1. INTRODUCCIÓN

La importancia de producir blastosporas de *Paecilomyces fumosoroseus* reside en su eficacia tóxica como agente para el control de diversas plagas que afectan las cosechas agrícolas. Su producción en cultivo líquido es un proceso biotecnológico que puede ser aprovechado por su alta efectividad y su bajo costo en comparación con la producción de esporas en superficies de cultivo sólido y fermentación bifásica. Anteriormente el uso del medio líquido ha demostrado buenos resultados en la producción de *P. fumosoroseus* (Jackson *et al.*, 2004), puesto que produce diversas formas morfológicas como el micelio, las conidios y las blastosporas.

De ahí que este trabajo de investigación se haya propuesto producir blastosporas para probar su efectividad contra *Bemisia argentifolii* (mosquita blanca), usando dos medios de cultivo con diferentes fuentes de nitrógeno. A partir de ello, se pudo comprobar que el medio que emplea una fuente de nitrógeno de bajo costo produce mayor cantidad de blastosporas y tiene mayor efectividad sobre la plaga que el otro medio de cultivo.

En este sentido el biorreactor desempeñó un papel fundamental, puesto que su uso simplificó de forma considerable la producción al tiempo que proporcionó las condiciones óptimas para su propagación. Esto se traduce en tiempos más cortos para la producción de blastosporas y costos más bajos en comparación a una fermentación de sustrato sólido.

Para verificar la efectividad de este hongo entomopatógeno, se realizaron una serie de bioensayos en cultivos de algodón localizados en la Comarca Lagunera de Coahuila que hospedaban de forma natural a *B. argentifolii*, mostrando buenos resultados. Es así que en este trabajo se muestran las cualidades necesarias para producir un nuevo bioinsecticida económico y rápido de producir, que será de gran utilidad a muchos agricultores que sufren grandes pérdidas económicas en su cosecha debido a los daños directos e indirectos provocados por esta plaga.

2. HIPÓTESIS

La formulación de los medios de cultivo contribuyen en la producción y viabilidad de las blastosporas de *Paecilomyces fumosoroseus* a nivel de fermentador, y también en la toxicidad contra *Bemisia argentifolii*.

3. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el control biológico de *Bemisia argentifolii* sobre un cultivo de algodón, con blastosporas de *Paecilomyces fumosoroseus* producidas en dos medios de cultivo M. Jackson y C. Rivas a nivel fermentador de 14 L.

3.1 Objetivos Específicos

3.1.1.- Obtención de blastosporas de *P. fumosoroseus* en dos medios de cultivo:

M. Jackson y C. Rivas.

3.1.2.- Evaluar la sobreviviencia de blastosporas de *P. fumosoroseus* obtenidas a nivel fermentador con dos medios de cultivo.

3.1.3.- Formular las dosis de los extractos obtenidos de los cultivos para su aplicación a nivel de campo.

3.1.4.- Evaluar la efectividad a nivel de campo en un cultivo de algodón (*Gossypium hirsutum* L.), infestado por *Bemisia argentifolii* (Bellows & Perring) con las blastosporas de *P. fumosoroseus* obtenidas en los medios M. Jackson y C. Rivas.

4. ANTECEDENTES

4.1 Hongos entomopatógenos

4.1.1 Generalidades

Los hongos entomopatógenos son microorganismos vivos que producen enfermedades a diferentes órdenes de insectos. Inofensivos al hombre, animales y plantas. En condiciones naturales requieren de humedad, pH y temperatura adecuada para cada especie de hongos.
(http://www.senasa.gob.pe/controlbiologico/especies/hongosentomopatogenos.htm visitada en 2004)

Los hongos entomopatógenos han recibido mucha atención en la ultima década, sobre todo por el gran avance en el conocimiento de la tecnología de producción (Khachatirians, 1986). Y se valoran como enemigos naturales de los insectos y algunas especies se manifiestan causando mortalidades naturales en el campo hasta alcanzar el nivel de epizootia con lo que se consigue el control biológico natural. En el mundo se han registrado aproximadamente 700 especies de hongos entomopatógenos (Hajek, 1993) y de está solo nueve están recibiendo interés comercial por la facilidad que tienen de producir las esporas y formularlas como biopesticidas (Hajek, 1993; Malsam *et al.*, 1997; Bateman, 1995).

4.1.2 Efectividad de Hongos Entomopatógenos

El primer reporte de *Paecilomyces fumosoroseus*, data del año 1904 sin embargo fue detectado en adultos de *Trialeurodes vaporariorum* en Pekín, China hasta 1980 describiéndose como variedad baijingensis. Las características de aislamiento fueron diferentes a la cepa original, después de varios re-aislamientos, hasta que en experimentos realizados por Frang *et al.*, 1985 sobre melón, logro buen control de adultos de este aleyródido en invernaderos, despertando con ello el interés para ser utilizado como agente microbiano (Anómino, 1993).

B. bassiana causo mortalidad del 90.6 % de mortalidad en huevecillos de la mosca blanca de los invernaderos, *T. vaporariorum* 67 % sobre ninfas y 23 % de pupas, presentando diferentes rangos de mortalidad a niveles variados de humedad relativa y temperatura. *B. bassiana, Paecilomyces* spp., *Erynia* sp., *V. lecanii* son entomopatógenos que afectan además a insectos de diferentes grupos (Fransen, 1990).

La efectividad de *B. bassiana* para el control de la mosquita blanca de la hoja plateada, *B. argentifolii,* muestran resultados variables, por ejemplo (Esquivel, 2002) reporta buena efectividad en condiciones de invernadero, mientras que López (1994), demostraron dicha efectividad en condiciones de campo; pero por el contrario López (1994) y Esquivel (2002) reportan baja efectividad. La efectividad de *P. fumosoroseus* para el control de mosquita blanca *B. argentifolii* y *B. tabaci* es variable, Esquivel (2002) en invernadero, García y Gutiérrez 1998 y Osuna-Páez (2003) en condiciones de campo reportan buena efectividad, mientras que Esquivel (2002) y García y Gutiérrez (1998) en condiciones de campo reportan baja efectividad. En el campo, la eficiencia del control biológico por ejemplo de: *P. fumosoroseus* depende de la dispersión, concentración del inóculo, virulencia y viabilidad de las esporas (McCoy, 1974). La dispersión puede ser ayudada por viento, lluvia y movimientos de los mismos insectos. La determinación de la concentración o tamaño mínimo del inóculo es importante para causar infección en el campo. Por lo general, existen diferencias en cuanto a la virulencia y fisiología entre cepas de una misma especie de hongo (Veen, 1967; Gupta *et al.*, 1994) y *P. fumosoroseus* tampoco es la excepción. La permanencia del hongo depende de la reemergencia en el huésped (Tabla I) y producción de conidias o fragmentos de micelio que pueden infectar otros insectos.

Tabla I. Diferencias que ocurren de forma natural en hongos reportado por diferentes autores.

Diferencias	Cita
La variabilidad genética ocurre en forma natural	(Castrillo *et al.*, 1999; St. Leger *et al.*, 1992)
Heterocariosis fúngica	(Roberts y Yendol, 1971)
La Viabilidad de las esporas	(Inglis *et al.*, 1999; McCoy, 1974)
El Crecimiento vegetativo	(Vidal *et al.*, 1997)
Afectación por temperatura y humedad relativa	(Ruiz *et al.*, 1995)
Radiación solar y en especial los rayos UVB (280-320 nm) y UVA (230-400 nm)	(Daoust y Pereira, 1986) (Fargues *et al.*, 1997)
Presencia de metabolitos secundarios, como el catecol y ácido salicílico, en la superficie de las hojas o de la cutícula del insecto	(Vega *et al.*, 1997)

4.1.3 Formas de Utilización y Manejo de Hongos Entomopatógenos

Existen tres formas de utilización de hongos entomopatógenos:
(Lezama-Gutiérrez 2002)

1. Inoculación: Consiste en liberar pequeñas cantidades de un hongo y permitir que sus niveles de inóculo aumenten, conforme se instala en la parcela o región.

