Thompson, 2002; Ortega, 2001; Liu y Stansly, 2000; Jiang *et al.*, 2000; Schuster, 1997).

En tomate se utiliza un parámetro de densidad poblacional de infestación entre 1 y 1.5 ninfas/planta durante el trasplante y floración, respectivamente, aunque dependiendo de la edad de la planta, pueden soportar el daño directo de más de 50 adultos/planta, ya que con una población mayor se presentan problemas fisiológicos y morfológicos (Schuster, 1997).

Entre las enfermedades causadas por las mosquitas blancas se encuentran: mosaico dorado del frijol, chino del tomate, enrollamiento foliar de la calabaza, atigrado del Chile, acaparamiento de la papa, mano de chango en sandía, hoja plateada en cucurbitáceas, maduración irregular en tomate y la venación amarilla del pepino (Ortega, 2001).

2.3.8. Evolución y resistencia

La mosca blanca se alimenta de un sin número de plantas, tanto cultivadas, como silvestres, por lo que se le denomina polífaga (Ortega, 2001; Chu *et al.*, 2000; Byrne y Bellows, 1991).

Brown *et al* (1989 ; citados por Ortega, 1996; Ortega *et al.*, 1999) señalan algunos factores, como específicos responsables de la evolución de la mosca blanca, entre los que sobresalen su aptitud polífaga, seguido del desarrollo de resistencia causada por el empleo indiscriminado de insecticidas y la eliminación de sus enemigos naturales.

La aplicación insecticida contra la mosquita al utilizar los químicos como van saliendo al mercado, en lugar de controlar la población han favorecido su disparo demográfico. Al aumentar dosis y número de aplicaciones, e incluso recurrir a la mezcla de productos con la idea de obtener un control más satisfactorio, lejos de solucionar el problema lo ha agravado pues ha influido en el desarrollo de resistencia múltiple (Ortega, 1996; Lagunes y Rodríguez, 1989).

Aunado a lo anterior, se sabe que en la mayoría de las regiones agrícolas del país se han realizado aplicaciones simultáneas de insecticidas de diferente grupo toxicológico en lotes adyacentes, seleccionando diferentes mecanismos de resistencia, de manera que la población de mosquitos se ha sometido a insecticidas distintos como si se tratara de una mezcla, lo que ha provocado el desarrollo de una resistencia múltiple, ocasionando que muchas de las veces los insecticidas sean inefectivos (Lagunes y Rodríguez, 1989).

Georghiou y Taylor (1986), mencionan que la resistencia no evoluciona a la misma velocidad en todos los organismos que se someten a la misma presión de selección, porque la resistencia se puede manifestar mayormente en algunas especies, en otras más lenta y en otras ni siquiera se desarrolla, debido a la influencia de muchos factores que inciden en la velocidad de la evolución, por ejemplo, los factores ligados a la genética de la resistencia, biología-ecología de la población y a las operaciones de control llevadas a cabo.

Por lo que se puede asumir que la resistencia es desarrollada con mayor efectividad en insectos con alta fecundidad, tiempo generacional corto y exposición prolongada a los insecticidas.

Puede aseverarse que la resistencia es un fenómeno hereditario, y por lo tanto, transmitido de generación en generación (Georghiou, 1972; citado por Ortega, 1996), en donde la velocidad a la cual la resistencia es desarrollada, depende

grandemente de la frecuencia inicial, número, dominancia e inmigración de genes (Georghiou y Taylor, 1986).

En el panorama hereditario de resistencia se aprecia que en la mayoría de las poblaciones de insectos hay bastante variabilidad genética y conforme se expone a la población a algún insecticida, se incrementa la frecuencia de genes de resistencia, cuando se van muriendo los individuos susceptibles, por lo que bajo presión alta y continua, el gene de resistencia puede fijarse en la población, de modo que es posible mantener una resistencia estable aún sin presión de selección (Ortega, 1996).

Georghiou y Taylor (1986), señalan que la resistencia puede ser más veloz si la frecuencia inicial de genes es alta, sin embargo, si la población es pequeña, es difícil sostener un crecimiento positivo, quizá por la imposibilidad de encontrar pareja. De cualquier manera, el número de generaciones por año es correlacionado de manera positiva con el tiempo que tarda en aparecer la resistencia.

