

Las mallas anti-insectos en los cultivos forzados en invernadero

Una barrera eficaz a la entrada de insectos vectores de virus

Aunque la normativa sólo obliga a instalar mallas anti-insectos en el caso de que no se reduzca la ventilación en el interior del invernadero, casi la totalidad de los agricultores disponen de mallas en sus instalaciones. La razón es su efectividad, al evitar el paso de insectos vectores de virus, reduciéndose la aplicación de productos fitosanitarios y convirtiéndose en una de las primeras tácticas a considerar en un sistema de lucha integrada.

A.J. Álvarez¹, D.L. Valera¹, F.D. Molina¹, A. Madueño².

¹Universidad de Almería.

²Universidad de Sevilla.

Son indudables los beneficios de todo tipo que provocan los invernaderos en determinadas zonas con climatología favorable y adecuados canales de comercialización. También permiten gestionar mejor el agrosistema, se aumentan notablemente los rendimientos, desplazando la producción a períodos de mejores precios de mercado, y se requiere, por kilo de fruto producido, una cantidad de agua muy inferior a su homóloga en cultivo al aire libre. Por otra parte, el propio invernadero genera condiciones favorables para el desarrollo de plagas y enfermedades, problema agravado con el hacinamiento de las explotaciones de este tipo en algunas zonas y con una gestión deficiente de los residuos vegetales de cosechas previas.

La manera tradicional de hacer frente a esta elevada concentración de patógenos ha sido la aplicación de productos fitosanitarios. Pero la aparición de resistencias, el riesgo de residuos y las implicaciones medioambientales negativas han llevado a una concienciación por parte de la sociedad en general, y de los agricultores en particular, de la necesidad de disminuir las dosis y limitar las materias activas a utilizar. Parece claro que la eliminación de los fitofármacos es muy complicada y que correctamente utilizados son muy útiles para hacer viables las explotaciones, asegurando buenas producciones.

Cada vez se utilizan más en invernaderos enemigos naturales de los insectos perjudiciales para los cultivos, y actualmente son de uso generalizado las mallas anti-insectos dispuestas en las ventanas para evitar, en la medida de lo posible, la entrada esencialmente de insectos vectores de virus. Tienen efectos beneficiosos asociados, como la disminución de los productos y dosis de fitosanitarios necesarios, y evitan también la salida de los insectos polinizadores. Pero presentan una limitación importante, que es la drástica disminución que provocan en la ventilación del invernadero, causando desajustes en parámetros tan influyentes para el cultivo como la temperatura, la humedad y la concentra-



Ventana lateral con hueco protegido por malla. En la imagen de la izqda. (ampliación de la foto superior) se aprecia una importante concentración de mosca blanca que no puede pasar al interior del invernadero.

ción de CO₂. A pesar de los inconvenientes, las mallas anti-insectos son una alternativa útil para la

protección de cultivos, por lo que la elección de la malla más adecuada para un invernadero en concreto requiere conocer tanto su efectividad como barrera contra las plagas, como la resistencia que ofrece al flujo de aire.

Así, en los últimos años los agricultores han incorporado en las aberturas de ventilación de sus invernaderos mallas como barrera física para disminuir la entrada de insectos al interior. En algunas comunidades autónomas el uso de estos agrotexiles es obligatorio, con el objetivo de impedir la difusión de las enfermedades víricas transmitidas por insectos que actúan como vectores. Este es el caso de la comunidad andaluza, cuya Orden de 12 de diciembre de 2001 establece una serie de medidas de control en la lucha contra las enfermedades provocadas por virus. Entre las medidas de obligado cumplimiento se encuentra la de garantizar la hermeticidad completa del invernadero, colocando mallas en las aberturas de ventilación con una densidad mínima de 10x20 hilos·cm², y doble puerta, o puerta y malla, en las entradas. Esta orden exime de su cumplimiento a aquellos invernaderos en los que la adecuada ventilación se vea comprometida. Considerando que la amplia mayoría de los invernaderos presenta problemas de falta de ventilación, la Orden obliga más bien a poco. No obstante, no por obligado cumplimiento, sino por convencimiento propio, casi la totalidad de los agricultores que poseen invernaderos disponen mallas anti-insectos en los mismos.

Tipos de mallas anti-insectos

En función de su forma de construcción, se pueden clasificar en dos tipos (figura 1):

- **Tejidas.** Actualmente ésta es la forma más común de fabricación de las mallas, ya que proporciona un buen equilibrio entre el tamaño de hueco necesario para la exclusión de insectos y la resistencia al flujo de aire. El principal inconveniente que presentan es que los huecos pueden distorsionarse cuando se les aplica una tensión lateral, alterando tanto la exclusión de insectos como la resistencia aerodinámica. En general, están tejidas con hilos monofilamento de polietileno.