2. Conservación: Consiste en conservar y realizar prácticas que permitan aumentar los niveles de inóculo de un hongo, donde ya se encuentra, pero a niveles de bajos de inóculo. Como para lograr disminuir las poblaciones de los insectos.

3. Inundación: Consiste en realizar aplicaciones de grandes cantidades de inóculo sobre una plaga, en la parcela o una región.

4.1.4 Potencialidad de Uso de Hongos Entomopatógenos

Los hongos tienen un amplio potencial para el manejo de plagas en hortalizas y son empleados dentro del contexto de un programa de manejo integrado de plagas, contra mosquitas blancas, diabróticas, pulgones, gallinas ciegas, gusano de alambre y larvas de lepidópteros, integrándolos con otros agentes microbianos, como *Bacillus thuringiensis* u otras especies de hongos.

A la fecha se encuentran en el mercado internacional empresas que tienen en venta formulaciones de hongos (Tabla II).

Tabla II. Productos comerciales de hongos entomopatógenos.

Marca Comercial	Ingrediente Activo	Concentración	Presentación	País ó Región
Specifik	*P. fumosoroseus*	1 x 10^{11} esporas/ha	Polvo	México
BassianiL	*B. bassiana*	1 x 10^{11} conidias por cada 50 g	Polvo	México
Pae-Sin	*P. fumosoroseus*	1.2 x 10^{12} conidias por cada 240 g	Líquida y Polvo	México
Bea-Sin	*B. bassiana*	1.2 x 10^{12} conidias por cada 240 g	Líquida y Polvo	México
Destruxin	*Metarhizium anisopliae*	1 x 10^{10} conidias por cada 50 g	Polvo	Colombia
Mycotrol	*B. bassiana* cepa GHA	2 x 10^{13} conidias	Líquida	E.U.A
Naturalis-L	*B. bassiana*	2.3 x 10^{7} conidias/mL	Líquida (en aceite)	E.U.A
PreFeral	*P. fumosoroseus*	2 x 10^{9} UFC/g	Gránulos dispersables	Francia
Vertalec	*Verticillium lecanii*	5 x 10^{8} esporas/g	Polvo	Inglaterra
Successor	*P. fumosoroseus*	5 x 10^{9} esporas/mL	Líquida	Colombia
Botanigard 22 WP	*B. bassiana*	4.4 x 10^{3} esporas/Kg	Polvo	Centroamerica
Bauveril	*B. bassiana* Cepa laverlam	1 x 10^{11} conidias/ha	Polvo	Colombia

Lo anterior sin olvidar que en China y Rusia se han caracterizado por producir miles de toneladas de formulaciones de polvo de esporas de *B. bassiana*, para el control de plagas agrícolas; de mismo modo, la producción del hongo *V. lecanii* en Inglaterra para el control de mosquitas blancas y pulgones de hortalizas en invernaderos (McCoy, 1990; Feng *et al.*, 1994). Brasil destaca como país pionero en América, donde se multiplica y utilizan a los hongos *B. bassiana, N. rileyi, M. anisopliae*, la bacteria *B. thuringiensis*, nematodos entomopatógenos y virus de la polihedrosis nuclear, para el control de plagas en caña de azúcar, pastos, soya y hortalizas (Ferron, 1978, 1981, 1985; Zimmermann, 1986; Feng *et al.*, 1994; Lacey y Goettel, 1995).

4.1.5 Producción Masiva de Hongos Entomopatógenos en México

Desde 1991 varios estados del país, los productores y los gobiernos estatales se han organizado y han establecido laboratorios destinados a la producción y formulación de hongos, para el control de plagas. Dentro de los hongos que más se producen en el país es *B. bassiana* y es utilizado en le control de la broca del café *Hypothenemus hampei* en Oaxaca (Hernández y Berlanga, 1996).

En la actualidad ya son once los Estados del país donde se producen hongos para el control de plagas de su entidad ellos son Aguascalientes (*B. bassiana, M. anisopliae* y *P. fumosoroseus*); Chiapas (*B. bassiana*); Colima (*P. fumosoroseus*); Guanajuato (*M. anisopliae*); Guerrero (*B. bassiana*); Nayarit (*B. bassiana* y *P. fumosoroseus*); Oaxaca (*B. bassiana*); Sinaloa (*B. bassiana, M. anisopliae, P. fumosoroseus* y *B. thuringiensis*); Tlaxcala (*M. anisopliae* y *B. bassiana*); Veracruz (*B. bassiana, M. anisopliae, P. fumosoroseus* y *M. flavoviride*); Yucatán (*M. anisopliae* y *P. fumosoroseus*). Cada Estado al menos con un laboratorio de producción de hongos (Rodríguez del Bosque y Arredondo-Bernal, 1999).

Las compañías comerciales que fabrican productos de control biológico consideran diferentes aspectos a fin de obtener un producto adecuado (Boyetchko et *al.*, 1998; Lumsden *et al.*, 1995; Stirling, 1991; Walter & Pauu, 1993).

a) Definir un medio de cultivo óptimo y el mejor sistema para la obtención masiva de inóculo que permita una buena relación costo-rendimiento en la producción.

b) Establecer ensayos de producción a pequeña escala.

c) Asegurar la estabilidad del producto y determinar las condiciones de almacenamiento.

d) Bioensayos a nivel de laboratorio, invernadero y campo que confirmen la efectividad del producto una vez formulado.

4.2. *Paecilomyces* spp

4.2.1 Importancia y Potencial de uso

Las mosquitas blancas (*Bemisia argentifolii*) tienen un elevado número de enemigos naturales, incluyen parasitoides, depredadores y patógenos (Fransen, 1990). De los patógenos de insectos, los hongos que pueden aislarse con más frecuencia de mosquitas blancas, concentrando más de 20 especies entre las que destacan dos de Aschersonia, la *Verticillium lecanii* (Zimm) Viegas y la *B. bassiana* (Bálsamo) Vuillemin. Dentro de estos hongos, *P. fumosoroseus* es más promisorios en el control microbiano de aleyrodidos, este causa elevada mortalidad en periodos de 24 a 48 h y es capaz de infectar todos los estados de desarrollo del insecto, incluyendo huevecillos.

Debido a las características de los agroecosistemas en que se desarrollan las mosquitas blancas *B. tabaci, B. argentifolii* y *T. vaporariorum*, se considera que la estrategia más adecuada de uso de *Paecilomyces* spp es por incremento inundativo, utilizando aislamientos nativos que presentan mayor adaptación a las condiciones ambientales, especialmente a la humedad relativa, altas temperaturas y niveles altos de radiación solar (Smith, 1993; Garza, 1996; Bland *et al.*, 1998).

4.2.2 Características de *Paecilomyces fumosoroseus* (Wize) Brown & Smith

El género *Paecilomyces* presenta hifas hialinas a amarillosas, septadas, de paredes delgadas. La mayoría presenta ramificaciones verticiladas o irregularmente ramificadas, llevan en su parte terminal en cada rama grupos de fiálides, las cuales pueden ser también solitarias. Las fiálides constan de una porción basal cilíndrica o hinchada, adelgazándose abruptamente a menudo para formar un cuello muy notorio (Figura 1 A). Los conidióforos llevan cadenas de conidias; están son hialinas, unicelulares y forma ovoide (Figura 1 B) (Bustillo, 2001).