La mosquita blanca presenta de 11 a 15 generaciones por año, por lo que es de esperarse un nuevo tipo de resistencia (Ortega, 2001; Ortega y Rodríguez, 1995; Byrne y Bellows, 1991), en donde el tiempo de resistencia puede alargarse si la presión de selección no es muy fuerte o si la frecuencia inicial de genes es extremadamente baja (Ortega, 1996).

Taylor y Georghiou (1977; citados por Ortega, 1996), sostienen que un factor de gran influencia en la evolución y resistencia de la mosca blanca es la inmigración de individuos sobrevivientes a la selección.

2.3.8.1. Factores que contribuyen en su resistencia

El ciclo biológico y la ecología poblacional en una plaga puede alterar drásticamente la respuesta de selección, con respecto a la resistencia, siendo así por lo que a mayor número de generaciones por año, más pronta será la evolución de resistencia, esto porque las poblaciones con mayor potencial reproductivo soportan mayor carga sustitucional, pudiendo soportar una presión de selección más intensa (Georghiou y Taylor, 1986).

Una gran variabilidad de plantas hospederas, que sirven a la mosca blanca de refugio, alimentación y reproducción, es otro de los recursos indispensables para que esta plaga persista en su evolución, convirtiéndose así en un obstáculo para su manejo en los cultivos.

Aquellos factores que tienen que ver con el tiempo, tipo, dosis y fórmula de los productos a aplicar, así como la residualidad con respecto a la población plaga de la cual se trate, son los que promueven la resistencia de la mosca blanca (Georghiou y Taylor, 1986), sobre todo si se llevan a cabo inadecuadamente.

Por ejemplo, de manera práctica y con mucha regularidad, si se nota que un insecticida ya no es tan efectivo como en un inicio y se supone que la plaga se ha hecho resistente a él, lo primero a lo que se recurre es a elevar la dosis y la frecuencia de aplicaciones, o a utilizar mezclas sin acreditación técnica, favoreciendo con ello la resistencia y por ende los costos de producción, que desestabilizan la economía del productor (Ortega, 2001; Lagunes y Rodríguez, 1989).

Georghiou (1972; citado por Ortega 1996) declara que el grado y desarrollo de resistencia, muestra una correlación positiva con el número de generaciones sujetas a presión de selección (esto sucede con la aplicación de pesticidas). A lo que explica: para que exista un desequilibrio de resistencia en la plaga, tienen que sobrevivir muy pocos individuos resistentes después de la aplicación inicial, cosa que sólo ocurrirá si la frecuencia inicial del alelo de resistencia es baja o si el tamaño total de la población es pequeño.

Esto se constata con los estudios que hicieron Omer y colaboradores (1993; citados por Ortega, 1996), al demostrar que la resistencia a insecticidas en *Bemisia tabaci* "B", fue significativamente mayor en aquellas áreas donde se habían utilizado frecuentemente productos para el control de dicha plaga.

Se presume que la clase de insecticidas y el mecanismo de resistencia involucrado son elementos importantes de considerar en la tasa de desarrollo de la resistencia. Por lo que puede aseverarse que el uso de insecticidas de

elevada residualidad en el ambiente acelera el desarrollo de resistencia, debido a que los remanentes de los mismos persisten seleccionando a la población en las generaciones siguientes y a los insectos inmigrantes, efecto menos acentuado en los insecticidas menos duraderos en el ambiente (Georghiou y Taylor, 1986).

Generalmente hay algún tipo de resistencia cruzada entre insecticidas de la misma clase, lo que está íntimamente relacionado con el mecanismo de resistencia involucrado, por lo que el uso de dosis subletales también ha contribuido a la rápida multiplicación de la mosca blanca (Prabhaker *et al.*, 1992; Ortega, 1996).

2.3.9. Estrategias de manejo para combatirla

Por todos los elementos involucrados que ayudan a la resistencia de la mosca blanca, pareciera que es inevitable la evolución y expansión de ésta, pero si se siguen algunas tácticas de manejo de la resistencia que reduzcan esos elementos de selección, el control de ésta plaga será más certero (Georghiou, 1987; citado por Ortega, 1996).

Medidas de manejo:

- i) Reducir dosis y frecuencia de aplicación en insecticidas.