- **Anudadas.** En este tipo de mallas cada hilo es atado alrededor del siguiente, formando una malla de nudos con una alta resistencia al desgarro y la rotura. Los lazos y nudos adicionales pueden disminuir drásticamente la permeabilidad de la malla. La geometría de los huecos es tan heterogénea que limita drásticamente su uso.

Efectos de las plagas

Barrera contra las plagas

La colocación de mallas anti-insectos en las bandas de los invernaderos es una de las medidas preventivas para la lucha contra los insectos plaga en los invernaderos de Almería. Entre las principales plagas que se pueden prevenir están la mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood y *Bemisia tabaci* Gennadius), que produce amarillamiento y debilitamiento de las plantas y la aparición de negrilla como daño indirecto, y sobre todo los trips (*Frankliniella occidentalis* Pergande), que causan daños indirectos por la transmisión del virus del bronceado del tomate (TSWV), entre otros, que puede afectar a plantaciones

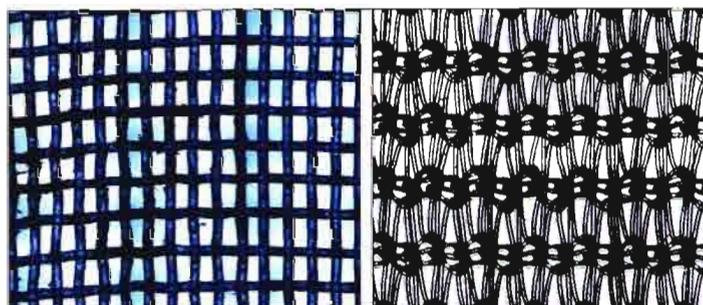


Figura 1. Detalle de una malla tejida (Izda.) y otra anudada (dcha.).

de tomate, pimiento, berenjena y judía (según trabajos recientes de Aparicio y colaboradores). Otros insectos sobre los que actúan las mallas son los pulgones (*Myzus persicae* Sulzev y *Aphis gossypii* Glover), que, además de provocar daños directos sobre las plantas, pueden transmitir numerosas virosis; y el submarino o minador de las hojas (*Liriomyza* sp.), que causa daños físicos directos sobre el cultivo.

La exclusión de plagas debería ser una de las primeras tácticas a considerar en un sistema de lucha integrada. Se han documentado, como consecuencia del uso de mallas anti-insectos, reducciones en las poblaciones de las plagas, menor incidencia en la transmisión de enfermedades y una disminución en la necesidad de realizar tratamientos fitosanitarios.

La eficacia de las mallas como barrera física al paso de los insectos depende del tamaño mínimo de los poros o huecos que constituyen la malla. Normalmente las mallas se denominan en función del número de hilos horizontales y verticales que hay en 1 cm². Esta nomenclatura está relacionada directamente con el tamaño de los huecos y la porosidad, aunque la relación no es unívoca, de forma que en función del grosor de los hilos que forman el tejido del material agrotéxtil, se pueden obtener valores idénticos de porosidad con distinto número de hilos por centímetro y diferentes tamaños de hueco. En el cuadro I se reflejan los tamaños de huecos, tanto en superficie como en longitud máxima, que son necesarios para evitar el paso de varios tipos de insectos plaga.

La efectividad de las mallas anti-insectos se ha estudiado en laboratorio comparando el tamaño y geometría de los poros con respecto a la anchura torácica de los insectos en ausencia de una corriente de aire forzada. También se han realizado ensayos en túnel de viento para determinar la efectividad de varios tipos de mallas mediante conteo de los insectos atrapados por las mallas cuando se someten a una corriente de aire determinada (cuadro II).

Efecto negativo sobre la ventilación

La resistencia de las mallas al flujo de aire se refleja en la pérdida de presión a través de la malla, que varía con el cuadrado de la velocidad de aproximación del aire a la malla. Es recomendable que la caída de presión que se produce a través de la malla sea muy pequeña.