Nuestro medio registra como mínimo cinco especies de *Paecilomyces* infectando a ocho insectos diferentes. Las infecciones causadas por *P. fumosoroseus* se reconocen por el color rosado pálido mientras que en *P. lilacinus* son de color violeta claro. La especie más importante del género es *P. fumosoroseus* (Wize) Brown & Smith (Bustillo, 2001).

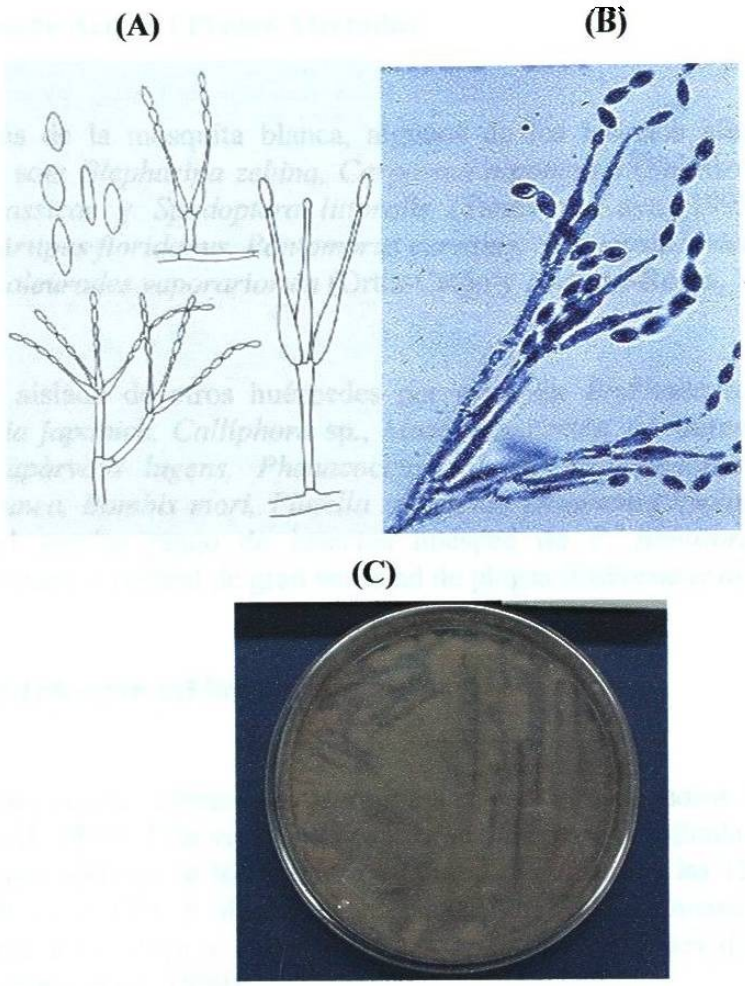

Figura 1. Características microscópicas y macroscópicas de *Paecilomyces* spp. **A.** Esquema de conidióforos y conidias de *Paecilomyces* spp. Dibujo tomado de Malloch (1997). **B.** Microfotografía de conidióforos y conidias de *P. fumosoroseus* Fotografía tomada por Herrera (2001). **C.** Morfología de las colonias de *P. fumosoroseus*.

4.2.3 Espectro de Acción / Plagas Afectadas

Además de la mosquita blanca, algunos de los insectos afectados por *P. fumosoroseus* son: *Blepharipa zebina, Carposina niponensis* (Shimizu *et al.*, 1991) *Mamestra brassicae* y *Spodoptera littoralis* (Tanda y Kaya. 1993), *Diaprepes abbreviatus, Artipus floridanus, Pantomorus cervinus, Solenopsis invicta* (Osborne *et al.*, 1990), *Trialeurodes vaporariorum* (Ortiz-Catón y Alatorre-Rosas, 1998).

Se ha aislado de otros huéspedes por ejemplo: *Pryrhalta luteola, Lagria vilosa, Popillia japonica, Callíphora* sp., *Musca domestica, M. autumnales, Myzus persicae, Nilapàrvata lugens, Phenacoccus solana, Monophadnus elongatulus, Hyphantria cunea, Bombix mori, Plutella xylostella, Diaphania hyalinata* (Humber, 1992). Por el amplio rango de insectos huésped de *P. fumosoroseus*, surgen oportunidades para el control de gran variedad de plagas (Osborne *et al.*, 1990).

4.2.4 Ciclo de Infección del hongo

P. fumosoroseus infecta adultos y ninfas de los cuatro estadios de la mosquita blanca (Bunnell, 1995). Una vez que la espora se adhiere a al cutícula del insecto, y bajo condiciones óptimas de temperatura y humedad, germina a las 12 h, penetra la epicutícula en 12 a 18 h y alcanza la homocele en 24 h (Gunnarsson, 1988), el micelio emerge a las 24 h y logra esporular a las 72 h después del inicio de la infección (Osborne *et al.*, 1990).

Los síntomas de infección pueden ser: cambio en la coloración del insecto (Figura 2), presencia de hifas en la homocele del insecto, crecimiento micelial entre el protórax y la cabeza y/o cubriendo total o parcialmente el cuerpo del insecto (Osborne y Landa, 1992).

Figura 2. Ninfa de *B. argentifolii* infectada por *P. fumosoroseus*

De la Rosa y López (1998); Hernández y Berlanga (1996) señalan que el desarrollo de los hongos entomopatógenos y en particular para los Deuteromycetes, puede ser dividido en diez etapas.

1) Fijación o adhesión al tegumento

2) Germinación de los conidias o unidad del insecto hospedante

3) Penetración a través de la cutícula del insecto hospedante

4) La multiplicación del hongo en el hemocele

5) La producción de toxinas (en ciertos hongos o cepas)

6) Sobreviene entonces la muerte del insecto

7) El hongo coloniza todo el interior del hospedante

8) El micelio sale hacia el exterior pasando a través del tegumento

9) Esporula sobre la superficie del insecto

10) Los propágulos son diseminados al medio

Los principales Deuteromycetes como *M. anisopliae* y *B. bassiana,* luego de parasitar a los insectos pueden permanecer colonizando al cadáver por un período relativamente largo a la espera de un nuevo hospedante.

La mayor parte de sus conidias difícilmente logran sobrevivir por más de tres meses en los diferentes tipos de suelo. Sin embargo existen algunas estructuras de resistencia que pueden ser responsables por una mayor permanencia en ese medio (Casamayor, 1998).

4.2.5 Producción de *Paecilomyces fumosoroseus*

Las técnicas de producción masiva de hongos entomopatógenos más utilizadas involucra tanto cultivos en superficie o cultivos en dos estados donde el hongo se hace crecer primero bajo condiciones sumergidas y entonces puestos a esporular sobre medios de cultivo líquido o sólidos (Agudelo y Falcón, 1983) (Figura 3).