- ii) Evitar insecticidas de prolongada permanencia en el ambiente y formulaciones de liberación lenta.
- iii) Precaver tratamientos que causen selección simultanea en las distintas etapas de desarrollo de la plaga.
- iv) Realizar el manejo por ataque múltiple, mediante una selección multidireccional a través del uso de mezclas, rotaciones e insecticidas no relacionados o utilizar insecticidas que tengan actividad en varios sitios de acción.
- v) E incorporar métodos biológicos y culturales en un manejo integral de plagas.

Para combatir a la mosca blanca es necesario llevar acabo estrategias de técnicas de manejo integral de plagas, así como la organización productor-autoridad-investigador-técnico (Ortega, 2001; Ortega *et al*, 1999; Ortega, 1996).

Las técnicas deben basarse en las acciones de interferencia, distracción, repelencia y supresión en donde es preciso tomar en cuenta que:

1. La interferencia se orienta a evitar el contacto entre el insecto y la planta.

2. La distracción se refiere al establecimiento de cultivos trampa.
3. La repelencia, consiste en utilizar sustancias u otros materiales que induzcan reacciones de alejamiento en el insecto, y por último...
4. La supresión radica en la eliminación de la plaga mediante biocidas como hongos entomopatógenos, parasitoides y depredadores, jabones, aceites, extractos vegetales e insecticidas sintéticos, entre otros.

Como ya se mencionó, por la gran cantidad de plagas y enfermedades que se presentan en los diversos cultivos, uno de los mayores problemas es el exceso en la aplicación de pesticidas químicos (Orozco, 1998). Por lo que es preciso aumentar el uso de extractos vegetales con propiedades insecticidas, ya que este ámbito abre aún más la vertiente para producir sanamente y estar en equilibrio con el ambiente.

2.4. Características generales del tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller)

2.4.1. Origen y clasificación taxonómica

El tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) es originario de América (Jones, 1999; Seyrnour, 1980; Tiscornia, 1979) y según Tiscornia (1979), el vocablo deriva del

azteca “*tomatl*”. Fue introducido en Europa en el siglo XVI como planta ornamental, debido a que algunas solanáceas son venenosas y su cultivo se inició en Inglaterra en 1880 (Hemphill, 2002; Jensen y Rorabaraugh, 2000; Jones 1999; Raymond, 1985).

Pertenece a la familia de las solanáceas, género *Lycopersicon*, con dos subgéneros: *Eulycopersicon*: con dos especies, *L. esculentum* y *L. pimpinellifolium* y *Eriopersicon*: con cuatro especies, *L. peruvianum*, *L. chilense*, *L. glandulosum* y *L. hirsutum*.

Presenta diversidad en cuanto a su hábitat, y se le puede encontrar tanto en climas cálidos, como fríos; el mejor clima para su cultivo es el cálido semiseco (Jones, 1999; Valadéz, 1989), es susceptible a las bajas temperaturas y a la alta humedad ambiental (Uribe, 1994; Ochoa, 1985; Tiscornia, 1979), de manera silvestre es una herbácea perenne y en cultivo es semipermanente (Turchi, 1987; Seymour, 1980).

2.4.2. Descripción botánica

Es una planta herbácea anual, pubescente, semileñosa, de 0.5 a 1 m de altura; existen variedades de porte indeterminado, tiene hojas dimorfas y flores amarillas agrupadas en racimos, su fruto es una baya globosa, lisa, comprimida en la base, con costillas en algunas variedades y perfectamente esférica en

otras. La baya contiene un gran número de semillas aplanadas reniformes (Martínez, 2002; Jones, 1999).

2.4.3. Importancia social y económica

El cultivo del tomate es muy importante, ya que es un producto de amplio consumo gastronómico por el grado de aceptación que tiene en las diversas culturas del mundo, hecho que evidencia su segundo lugar como producto hortícola en el consumo mundial (Jones, 1999). Se le puede encontrar de varias formas en la dieta humana, ya sea fresco, en ensaladas, asado, horneado, relleno, frito, en salsa, picado, industrializado en salmuera, en jugo o en puré (Anónimo, 1998; Anónimo, 1996).

En el territorio nacional, el cultivo del tomate tiene arraigo tradicional, cuyo consumo es cotidiano y sin duda alguna, el tomate es la aportación vegetal de México más difundida en el mundo (Anónimo, 1998). Es una de las hortalizas con mayor superficie cultivada en nuestro país, y dada la importancia económica del cultivo se han dedicado considerables recursos a investigar la obtención de nuevas variedades (Valadéz, 1989; Raymond, 1980).