La medida de la resistencia de las mallas al paso del aire se realiza mediante ensayos en túnel de viento en los que se puede obtener la pérdida de presión originada por el material poroso para una determinada velocidad del aire. A partir de medidas de caída de presión, y de la ecuación de Forchheimer, se pueden obtener los valores de permeabilidad y el factor inercial que caracterizan la respuesta aerodinámica de los materiales poro-

CUADRO I. TAMAÑO MÁXIMO DE LOS POROS DE UNA MALLA NECESARIO PARA LA EXCLUSIÓN DE VARIOS INSECTOS PLAGA

Insecto plaga	Tamaño del torax (µm)	Tamaño del abdomen (µm)	Longitud máxima del poro (µm)	Superficie máxima del poro (mm ²)
Mosca blanca	239-288	565-708	462	0,2
Trips	213-215	265	192	0,03
Pulgones*	355-434	2.295-2.394	340	0,2-0,9
Minador de la hoja	435-608	810-890	640	0,4

*Aunque los pulgones son más grandes que la mosca blanca, pueden ser necesarias mallas más tupidas debido a la diferente disposición de las alas con respecto al cuerpo. Elaboración propia a partir de numerosos trabajos existentes.

CUADRO II. EFICACIA DE DIFERENTES TIPOS DE MALLAS ANTI-INSECTOS COMO BARRERAS A LAS PLAGAS

Tipo de malla (hilos-cm ⁻¹)	Grosor del hilo (mm)	Tamaño medio de hueco (mm)	Exclusión de mosca blanca (%)	Exclusión de trips (%)
40x40	0,10	0,15x0,15	89,7±2,1	75,5±11,8
32x32	0,17	0,14x0,14	86,8±5,0	94,8±3,5
20x32	0,16	0,15x0,34	92,7±1,5	22,3±14,6
20x20	0,16	0,35x0,35	93,9±3,5	4,2±15,0
16x16	0,20	0,43x0,43	71,5±36,1	15,8±13,7
12x12	0,22	0,65x0,65	12,5±21,9	18,8±13,9
10x20	0,26	0,26x0,81	73,1±17,6	18,0±14,6
10x16	0,27	0,41x0,79	14,2±27,0	2,2±12,9

Elaboración propia a partir de numerosos trabajos existentes.

CUADRO III. POROSIDAD Y RESISTENCIA AL FLUJO DE AIRE DE DIFERENTES TIPOS DE MALLAS ANTI-INSECTOS

Tipo de malla (hilos-cm ⁻²)	Porosidad (m ² /m ²)	Permeabilidad (m ²)	Factor inercial	Caída de presión (Pa)
40x40	0,10	0,15x0,15	89,7±2,1	75,5±11,8
32x32	0,17	0,14x0,14	86,8±5,0	94,8±3,5
20x32	0,16	0,15x0,34	92,7±1,5	22,3±14,6
20x20	0,16	0,35x0,35	93,9±3,5	4,2±15,0
16x16	0,20	0,43x0,43	71,5±36,1	15,8±13,7
12x12	0,22	0,65x0,65	12,5±21,9	18,8±13,9
10x20	0,26	0,26x0,81	73,1±17,6	18,0±14,6
10x16	0,27	0,41x0,79	14,2±27,0	2,2±12,9

Elaboración propia a partir de numerosos trabajos existentes

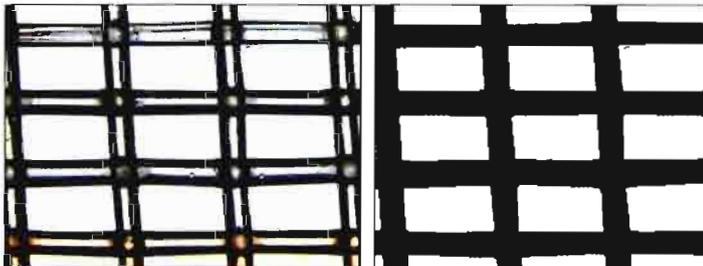


Figura 2. Imagen microscópica de malla (Izda.) y su conversión a blanco y negro (dcha.).

sos (cuadro III). Estos dos parámetros están también relacionados con la porosidad de la malla.

Además de las características de las mallas, la acumulación de suciedad que se produce en los poros puede dar lugar a aumentos importantísimos de la caída de presión.

► Caracterización geométrica de las mallas

En el Departamento de Ingeniería Rural de la Universidad de Almería se está realizando la caracterización geométrica de diferentes tipos de agrotexiles utilizados en los invernaderos, con el objetivo de conocer su comportamiento como elemento de protección y de cuantificar el efecto que producen sobre la ventilación. Este estudio se lleva a cabo mediante la captura de imágenes de varias muestras de cada malla, con un microscopio que incorpora una cámara digital, cuyas funciones se gestionan informáticamente. La calibración previa del microscopio para cada uno de los objetivos permite conocer el equivalente en unidades métricas de cada píxel. En cada análisis parcial se muestrea una superficie de 1 cm². Ya que cada imagen captada, utilizando el objetivo 4X, abarca una longitud de aproximadamente 0,34x0,25 cm², es necesario efectuar varias tomas para completar la superficie de muestreo fijada.