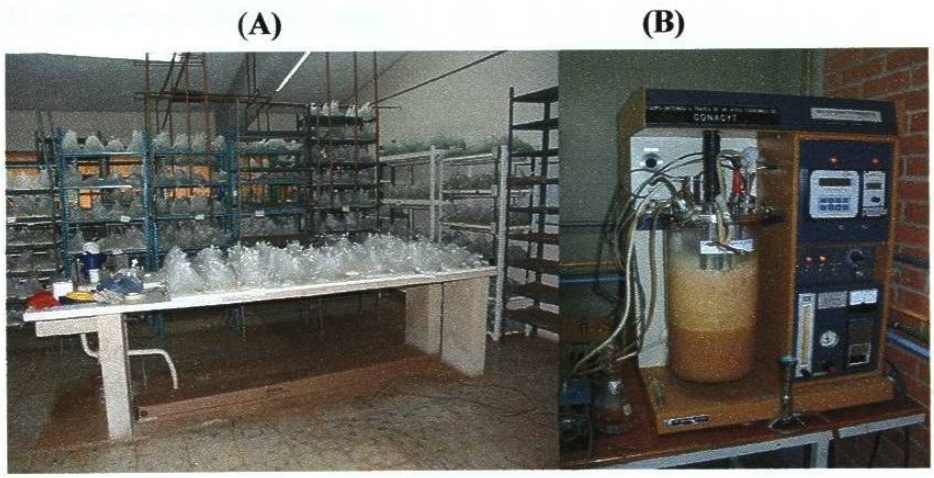

Figura 3. Producción de hongos entomopatógenos en cultivo sólido **(A)** y Producción en cultivo líquido **(B)**.

Jackson *et al.*, 1997, trabajaron distintos medios de cultivo con diferentes concentraciones de carbono y relaciones de carbono nitrógeno, para producir blastosporas de *P. fumosoroseus* tolerantes a la desecación. Todos los medios probados soportaron la esporulación en cultivos sumergidos, incrementaron la concentración de blastosporas, en medios conteniendo 80 g de glucosa y 13.2 g de Casaaminoácidos y un alto porcentaje (79 %) de las blastosporas que sobreviven al secado por aire y tienen una DL_{50} para *B. argentifolii*, en almacenaje a 4 °C más del 60 % de las blastosporas liofilizadas producidas se mantuvieron viables después de 7 meses de almacenaje, mientras que menos del 25 % de blastosporas permanecen viables después de 90 días de almacenaje.

Cliquet *et al.*, en 1999 emplea como fuente de nitrógeno el glutamato, probándolo con varios carbohidratos y demostró que *P. fumosoroseus* crece mejor en glucosa (18.8 mg biomasa/mL) pero produce concentraciones similares de blastosporas (7.3 – 11.2 x 10^8 blastosporas) cuando crece con glucosa, glicerol, fructosa, o sacarosa y cuado *P. fumosoroseus* crece en un medio con citrato de sodio o galactosa como única fuente de carbohidratos produce menores concentraciones de blastosporas sin embargo sus esporas son más tolerantes a la desecación.

En México a nivel comercial existen varios productos que contienen la conidia aerial de P. fumosoroseus, como lo es la producida por Agrobiológicos del Noreste, S.A. en Culiacán Sinaloa, la cual ya es aplicada en los campos de cultivo (De la Torre y Cárdenas, 1996).

En Estados Unidos y Europa se enfoca en el desarrollo de blastosporas o en preparaciones basadas en blastosporas y micelio usando la cepa Pfr-97 y PreFeRal utilizadas para el control de la mosquita blanca en los cultivos (Eyal *et al.*, 1994, Blockmans *et al.*, 1995; Jackson *et al.*, 1997).

En el (2002) Elías-Santos, reporta la utilización de biorreactores para la producción masiva de *P. fumosoroseus*, utilizo medio de cultivo líquido; y las mejores condiciones operacionales para el medio de cultivo con casaaminoácidos fueron (400 r.p.m y 0.5 vvm) donde se obtuvo una productividad de 2.64 x 10^8 blastosporas/mL.h, así como para el medio de cultivo con peptona la mejor condición de operación fue (520 r.p.m y 1 vvm) donde se mejoro la producción de blastosporas (27 x 10^8 blastosporas/mL.h) superando el medio con casaaminoácidos.

4.2.6 Comportamiento de los Cultivos Miceliales en Biorreactores

El biorreactor es la parte principal de cualquier proceso bioquímico donde se emplean sistemas microbianos, fungales o cualquier otro sistema celular, que sirvieran para la manufacturación de una amplia variedad de productos biológicos útiles (Según Cliffe, 1997).

Pero la función principal de un biorreactor es la de contener al ente biológico a la vez de proveer un medio controlado para alcanzar el crecimiento y la formación de productos óptimos biológicos o cualquiera de ambos, en el sistema celular particular empleado (Cliffe, 1997; Bolívar, 2004).

El funcionamiento de cualquier biorreactor depende de muchas funciones: Cliffe, (1997).

1) la concentración de biomasa, la cual debe permanecer alta
2) el mantenimiento de las condiciones estériles
3) agitación efectiva para que la distribución de los substratos y microorganismos en el reactor sea uniforme
4) eliminación de calor
5) creación de las condiciones correctas de corte; la rapidez alta de corte puede ser dañina para el microorganismo pero la rapidez de corte bajo también pueden ser indeseables debido a la floculación o al crecimiento de biomasa inconvenientes sobre la pared del reactor y sobre el agitador

Además de considerarse los dos factores principales que afectan tanto a un cultivo miceliar, como al bioreactor: que serian la transferencia de oxígeno (k_La) y los efectos de corte (τ). El crecimiento de un organismo aerobio (como seria en el caso de hongos) en el cultivo sumergido requiere oxígeno disuelto en el medio y este oxígeno debe ser aportado continuamente. Esto se logra a través de la transferencia de oxígeno del gas hacia el microorganismo, la cual se lleva a cabo en varias etapas.

Primeramente el oxígeno debe viajar a través del gas hacia la interfase gas-liquido, después a través de la interfase, a través del líquido y finalmente hacia el microorganismo. La literatura nos muestra un trabajo muy amplio sobre esta transferencia gas-líquido; Por ejemplo Cooper *et al.*, 1944 demostraron una correlación generalizada para ver la influencia de parámetros tales como el tipo de reactor, impulsores y velocidades de flujo de gas sobre los coeficientes volumétricos de transferencia de oxígeno, mejor conocidos como k_La (mMol/1-hr-atm) utilizando un sistema de oxidación de sulfito de sodio catalizado por cobre. Trabajos posteriores han sido realizados haciendo un escalamiento de procesos manteniendo un equivalente del coeficiente volumétrico de transferencia de oxígeno, determinado por este procedimiento, en reactores biológicos (Aiba, 1971; Karow, 1953); estos éxitos, incluyeron fermentaciones miceliales (Hudcova, 1989; Galindo, 85; For, 72; Feren, 69).

El esfuerzo de corte (shear stress), no es otra cosa que el producto de la velocidad de deformación por la velocidad imperante en esa zona. La velocidad de deformación esta determinada por el impulsor (a través del gradiente de velocidades que genera) y por la viscosidad (al menos para fluidos newtonianos).

Sin embargo es el producto de ambos, y el esfuerzo cortante en última instancia el responsable de llevar acabo los procesos de mezclado que da como consecuencia la dispersión de burbujas de gas o el que produce el inter-mezclado de fluidos en la escala microscópica (Galíndo, 1993).

En las fermentaciones miceliales, el micelio de los microorganismos es largo y delgado, cerca de 30 micrones de acuerdo con Calderbank, (1967). En estos casos, los medios de fermentación exhiben un nivel altamente no-newtoniano; así por ejemplo: en el caso de aplicar la ley de potencia usada en reología, el índice de comportamiento de flujo (n) debería ser muy bajo.