En 1997 se logró una producción nacional de casi dos millones de toneladas, con lo cual el tomate mantuvo su tendencia histórica creciente. Del total nacional, cinco estados aportaron aproximadamente el 73% de la producción, siendo Sinaloa el estado con mayor volumen alcanzado y el mayor productor de

tomate a nivel nacional con 669 mil toneladas en 1997, seguido por Baja California, Michoacán, San Luis Potosí y Sonora (Anónimo, 1998).

Los volúmenes producidos en nuestro país le permitieron ocupar un tercer lugar a nivel mundial como exportador de esta hortaliza, con volúmenes cercanos a 628 mil toneladas promedio anuales durante 1993 a 1997, en su gran mayoría con destino al mercado más cercano Estados Unidos y Canadá (Anónimo, 1999; Anónimo, 1998; Anónimo, 1996).

Así, para el año 2002 la producción total fue de más de dos millones de toneladas en una superficie cosechada de 69 mil hectáreas, ocupando el primer lugar en producción el estado de Sinaloa (Anónimo, 2002).

2.4.3.1. Importancia económica del tomate en invernadero

Dado el comportamiento reciente de las importaciones de Estados Unidos de Norteamérica (EUA), se considera que el tomate en invernadero resulta ser un producto con importante potencial de exportación. El 99% de las exportaciones mexicanas de este producto se destinan a dicho país, y son equivalentes a 225 millones de dólares (mdd) para el 2002.

Las tendencias en las exportaciones de tomate en invernadero fueron las más dinámicas (con tasas anuales de crecimiento superiores al 20% en los últimos

18 meses, entre el 2001 y 2002), alcanzando valores de más del doble con respecto a los precios del tomate fresco cultivado a cielo abierto (Figura 3).

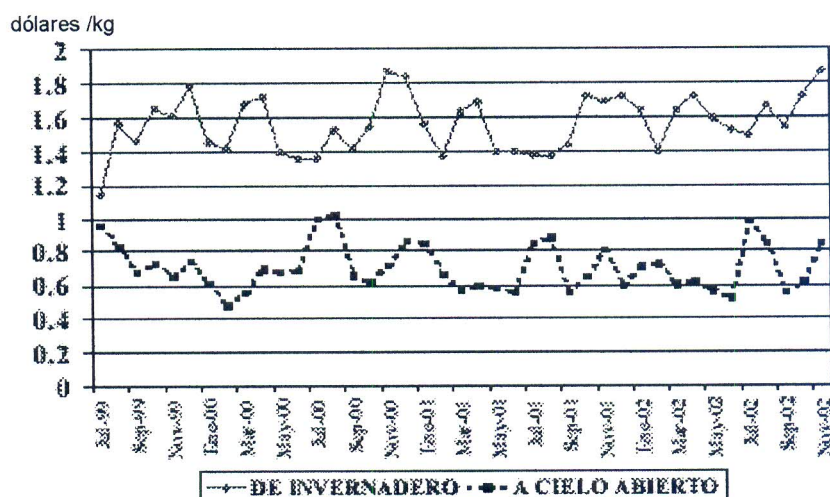


Figura 3. Precio medio de importación de tomate en EUA
(Fuente: Agoitia, 2003)

Por lo que el tomate de invernadero llegó a registrar en EUA, precios medios de importación de 1.51 a 1.60 dólares/kg, mientras que el tomate fresco cultivado a cielo abierto se cotizó de 0.56 a 0.76 dólares/kg (Agoitia, 2003).

México ha incrementado su penetración como proveedor de las importaciones de EUA de tomate en invernadero al pasar de un 13% en 1999 a un 29% en el 2002, en donde se estima que las exportaciones de México a EUA en ese año resultaron superiores a los 50 mdd.

Lo anterior obedece a un cambio paulatino de gustos y preferencias del consumidor estadounidense, quien con el propósito de mejorar su alimentación,

orienta su consumo hacia aquellos productos de mayor calidad, es decir, mejor valor nutritivo y menos exposición a pesticidas y conservadores, entre otros factores (Agoitia, 2003), por lo que las importaciones estadounidenses de productos en invernadero son cada vez mayores.

