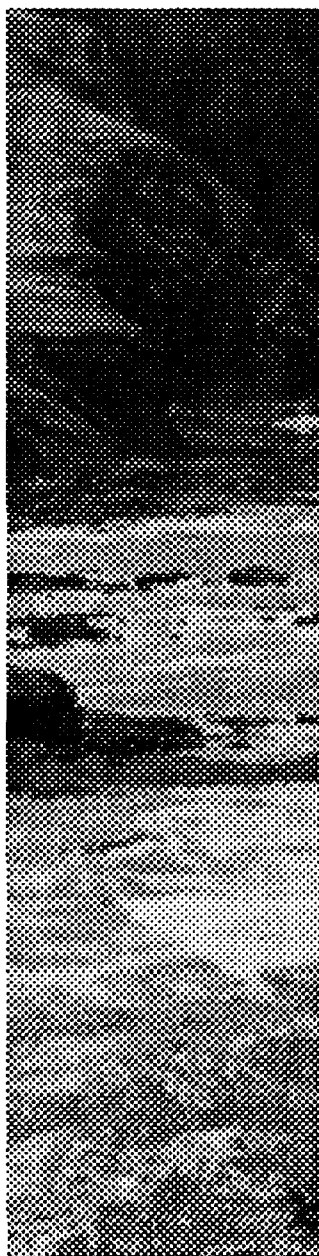


TEMA

1



OP. Y EQUIP. DE PROD. AGRARIA

Desarrollo de los temas

Modificación de los factores climáticos. Diferentes sistemas empleados en la protección de los cultivos.

elaborado por
EL EQUIPO DE PROFESORES
DEL CENTRO DOCUMENTACIÓN

GUIÓN - ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

2. MODIFICACIÓN DE LOS FACTORES CLIMÁTICOS

2.1. Generalidades

2.1.1. La técnica y las limitaciones climáticas

2.1.2. Consideraciones económicas

2.1.3. Consideraciones ambientales. Agricultura sostenible

2.2. Sistemas indirectos y sistemas directos

2.2.1. Sistemas indirectos

2.2.2. Sistemas directos

3. DEFENSA CONTRA HELADAS

3.1. Tipos de heladas

3.2. Métodos indirectos

3.3. Métodos directos

3.3.1. Cubiertas protectoras

3.3.2. Métodos basados en el calentamiento

3.3.3. Métodos basados en la formación de pantallas en la atmósfera

3.3.4. Métodos basados en la agitación de la atmósfera

3.3.5. Métodos bioquímicos

4. DEFENSA CONTRA EL VIENTO. CORTAVIENTOS

4.1. Características

4.2. Establecimiento de cortavientos

4.3. Materiales a utilizar

4.3.1. Especies vegetales

4.3.2. Setos muertos

5. DEFENSA CONTRA EL GRANIZO

- 5.1. Cohetes explosivos
- 5.2. Generadores y cohetes de yoduro de plata
- 5.3. Redes antigranizo
- 5.4. Seguros agrarios

6. SOMBREADO

7. CONTROL TÉRMICO: ACOLCHADO Y TÚNELES

- 7.1. Acolchados
 - 7.1.1. Ventajas del acolchado
 - 7.1.2. Cultivos que se pueden acolchar
 - 7.1.3. Tipos de plástico utilizados en acolchamiento de suelos
 - 7.1.4. Duración de los filmes de plástico
 - 7.1.5. Tipo de filme a utilizar según las necesidades
 - 7.1.6. Medidas y espesores de los filmes para acolchamiento
 - 7.1.7. Modalidades de acolchamiento
 - 7.1.8. Colocación de los filmes sobre el terreno
 - 7.1.9. El acolchado en España
- 7.2. Túneles
 - 7.2.1. Materiales empleados en la construcción de túneles
 - 7.2.2. Duración de los plásticos
 - 7.2.3. Efectos y ventajas que proporcionan los túneles
 - 7.2.4. Instalación y ventilación de los túneles
 - 7.2.5. Tipos de túneles

BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

- MAROTO, J.V. **Elementos de horticultura general.** Ed. Mundi-Prensa. Madrid, 1990.
- ROBLEDO, F. y MARTÍN, L. **Aplicación de los plásticos en la agricultura.** Ed. Mundi-Prensa. Madrid, 1981.
- SERRANO, Z. **Técnicas de invernadero.** Ed. Zoilo Serrano. Sevilla, 1990.
- Sociedad Española de Ciencias Hortícolas (SECH) **Diccionario de Ciencias Hortícolas.** Ed. Mundi-Prensa. Madrid, 1999.
- Sociedad Española de Ciencias Hortícolas (SECH) **La horticultura española en la CEE.** Ediciones de Horticultura. Reus, 1991.
- TESI, R. **Medios de protección para la hortofruticultura y el viverismo.** Ed. Mundi-Prensa. Madrid, 2001.
- URBANO, P. **Fitotecnia. Ingeniería de la producción vegetal.** Ed. Mundi-Prensa. Madrid, 2002.
- VILLARNAU, A. y GONZÁLEZ, J. **Compendio de Horticultura. Planteles.** Ediciones de Horticultura. Reus, 1999.