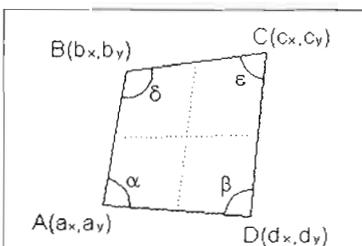


Figura 3. Representación de un poro.

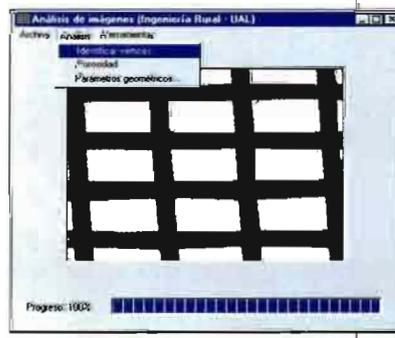


Figura 4. Una de las ventanas del programa Euclides v1.0.

La conversión al blanco y negro de todas las imágenes capturadas con el microscopio (figura 2), utilizando cualquier programa de dibujo (por ejemplo, Paint de Microsoft), permite obtener imágenes en las que los huecos y la región central de los hilos quedan representados por píxeles blancos y la periferia del hilo viene marcada por píxeles negros, diferenciando el poro del hilo. El siguiente paso consiste en retocar la imagen de forma que todo el hilo quede identificado por píxeles negros, utilizando de nuevo un programa de dibujo. El objetivo perseguido es tener perfectamente diferenciadas las regiones correspondientes a poros de las que se corresponden con hilos. De esta manera se determina la porosidad de la malla, ya que ésta se expresa como la relación que existe entre la superficie de huecos con respecto a la superficie total.

Cada poro, al estar definido por cuatro hilos monofilamento que se cruzan, representa a un cuadrilátero. El análisis matemático que permite calcular todos los parámetros geométricos que caracterizan la malla parte de la obtención de las coordenadas de los vértices de estos cuadriláteros (figura 3).

Para obtener las coordenadas A, B, C y D del cuadrilátero, la geometría del hueco y de los hilos, así como la porosidad, número de hilos y demás aspectos que caracterizan el agrotexil, se ha desarrollado el programa informático EUCLIDES v 1.0. Este software es capaz de identificar de forma automática los píxeles correspondientes a los cuatro vértices de cada poro, consiguiendo así realizar en unos pocos segundos una operación que manualmente resulta extremadamente engorrosa e imprecisa. En la figura 4 se muestra una de las ventanas de EUCLIDES en la que se ha completado el proceso de identificación de vértices y captura de coordenadas.

El programa desarrollado para el análisis de imágenes también permite obtener la porosidad de la muestra. El cálculo de este dato es fundamental por la estrecha relación, comentada anteriormente, que tiene con la resistencia al flujo de aire a través de la malla y, por tanto, con las condiciones microclimáticas en el interior del invernadero. Si bien es cierto que este último dato se puede obtener con otros programas de análisis de imagen.

El diámetro de la circunferencia inscrita, el área de los cuadriláteros o las longitudes medias de los poros en las dos direcciones principales son otros parámetros que permiten estimar la validez y eficacia de las mallas como barrera física al paso de insectos. La caracterización geométrica de las mallas se completa obteniendo el grosor de los hilos y la densidad de éstos en las dos direcciones principales.

Los primeros análisis realizados desvelan que en algunos casos las características que los fabricantes ofrecen acerca de sus productos no se ajustan a la realidad, lo cual pone de manifiesto la necesidad urgente que existe de normalizar estos materiales. Los datos obtenidos también muestran cómo el tamaño de los poros de las muestras analizadas presenta, de forma general, falta de uniformidad. Este hecho se agrava a medida que las dimensiones de los huecos disminuyen. Por otro lado, el mayor porcentaje de poros de las mallas sometidas a análisis se corresponde con trapecios. Sin embargo, el hecho de que el diámetro medio de la circunferencia inscrita sea muy próximo a la longitud media menor de los poros indica que las distancias entre los puntos de los lados opuestos de mayor longitud son muy similares. Por tanto, se puede decir que su irregularidad no es muy acusada. ■