Siendo por ello, que el consumo de tomate fresco en invernadero muestra una tendencia a la alza a nivel mundial. El volumen de las importaciones estadounidenses de tomate en invernadero han mostrado un crecimiento medio anual de 102.3% entre 1999 y 2001, y en el primer semestre del 2002 su ubicación es del 21% por arriba del volumen importado durante enero-junio del año anterior (Figura 4). En términos de valor, las importaciones americanas han crecido entre 1999 y 2001, a una tasa media anual de 200%.

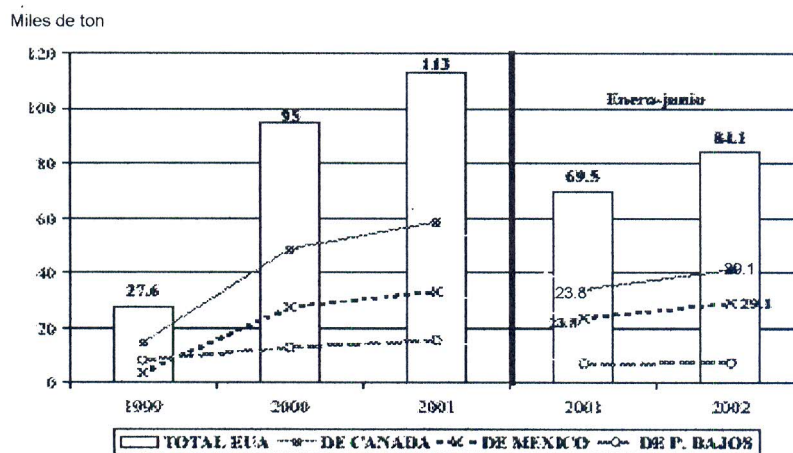


Figura 4. Importaciones estadounidenses de tomate producido en invernadero
(Fuente: Agoitia, 2003)

Es importante resaltar que los principales períodos de producción del tomate en invernadero se obtienen durante los meses de primavera y otoño. Aunque para

el beneficio mexicano, cabe señalar que productores canadienses se han establecido y asociado con mexicanos, para desarrollar el cultivo de invernadero en nuestro país, lo cual ha elevado exitosamente la producción mexicana, al desplazar a los Países Bajos como un tercer proveedor de las importaciones norteamericanas.

A partir de estas inversiones en el cultivo de tomate, nuestro país logró entre 1999 y 2001 incrementar significativamente sus ventas a EUA, de 4.3 mdd a 40.1 mdd (Figura 5).

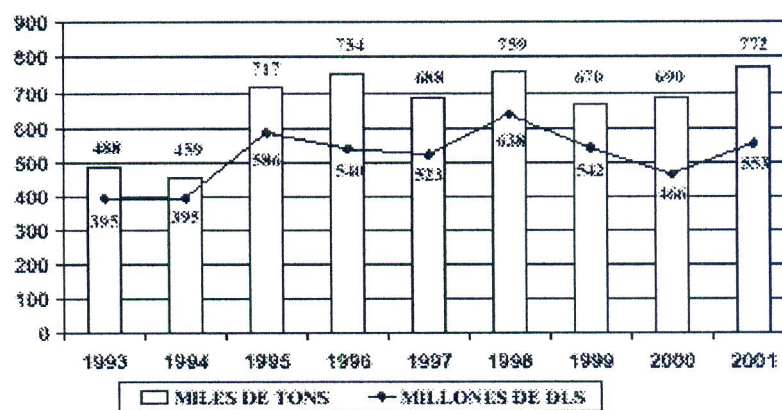


Figura 5. Exportaciones mexicanas de tomate a EUA
(Fuente: Agoitia, 2003)

Por otro lado, las importaciones de tomate que realiza la Unión Europea (UE) han representado en los últimos años una cuarta parte de la demanda estadounidense (UE: 207 mil toneladas vs EUA: 824 mil toneladas, en 2001), ya que el principal proveedor de tomate en esta entidad es Marruecos, seguido por Israel.

La participación de México en este mercado ha sido marginal y nula a partir del 2000, ya que localmente los proveedores de la UE son los Países Bajos, España e Italia (Agoitia, 2003).