Esto ocurre debido a que los filamentos largos del sistema microbiano absorben la energía del esfuerzo de corte hasta que se alinean con los patrones de flujo y debido, así mismo, a que los remolinos que se forman son isotropitos y presentan una disipación de energía turbulenta (Taguchi, 1968), la cual es abatida por el micelio. Esta misma situación, incidentalmente origina que la transferencia de masa a la fase micelial dependa de la potencia por unidad de volumen en contraste con el caso que se presenta en células individuales en una fase dispersa y que se mueven dentro de los remolinos provocados por las condiciones de mezclado (Medrano, 1992).

Por otro lado la agitación es importante para mantener las células en suspensión y la homogeneidad general del sistema. Además la agitación interviene en la transferencia adecuada y homogénea de masa al promover mecanismos convectivos de dispersión y al romper y disminuir el tamaño de las burbujas. Existen una serie de problemas y retos importantes asociados al mezclado de cultivos. La agitación de un biorreactor implica costos energéticos importantes. Por ejemplo los valores típicos de potencia (velocidad de suministros de energía al líquido) por unidad de volumen son del orden de 8 a 10 W/L en biorreactores de laboratorio y generalmente menores a 1.0 W/L en biorreactores industriales (Bolívar, 2004).

Además muchos caldos de cultivo presentan reología compleja como alta viscosidad, los cual dificulta enormemente las operaciones de mezclado. Igualmente la fragilidad celular de ciertos cultivos como los de los hongos miceliares, limita la intensidad de agitación permisible. Algunos de estos problemas pueden ser resueltos efectivamente mediante un diseño adecuado del biorreactor y del sistema de agitación (Bolívar, 2004). Por ejemplo los impulsores helicoidales se emplean en caldos de alta viscosidad (las propelas tipo rushton); consta de varias paletas sujetas a un eje central y son comúnmente más usadas. El diámetro esta normalmente entre el 30 y el 50 % del diámetro del tanque y por lo general, hay entre 4 a 6 paletas (Cliffe, 1997).

El oxígeno comúnmente se transfiere al medio de cultivo mediante el burbujeo de una corriente de aire, y puede ocasionar problemas por la formación excesiva de espuma cuando se utilizan medios ricos en proteínas (Bolívar, 2004). La formación de espuma a menudo es un problema en los sistemas con aeración en gran escala.

Se debe evitar añadir antiespumante para disminuir la espuma, puesto que pueden tener efectos de inhibición sobre el crecimiento de los microorganismos, además estas sustancias tenso-activas reducen el valor del k_La (Crueger, 1989). Sin embargo hay varias técnicas en las cuales se pueden romper la espuma usando métodos mecánicos (Cliffe, 1997).

Durante la fermentación de los organismos unicelulares y los productores de micelio existe una diferencia característica en la velocidad de absorción de oxígeno (ver Apéndice A). Durante el crecimiento logarítmico la velocidad de absorción de O_2 aumenta y el contenido en O_2 en el caldo desciende hasta que se hace limitante. Sin embargo, en fermentaciones miceliales (estreptomicetos y hongos), la velocidad de absorción desciende cuando el O_2 se hace limitante debido al aumento en el volumen del micelio y al aumento en la viscosidad relativa (Crueger, 1989).

Se conoce que la viscosidad aparente se incrementa con la concentración celular (Nienow, 1984, 1989; Oldshue, 1966); y se marca más en fermentaciones miceliales en donde el micelio disperso tiene viscosidades aparentes (μa) (la viscosidad aparente es: el cociente entre el esfuerzo de corte y la velocidad de deformación ver Apéndice B), más altas que los gránulos, mientras que los micelios largos tienen viscosidades aparente más grande que los cortos.

El índice de consistencia de flujo (m) se incrementa también con la concentración celular y mantiene este comportamiento conforme la morfología del micelio cambia a partir de pellets (Roels, 1974; Tako, 1987, 1984). En este caso el índice de comportamiento de flujo (n) se reporta que permanece constante conforme se incrementa la concertación celular y disminuir conforme la morfología tiende a dispersar el micelio a partir de estos gránulos (Medrano, 1992).

4.2.7 Relación de la agitación y la viscosidad en cultivos miceliales

En un Fluido NO Newtonianos (no hay proporcionalidad entre el esfuerzo de corte y la velocidad de deformación), el cual esta altamente relacionado con el comportamiento de los cultivos miceliales.

Un microorganismo unicelular origina normalmente un caldo con una viscosidad relativamente baja que apenas se ve afectada por el nivel de agitación (es un fluido newtoniano). Sin embargo, un microorganismo de estructura miceliar origina, con frecuencia, un caldo con una gran viscosidad que varia con el grado de agitación (no es un fluido newtoniano).

El grado de agitación en el fermentador es diferente en las distintas partes del medio (es mayor en las regiones cercanas al agitador y más bajo en las zonas distantes del agitador). Mientras tanto, el caldo en la región, donde se desarrolla condiciones, más anaerobias en las zonas más viscosas. Es importante, por ello el régimen de agitación durante la fermentación proporcione una buena transferencia de oxígeno y una zona de gran turbulencia pero que esa turbulencia se transmita también a través del caldo (Trevan *et al.*, 1990).

Una solución de este problema consiste en utilizar dos tipos diferentes de agitación en el sistema: uno diseñado para producir una zona de gran turbulencia y el otro mediante la instalación de un sistema de bombeo del caldo. Por ejemplo LeGrys y Solomon, (1977) diseñaron un fermentador con una turbina discal en el fondo y una hélice impulsora en la parte superior; la turbina origina la turbulencia mientras que la hélice proporciona un gran flujo, el volumen del tanque se removía cada 20 - 30 segundos. Y el micelio circulaba a través de la zona de aireación del tanque antes que se agotara el oxígeno.

4.2.8 Morfología miceliar en medios cultivo líquidos

Las características físicas que presentan los cultivos miceliales son diferentes a los obtenidos por otros cultivos microbianos (bacterias o levaduras) debido principalmente a la gran diversidad morfología y fisiología que desarrollan durante su crecimiento. En un cultivo sumergido, los hongos presentan dos tipos de morfología extrema: pellets o agregados de hifas compactos semiesféricos y micelio disperso o filamentoso (Rocha, 1999). La morfología miceliar más conveniente, operacionalmente es el pellet, pues en cultivos fúngicos donde estos predominan se observan caldos con características newtonianas de baja viscosidad, donde las limitaciones difusiónales hacia el centro del pellet representan la restricción principal de crecimiento.

Así la productividad de la mayoría de los pellets es inversamente proporcional a su tamaño (Wittler *et al.*, 1986). Sin embargo, la mayoría de los procesos fermentativos miceliares crece en forma filamentosa (Olsvik y Kristiansen, 1994), provocan la formación de caldos altamente viscosos y no newtonianos, donde la transferencia de masa y la homogeneidad se ven drásticamente limitadas conforme avanza el proceso.

Los caldos de fermentación son generalmente suspensiones heterogéneas de microorganismos, componentes del medio y diversos metabolitos y/o productos dispersos en un medio de cultivo. A diferencia de otros caldos, las propiedades reologícas de los cultivos filamentosos cambian en función del tiempo de fermentación debido principalmente al incremento de la masa celular, a los cambios morfológicas de las hifas y a las interacciones entre estas (Roels *et al.*, 1974; Olskin y Kristians, 1994).

Diversos estudios señalan que la reología de las suspensiones miceliales, al igual que la productividad, depende de numerosos parámetros intrínsecos del microorganismo tales como: la forma, el tamaño, la masa, la concentración, la flexibilidad y la composición de la pared celular de las hifas (Metz *et al.*, 1979; Olsvik *et al.*, 1993). De igual manera, múltiples reportes corroboran que estos parámetros pueden ser alterados mediante cambios en el volumen de operación, la concentración de oxígeno disuelto, la velocidad de agitación y el tipo de impulsor, entre otros (Justen *et al.*, 1996; Cui *et al.*, 1998). Por ello, las condiciones de operación ejercen un fuerte impacto sobre la morfología y las interacciones hifa-hifa y sobre las propiedades reologícas de los cultivos.