2.4.4. Importancia nutrimental

Actualmente, el tomate es la hortaliza más consumida, tanto en fresco como en conserva (Jensen y Rorabaraugh, 2000; Anónimo, 1999; Turchi, 1987); es rico en vitaminas y en el caso específico del tomate cultivado en condiciones de hidroponia, éste cuenta con alto porcentaje de azúcares y una menor cantidad de fibra bruta (bagazo), un mayor contenido de carotenos, ácido ascórbico y tocoferoles (Anónimo, 2001a), que son parte esencial de una alimentación balanceada (Cuadro 3).

2.4.5. Plagas y enfermedades

Anónimo (1981; 1999), mencionan que las enfermedades más comunes del tomate son las siguientes: tizón temprano (*Alternaria solani*), tizón tardío (*Phytophthora infestans*), pudriciones radicales (*Phytium sp*), ahogamiento de la base (*Rhizoctonia solani*).

Y las plagas más comunes son las siguientes: gusano del fruto (*Heliothis virescens*), gusano soldado (*Spodoptera exigua*), minador de la hoja (*Melanogromiza sp.* y *Lyriomyza sp.*), trips (*Frankliniella occidentalis*) mosca

blanca (*Trialeurodes vaporariorum* West., *Bemisia tabaci* y *B. argentifolii*) (Anónimo, 1999; 1981).

Cuadro 3. Análisis nutrimental del tomate

Componentes	Contenido nutrimental (en 100g)	Valores diarios recomendados (para 2000 calorías)
Calorías	23.65	
Azúcares	2.7 g	
Carbohidratos totales	4.73 g	300 g
Fibra dietética	0.68 g	25 g
Grasa total	3.38 g	66 g
Proteína	0.68 g	
Calcio	8.78 mg	162 mg
Fósforo	18.24 mg	125 mg
Hierro	27.03 mg	18 mg
Niacina	0.41 mg	20 mg
Potasio	164.86 mg	3500 mg
Sodio	3.38 mg	2400 mg
Vitamina A	1148.65 IU	5000 IU
Vitamina C	14.19 mg	60 mg
Vitamina B1	0.06 mg	
Vitamina B2	0.04 mg	
Vitamina B3	0.7 mg	

Fuente: Martínez, 2002; Anónimo, 2001a.

2.5. Características generales de la hidroponia

2.5.1. Definición e historia

El termino hidroponia procede de las palabras griegas: *hydros* (agua) y *ponos* (cultivo o labor) (Anónimo, 2001c; Jensen, 1991). El diccionario de la Real Academia Española (Anónimo, 2001b) lo define como cultivo de plantas en soluciones acuosas, con algún soporte como arena y grava, entre otros sustratos inertes; y se fundamenta en la aplicación práctica de la teoría de la nutrición mineral de los vegetales (Anónimo, 1995).

Hace más de 1000 años se practicaba la hidroponia empíricamente en China y en la India. En 1699 John Woodward, un miembro destacado de la Real Sociedad de Inglaterra, consiguió cultivar, tras muchos experimentos, una planta de menta en agua con mejores resultados que en tierra (Anónimo, 2001a).

Rodríguez (1989) y Jensen (1991) mencionan que a nivel científico, en 1600 el belga Jan Van Helmont demostró que las plantas obtienen sustancias del agua. Sin embargo, es importante recordar que ya existían los cimientos en Babilonia con sus jardines colgantes, con los aztecas y sus chinampas, al igual que la China Imperial, aunque se sabe que también los egipcios cultivaban de forma similar.

De manera práctica su aplicación dio inicio en 1925 con la industria de los invernaderos, y su desarrollo extensivo se prolongó hasta 1935. Posteriormente, con el desarrollo de los plásticos los cultivos en hidroponía crecieron, porque ya no requerían construcciones tan costosas con hormigón y vidrio (Ochoa, 1985).

Así, los años pasaron, mientras los investigadores continuaban sus estudios, haciendo grandes aportes al progreso de la nueva técnica de cultivo, y en 1929-1930 el científico estadounidense William F. Gericke, de la Universidad de California, instaló unidades de cultivo sin tierra al aire libre con fines comerciales, logrando un éxito sin precedentes hasta entonces. Éste científico fue el que acuñó el término de hidroponía (Anónimo, 2001a; Jensen, 1991).

La técnica se difundió rápidamente en Estados Unidos y Europa, y al estallar la segunda Guerra Mundial los ejércitos norteamericano e inglés instalaron cultivos hidropónicos en sus bases militares para alimentar a las tropas en esos años (Anónimo, 2001a; Jensen, 1991).