Dado que las características morfológicas del micelio influyen notablemente sobre las propiedades reologícas del medio (Kristiansen y Olsvik, 1993); existe una marcada interdependencia entre la morfología y el funcionamiento de un biorreactor (Van Suidam y Dusseljee, 1987; Thomas, 1993).

Así, la reología de los caldos influye notablemente en el desempeño de un fermentador, principalmente en sus características de mezclado y de transferencia de masa y calor (Justen *et al*; 1997); Las cuales mediante un efecto retroalimentado, afectan directamente al crecimiento, la morfología, la reología y la formación del producto (Makagianser *et al.*, 1993; Bujalski *et al.*, 1997).

Flores et al., 1997 demostró que la agitación provoca cambios en la morfología y en la productividad de procesos de fermentación sumergida de cultivos miceliales. El incremento en la velocidad de agitación casi nunca mejora el crecimiento y/o la velocidad de biosíntesis del producto. En (1989) Humphreys menciona que *M. anisopliae, B. bassiana* y *P. farinosus* crecieron en cultivos líquidos sumergidos sobre glucosa y polietileno glicol (PEG); la glucosa inicial del medio, afecto la morfología, biomasa y la producción de blastosporas dentro del cultivo de los vasos bafleados, ocurrió el crecimiento del pellet, el cual es una formación similar a la de un micelio. Cuando se producen hongos filamentosos en cultivos líquidos, para cualquier propósito; la formación del pellet se hará presente. Siempre y cuando las condiciones operacionales como la agitación sea alta se formaran (pellets), debido al estado morfológico del micelio, por ejemplo: la agregación de la conidia aerial empleada como inoculo y cuando esta germina, el micelio crece partiendo del centro. En este momento deberá aparecer la habilidad del operador (Investigador) al manipular las funciones del biorreactor, desde encontrar la agitación efectiva para una buena distribución del microorganismo, el empleo de dispositivos adecuados para evitar la formación de espuma, así como diferentes variantes, sin olvidar medios de cultivo económicos y factibles para una producción a gran escala.

4.3 *Bemisia argentifolii* (Bellows & Perring)

4.3.1 Ubicación Taxonómica

La taxonomía de la mosquita blanca de hoja plateada según Borror *et al.*, (1989), es la siguiente:

Reino: Animal
Phyllum: Arthropoda
Clase: Insecta
Orden: Homoptera
Familia: Aleyrodidae
Género: *Bemisia*
Especie: *argentifolii*

4.3.2 Morfología y Ciclo Biológico

En general, la mosquita blanca se alimenta de la savia del floema, principal fluido nutricio transportado por las plantas. Esto lo hacen insertando su parte bucal dentro del tejido de la planta, succionando el tejido vascular. Perforando la pared de un vaso del floema, estas obtienen el acceso a una fuente de alimento rica en carbohidratos y aminoácidos. Una bomba muscular en la cabeza de la ninfa y adulto, y el conjunto de presión turgente de la planta, se usa para ingerir el alimento (Osborne y Landa, 1992).

Los machos y hembras frecuentemente emergen cerca de si sobre la misma hoja y en la mosquita blanca de la remolacha el apareamiento se presenta en los primeros días de la vida adulta. El apareamiento es precedido por el cortejo complejo, el cual si es exitoso, conduce a una copulación de entre 2 y 4 minutos. Múltiples acoplamientos se presentan tanto en mosquita blanca del camote y la mosquita blanca del invernadero. Las hembras apareadas producen tanto hembras y machos, mientras que las hembras sin aparearse producen únicamente hembras (Liu y Standly, 1998).

La oviposición varía entre las especies de mosquitas y también difieren cuando la misma especie deposita huevecillos sobre hojas con diferentes características superficiales. Esta se presenta de 1 a 8 días de manera individual, espiral o circular sobre la parte inferior de la hoja y puede depositar arriba de 500 huevos en un ciclo vital (Gill, 1990; McAuslane, 1996; Liu y Standly, 1998). La longitud del ciclo de vida depende de la temperatura, la cual se encuentra en un rango de 4 semanas a 27 °C o de 8 semanas a 14 °C.

Los daños causados por los adultos y larvas, debido a la succión de la savia en las hojas, pueden causar atrofias, caída de hojas y reducción en la producción. Además al alimentarse depositan una mielecilla sobre la fruta, se hace pegajosa y aparece el crecimiento del moho negro (*Capnodium* spp) que hace a la fruta poco comerciable.

La hembra coloca los **huevecillos** sobre el envés de las hojas nuevas, su tamaño es pequeño (0.25 mm de diámetro), de forma oval o piramidal. Después de 1 o 2 días, los huevecillos cambian de color verde amarillento a café (Figura 4), la larva emerge después de 7 días. Los huevecillos tienen un pedicelo parecido a una clavija que se ensarta dentro de una hendidura hecha por el ovipositor de la hembra en la superficie de la hoja; alternativamente, los huevecillos pueden ser depositados directamente dentro de las aperturas estomáticas. Una sustancia parecida a goma es depositada en la base del pedicelo, así son pegados los huevecillos. El pedicelo vierte agua dentro del huevecillo, evita así la desecación después de la oviposición (Tsai y Wang, 1996; Liu y Standly, 1998).

Figura 4. Huevecillo de *B. argentifolii*

Las **ninfas** son transparentes de 0.3 - 0.7 mm en tamaño, móvil al inicio, sin embargo se vuelven inmóviles después de las primeras horas, tiempo donde estas comienzan a alimentarse. Las ninfas son de forma oval y depositan demasiada cera en esta etapa. Comprende tres etapas ninfales y cada una tiene una duración de 2 a 4 días. La primera etapa ninfal, es la que sale del huevo y se arrastra a una distancia corta sobre la superficie de la hoja hasta encontrar un sitio adecuado donde se fija y comienza a alimentarse. Esta etapa es oval con patas bien desarrolladas y antenas, con un color verde pálido. La segunda y tercera etapa ninfal es aplanada de forma parecida a escamas y generalmente transparentes con patas y antenas no funcionales (Figura 5). Del segundo hasta el cuarto estado ninfal son sedentarios durante el periodo de desarrollo (Salas y Mendoza, 1995; Tsai y Wang, 1996; Pacheco y Pacheco, 1998).

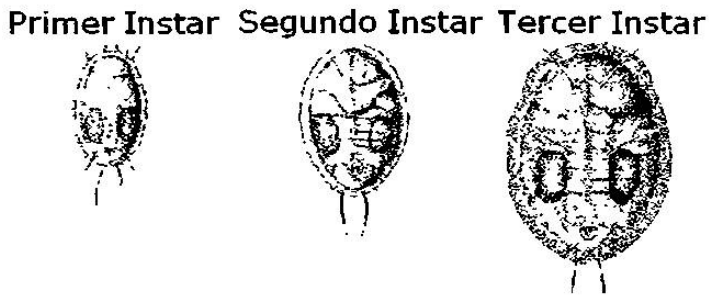

Figura 5. Etapas ninfales de *B. argentifolii*

La cuarta etapa ninfal es considerada como **pupa**, los ojos del adulto en crecimiento son visibles (Figura 6). La pupa es gris, rodeada por mucha cera y mielecilla. Es subdividido en tres etapas: La cuarta etapa temprana es aplanada y traslúcida a blanco opaco; cuarta etapa transitoria, excepto que los ojos rojos del adulto en desarrollo son claramente visibles y el cuerpo llega a ser amarillo semejante al adulto (Tsai y Wang, 1996; Pacheco y Pacheco, 1998).

Figura 6. Ultima etapa ninfal de *B. argentifolii*

La mayoría de los **adultos** emergen de una hendidura en el exoesqueleto de la pupa en las primeras horas de la mañana (Figura 7), este proceso comienza primero a temperaturas altas y se detiene completamente debajo de 17 °C. Esto toma cerca de 4 horas a 27 °C en la mosquita blanca de la remolacha para estar preparada para volar, aunque en la mosquita de la col este periodo es mucho más largo (16-56 h a 10-25°C) (Pacheco y Pacheco, 1998; Liu y Standly, 1998).

Figura 7. Adulto de *B. argentifolii*

4.3.3 Daños

La mosquita blanca es una plaga importante que causa daño en muchos cultivos. Puede causar 4 tipos de daños: 1) Directo 2) Inyección de toxinas 3) Indirecto 4) Transmisión de virus (De Quattro *et al.*, 1997; Pacheco y Pacheco, 1998).

El **daño directo** es causado por penetración al alimentarse; y el **primer daño** es causado por **succión de la savia** del follaje de las plantas, lo cual presenta debilitamiento y marchitamiento prematuro de la planta y reduce la velocidad de crecimiento y rendimiento de la planta. También puede causar clorosis, debilitamiento, caída prematura de las hojas y muerte de la planta. Infestaciones de ninfas de mosquita blanca están asociadas con la aparición de maduración irregular del tomate y calabaza (De Quattro *et al.*, 1997).

El **segundo tipo**, es causado principalmente por *B. argentifolii* mediante **inyección de toxinas** durante el proceso de alimentación de las ninfas, donde presenta síndrome de la hoja plateada en calabaza, la maduración irregular del tomate, la palidez del tallo del brócoli y el amarillamiento del follaje de la lechuga (Pacheco y Pacheco, 1998).

El **daño indirecto** resulta de la **Excreción de mielecilla** producida por las mosquitas, sobre la cual se desarrollan hongos de color negro conocidos comúnmente como fumagina (*Cladosporium* sp.) sobre la hoja y frutos.

El hongo reduce la fotosíntesis y pérdida del valor comercial de la planta y/o rendimientos sin valor comercial. En las plantas de algodón, la mielecilla contamina la fibra volviéndola pegajosa, lo cual dificulta el proceso de hilado, baja la calidad del producto final y aumenta el desgaste de la maquinaria. Los frutos y hortalizas contaminados con mielecilla tienen que ser lavados para su comercialización, incrementan los costos de producción (Pacheco y Pacheco, 1998).

El **cuarto tipo** es causado por la **transmisión de virus** de plantas por este insecto. Una pequeña población de mosquita blanca es suficiente para causar daños considerables. Los virus de las plantas transmitidos por mosquita blanca causan cerca de 40 enfermedades en vegetales y plantas fibrosas del mundo, solamente tres son conocidos como vectores de virus de plantas (Tabla III). Partículas virales son transportadas en la saliva de la mosquita, si ésta se alimenta sobre una planta infectada, cuando el insecto se mueve a plantas sanas en el mismo cultivo o se transporta a varios kilómetros de distancia es cuando comienzan los problemas de transmisión de virus (Damsteegt, 1999).

La mosquita blanca del camote (*B. tabaci*) y la mosquita blanca de la hoja plateada (*B. argentifolii*) transmiten más de 30 diferentes agentes causales de enfermedades virales, tales como el geminivirus y closterovirus en el ámbito mundial. En México, los geminivirus se encuentran en todas las regiones hortícolas, afectando a los cultivos de chile, tomate, tabaco, calabaza y tomatillo (Pacheco y Pacheco, 1998; Stevens III *et al.*, 2000).

Tabla III. Enfermedades y virus de plantas transmitidos por *Bemisia* spp.

Enfermedad	Huésped principal	Vector	Pérdida potencial
Trastorno amarillento de crecimiento por Crinivirus	Pepino	*B. argentifolii*	Alta
Infección amarillenta de la lechuga por Crinivirus	Lechuga	*B. tabaci*	Serias pérdidas económicas en epidemias
Rizado amarillento de la hoja del tomate por Geminivirus	Tomate	*Bemisia* spp.	Severa
Arrugamiento de la hoja del algodón	Algodón	*Bemisia* spp.	Severa
Clorosis de la lechuga por Crinivirus	Lechuga	*B. argentifolii*	-------
Trastorno clorótico de la remolacha por Crinivirus	Remolacha	*B. tabaci*	-------

4.3.4 Distribución e Importancia Económica

La S. A. R. H. (1991) reportó altas poblaciones de mosquita blanca en el Valle Imperial del estado de California en los Estados Unidos de América y en el Valle de Mexicali en Baja California, México, durante el ciclo de 1991. En el bajío se ha encontrado en los cultivo de jitomate, chile, frijol y coliflor; en Veracruz se observa en calabaza, calabacita, melón, sandía, pepino, espinaca, acelga y frijol ejotero. En regiones como Baja California Sur, Valle del Yanqui, Costa de Hermosillo, Sonora, Apatzingan, Michoacán, Tapachula Chiapas, Sur de Tamaulipas y parte de Durango y Coahuila, es común encontrar otras especies como *B. tabaci*, *T. vaporariorum*, *B. argentifolii*, en algodón y hortalizas. En México provocó pérdidas de más de 100 millones de pesos en 1992 afectando cultivos de melón, algodón y Sandia (León *et al.*, 1996). En los E.U. la mosquita blanca y sus virus transmitidos han causado pérdidas desde 1990. En 1991, pérdidas directas estimadas de 23.8, 24 y 29 m.d.d. en plantas ornamentales, algodón y hortalizas en el sur de Texas. En California en el mismo año pérdidas de 137 m.d.d. en cultivos (Norman *et al.*, 1997).

Para 1995 el insecto se constituyo un problema fitosanitario en la comarca lagunera, causando pérdidas en producción del 40 al 100 % en cultivos hortícola y un incremento en el número de aplicaciones de insecticidas en melón, calabaza (*cucúrbita pepo* L.), tomate (*Licopersion esculentun* Mill), y algodón (Nava C. y Cano P.1998 (b)).

4.3.5 Principales Plantas Hospedantes de MBHP en la Comarca Lagunera

En la comarca lagunera se han identificado 108 especies de plantas hospederas de *B. argentifolii*. Los principales cultivos hospedantes son: *Brassica oleracea* L. vars. *botritis* y *capitata*, *Cucumis melo* L., Cucumis sativus L., *Cucúrbita pepo* L., *Citrullus lanatus* (Thunb) y *Gossypium hirsutum* L. También se encuentran 10 malezas con alta infestación de MBHP, sin embargo las más importantes por su mayor distribución en los campos de cultivo son: *Convolvulus arversi* L., *Flaveria trinervi* (Spreng.) Mohr, *Ipomoea* spp, *Solanum eleagnifolium* Cav. y *Xantium strumarium* L. En plantas hospedantes en las zonas urbanas el 38.7 % presenta niveles de mediana a alta infestación de MBHP. Las especies con mayor infestación son: *Acacia berlandieri* Benth., *Acalypha wilkesiana* Muell., *Althaea rosea* Cav., *Bahuinia divaricata* L., *Camellia japonica* L., *Sedum* spp, *Ipomoea* spp. *Jasminum* spp, *Lantana camara* L y *Oenothera* spp (Cano-Ríos *et al.*, 2001).