2.5.2. Cultivo de tomate en hidroponía

En los últimos 25 años, en Estados Unidos y Europa, los cultivos hidropónicos han sido desarrollados conjuntamente con la tecnología de invernaderos (Snyder, 2001), en donde la producción hortícola se ha centrado en los cultivos

de alto precio, como el tomate (Cuadro 4), incrementando la producción por su demanda (Jensen and Rorabaraugh, 2000; Resh, 2000; 1992).

**Cuadro 4. Rendimiento de especies cultivadas
en campo e hidroponia (ton/ha).**

Cultivo	En campo	En hidroponia
Avena	1.12	2.8
Betabel	10	30
Chícharo	2.5	22
Frijol	12	50
Tomate	25 a 30	200 a 700
Lechuga	6 a 10	23
Papa	30	150
Pepino	7 a 10	31 a 35
Soya	0.62	1.75
Trigo	0.67	4.6

Fuente: Anónimo, 2001a; Resh, 2000; 1992.

Esta técnica permite un control absoluto de la nutrición vegetal a través del suministro de minerales en solución (nutrientes preestablecidos) y aunque la inversión inicial es alta, también lo es el precio que obtienen sus productos en el mercado por ser de calidad (Kenneth y Snyder, 2001; Jensen y Rorabaraugh, 2000).

Actualmente la hidroponia es uno de los mejores métodos intensivos de producción agrícola, por lo que es importante precisar sus ventajas y desventajas (Jensen y Rorabaraugh, 2000; Jensen, 1991; Rodríguez, 1989).

Ventajas:

- Existe una reducción de costos de producción en forma considerable.
- Permite obtener cosechas fuera de temporada, ya que es posible acelerar bastante el tiempo de producción, además puede cultivarse la misma especie de cultivo sin necesidad de esperar el tiempo de lluvias o de secas para cosechar.
- Es posible controlar en gran medida la incidencia de plagas y enfermedades, así como recuperar rápidamente la inversión realizada.
- Requiere mucho menor espacio y capital para una mayor producción.
- Se ahorra agua al ser reciclada.

Desventajas:

- Al utilizar invernadero, la inversión inicial es alta.

- Es necesario tener conocimientos de fisiología vegetal en el aspecto de nutrición de las plantas o contar con asesoría técnica, ya que de lo contrario quién desee implementar hidroponía debe documentarse.
- El costo de capital y energía son altos, por lo que es adecuado elegir cultivos con alto valor económico, como lo es el tomate.
- Las camas de cultivo se pueden infectar rápidamente de nemátodos y enfermedades, si se utilizan sistemas cerrados (donde se recicla el agua).

Aparte de poderse cultivar prácticamente en cualquier lugar, los productos que se obtienen en hidroponía son mucho más abundantes y sanos que los del cultivo convencional, aunque quizá lo más importante de la técnica es el altísimo rendimiento de los cultivos en comparación con la siembra tradicional en campo.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Recolecta de *Petiveria alliacea*

El acopio del material vegetal (Figura 6) utilizado para la elaboración de los extractos con los cuales se realizaron las pruebas biológicas de *Petiveria alliacea* L., se hizo al azar en la comunidad de Juan Rodríguez Clara, Municipio del mismo nombre, en el Estado de Veracruz.



Figura 6. Recolecta de *P. alliacea*

Este Municipio se encuentra localizado geográficamente entre las coordenadas 17°59' de latitud norte y 25°24' de longitud oeste, con una altitud promedio de 95 m, y limita con los municipios de Tesechoacán, Playa Vicente, Hueyapan de Ocampo y San Juan Evangelista. Su clima es cálido húmedo, con una temperatura media anual de 24.8°C; lluvias abundantes en verano y principios de otoño, y una precipitación media anual de 1266 mm.

El suelo de la región es de tipo regosol, sin presencia de capas distintas, con tonalidades claras y muy susceptibles a la erosión. Algunos en menor proporción son de tipo gleysol y feozem (Anónimo, 1989).

3.1.1. Certificación del material vegetal

Para la identificación y certificación de la especie, se preparó un ejemplar de herbario (Figura 7), el cual fue certificado por el Dr. Stephen D. Kooch, Coordinador del Herbario CHAPA en el Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México. En éste lugar se depositó el espécimen en calidad de donación.