4.3.6 Manejo Integrado

Un programa de manejo integrado contra cualquier plaga en una región debe constituirse por "herramientas" para la toma de decisiones de control y diferentes tácticas o componentes de control. El uso de métodos de muestreo eficientes para estimar la densidad de la plaga y los umbrales económicos (densidad de la plaga arriba de la cual se causa daño económico) Son las herramientas que permiten tomar una buena decisión de control. El muestreo de los adultos de mosquita blanca se puede llevar a cabo mediante la inspección visual en el envés de las hojas, realizándolo temprano por la mañana, cuando la actividad de vuelo es mínima. Investigaciones determinaron que los adultos y huevecillos de *B. tabaci* son más abundantes en hojas terminales hasta la cuarta hoja (a partir del ápice de la guía).

Palumbro *et al.*, (1994), formularon un plan de muestreo bionomial para recomendar medidas de control, el cual consiste en muestrear 200 hojas terminales (a partir del 4° nudo) por predio se toman 50 hojas por cuadrante (Nava U. y Cano P. (c) 2000). Se recomiendan medidas de control cuando se encuentra un 65 % o más de hojas infestadas con 1 o más adultas. Este porcentaje de hojas infestadas está basado en un umbral económico de 3 adultos por hoja. Nava U. y Cano P. (c) (2000), determinaron como umbral económico 2.4 adultos por hoja (muestreada del quinto nudo de la guía) en melón bajo condiciones de la comarca lagunera.

Entre las tácticas de control destacan los tipos de control **a) cultural, b) biológico, c) químico d) físico y e) resistencia vegetal** (Nava *et al.*, 1998(a)).

a) **Control cultural.** Las medidas de control cultural comprenden el ajuste de las fechas de siembra, cosecha, destrucción de residuos, restricción de la siembra de hospedantes susceptibles, uso de barreras físicas (cubiertas reflejantes y rebotantes) y selección de variedades precoces. La eliminación de maleza hospedante de la MBHP es otra práctica recomendada para el manejo de la plaga (Pacheco, 1997).

b) **Control biológico.** Este se lleva a cabo mediante parasitoides, depredadores y entomopatógenos.

- **Parasitoides.** En la comarca lagunera existen parásitos nativos como *Encarsia pergandiella*, *Eretmocerus tejanus* y *E. luteola* (Aphelinidae), con niveles de parasitismo natural de 0 a 7.4 % en la Comarca Lagunera (Hernández *et al.*, 1996).

Encarsia formosa y *Eretmocerus mundis* (Figura 8) actúan de la siguiente manera, introducen sus huevecillos en el cuerpo de las mosquitas ninfas, de modo que a pocos días de haber sido parasitadas las ninfas se ennegrecen y mueren. Un mes después de que la avispita pone su huevecillo, emerge del cuerpo de la ninfa una nueva avispita. Sin embargo cuando la mosquita blanca o la densidad poblacional son muy bajas, la avispita se alimenta de néctar y mielecilla de las flores.

- **Depredadores.** Además de los parasitoides en la Comarca Lagunera existen depredadores como *Chrysoperla carnea* (cuyos inmaduros también son conocidos como "leones de los áfidos" tienen las mandíbulas bien desarrolladas, que usan para sujetar huevecillos y ninfas de la mosquita blanca, extrayendo sus fluidos (Ortega, 1997). *C. rufilabris*, *Delphastus pusillus*, *D. mexicanus* y *Hippodamia convergens*.

- **Entomopatógenos.** También existen algunos hongos entomopatógenos efectivos como *B. bassiana*, *P. fumosoroseus*, *P. farinosus*, *V. lecanii*, *M. anisopliae* y *Aschersonia aleyrodis* (Hernández *et al.*, 1996).

A) B) C)

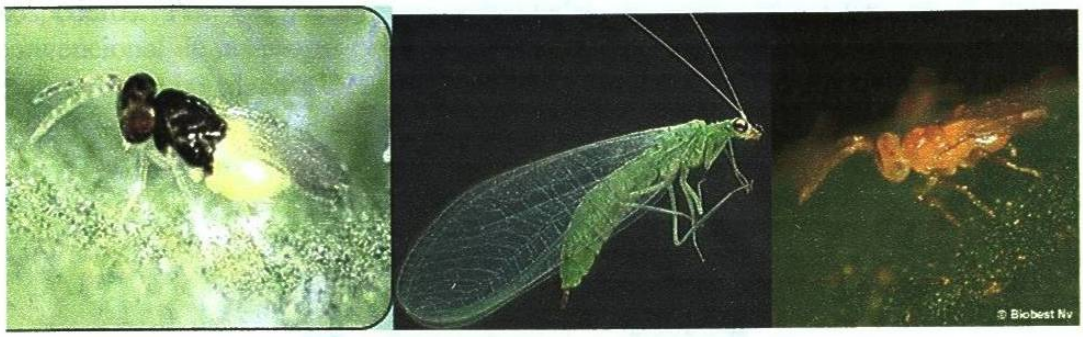

Figura 8. Enemigos naturales de la mosquita blanca, **A)** *Encarsia formosa* **B)** *Chrysoperla carnea* **C)** *Eretmocerus mundis*

c) **Control químico.** Algunos de los insecticidas recomendados contra la MBHP en la región de la Comarca Lagunera son: Acetamiprid 20 PS, Azadiractina CE 03, Imidacloprid SC 30, Fenopropatrín + acefate y Endosulfan CE 35 (Figura 9) (Ramírez, 1996).

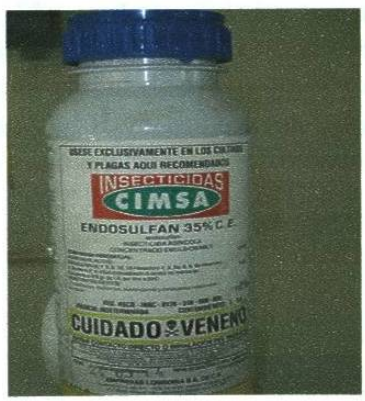

Figura 9. Insecticida químico Endosulfan

d) **Control físico.** La mosquita blanca puede ser monitoreada con trampas amarillas con pegamento (Figura 10), trampas de luz y de agua etc.

Es una táctica que abate buena parte de la población en los cultivos hospederos. Por desgracia estas actividades no están arraigadas en el manejo convencional de las plagas de nuestro país a pesar de ser una buena alternativa en el monitoreo de las plagas (Vázquez y García, 2001).

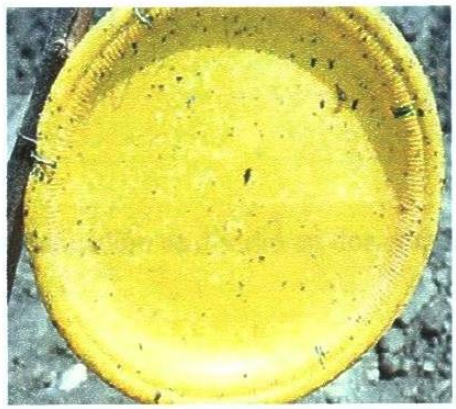

Figura 10. Trampa amarilla para monitoreo de la plaga

e) **Resistencia vegetal.** El uso de variedades resistentes es un método apropiado para reducir el daño directo e indirecto causado por los virus transmitidos por MBHP. Actualmente existen variedades resistentes a virus. Por ejemplo: en melón la variedad "Cruiser", "Primo" y "Hymark" toleran infestaciones de mosquita blanca y sufren menos daño que la variedad "Perlita" (Norman *et al.*, 1997).