Posteriormente se preparó otro espécimen de herbario para donarlo al Herbario MEXU de la UNAM, en donde se le asignó el número de registro 1042314.

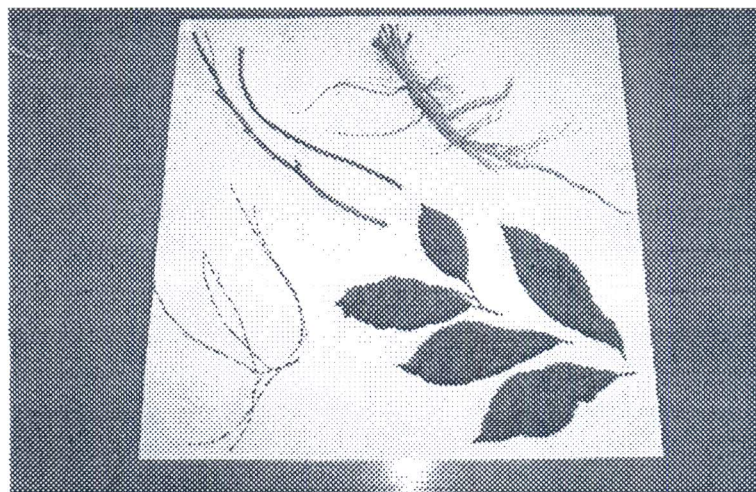


Figura 7. Ejemplar de herbario de *P. alliacea*

3.2. Preparación en laboratorio de la recolecta de *P. alliacea*

3.2.1. Deshojado

Después de la recolecta se procedió a deshojar el material vegetal que aún tenía consigo el tallo o la raíz, esto porque el órgano a utilizar para la preparación de los extractos fue exclusivamente la hoja (Figura 8).



Figura 8. Deshojado de *P. alliacea*

3.2.2. Secado

La eliminación del exceso de humedad de *P. alliacea* se llevó a cabo extendiendo el material vegetal sobre periódicos durante tres semanas, período durante el cual se volteaba diariamente para airearlo (Figura 9).

Esta actividad fue realizada bajo sombra y a temperatura ambiente en el Laboratorio de Investigación del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH).

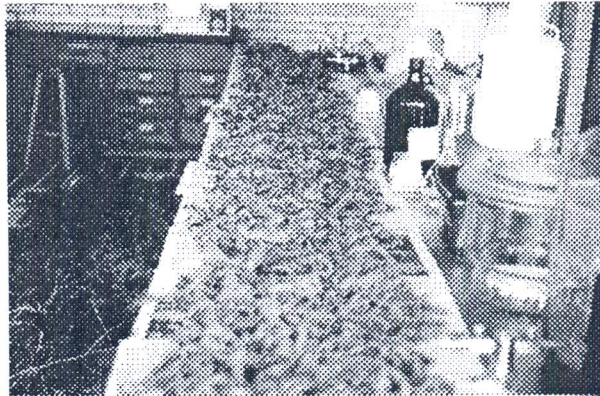


Figura 9. Secado de *P. alliacea*

Posteriormente, se llevó a la estufa de secado Tork® manteniendo una temperatura constante de 50°C, por 6 horas, con la finalidad de eliminar humedad y facilitar la molienda.

3.2.3. Molienda

La molienda (Figura 10) se realizó en el Laboratorio de Ecología del Departamento de Fitotecnia de la UACH, en un molino Thomas-Wiley®, utilizando el tamiz número 4.



Figura 10. Material molido de *P. alliacea*

Una vez molido el material se envasó en bolsas de papel etiquetadas, para almacenarlo a temperatura ambiente en un mueble de madera libre de humedad y sin incidencia de luz solar.

3.2.4. Preparación de los extractos crudos de hoja de *P. alliacea*

3.2.4.1. Extracto acuoso

Se prepararon tres concentraciones: 10, 15 y 20%, agregando 10, 15 y 20 g, respectivamente, de hoja seca y molida en 100 ml de agua destilada para cada concentración; se dejó macerando por 24 h a temperatura ambiente, y una vez transcurrido este tiempo, se filtró y se le agregó el 1% de surfactante (Tween-20®); luego se envasó cada disolución en un atomizador previamente etiquetado y se procedió a la aplicación.