1. INTRODUCCIÓN

Dentro del concepto de protección de cultivos se pueden incluir desde la protección frente a plagas y enfermedades (factores bióticos) hasta la protección frente a las condiciones del medio adversas (factores abióticos).

La protección frente a factores abióticos es un tema muy amplio ya que puede incluir sistemas indirectos (mejora genética, etc.) y sistemas directos de lucha. Y dentro de estos últimos habría que estudiar aspectos de control de temperatura, lucha contra heladas en campo abierto, control de humedad, lucha contra el viento, etc.

En este tema se describen someramente las distintas técnicas de modificación del clima, reflexionando sobre sus limitaciones económicas y medioambientales. Se describen en mayor profundidad las técnicas de control térmico (fundamentalmente en base a plásticos en acolchados y túneles), las técnicas de defensa contra el granizo y las técnicas de defensa contra el viento.

2. PROTECCIÓN DE CULTIVOS Y TÉCNICAS DE MODIFICACIÓN DEL CLIMA

2.1. GENERALIDADES

2.1.1. La técnica y las limitaciones climáticas

Los factores ecológicos que inciden sobre el ecosistema agrario pueden ser clasificados en bióticos y abióticos. Los primeros incluyen el conjunto de especies vivas que interactúan con el cultivo (biocenosis) y el segundo incluye los factores relativos al biotopo: suelo y clima.

La tecnología agronómica actual permite un control estricto de los factores relativos al biotopo. El hombre es capaz de actuar física y químicamente sobre el suelo (labores, fertilización, enmiendas, drenaje, lavado, desinfección y otras) modificándolo y adaptándolo a las necesidades de los cultivos, e incluso prescindir de él, como en el cultivo hidropónico. Similarmente, es capaz de actuar sobre el clima y suministrar al cultivo un microclima idóneo para su desarrollo controlando la temperatura, la humedad, la iluminación, el viento o la composición del aire (cultivos protegidos).

Con la tecnología agronómica actual sería posible obtener cualquier producto animal o vegetal en cualquier lugar del planeta superando las restricciones climáticas. Ejemplo de ello lo

encontramos en los modernos sistemas de producción cerrados en cámaras climatizadas en los que se producen hortalizas y flores en cultivos sin suelo y bajo iluminación exclusivamente artificial o en las estaciones de investigación enclavadas en la Antártida que se autoabastecen de ciertos productos.

2.1.2. Consideraciones económicas

Salvo contadas excepciones, en los cultivos la producción se dirige a un mercado, en el que el precio final y los costes de producción limitan la aplicación de la tecnología disponible. Así, si atendemos a la economía y rentabilidad del cultivo, el clima sigue siendo un importante factor condicionante, e incluso limitante, de la producción agraria.

La mayoría de las técnicas de control climático tienen un coste elevado. Y no hay que olvidar que la globalización de la economía y el incremento de los intercambios comerciales hace que una inversión para conseguir unas condiciones climáticas que existen en otra zona del planeta de forma natural sea económicamente inviable en la mayoría de los cultivos.

Aún así, existen tecnologías que con un coste razonable pueden contrarrestar satisfactoriamente algunos elementos indeseables del clima, entre los que destacan por su especial carácter limitante: la falta de precipitaciones y las temperaturas adversas (extremas).

Actualmente las técnicas de control climático se realizan en cultivos que tengan un alto valor de mercado (como algunas plantas ornamentales y algunas frutas y hortalizas) y/o en producciones dirigidas al consumo en fresco (y por tanto, de mayor dificultad de intercambios comerciales) especialmente en frutas y hortalizas en cultivos extratempranos y tempranos.

Las técnicas de forzado del cultivo se aplican: en zonas que de forma natural ya tienen buenas condiciones climáticas y lo que se pretende es acentuarlas (por ejemplo invernaderos de Almería o túneles en las fresas de Huelva), en zonas próximas a grandes centros de consumo (ej. Madrid, Barcelona...en plantas ornamentales), o en zonas con buenas redes de comercialización y tradición del cultivo (ej. flores de Holanda).

2.1.3. Consideraciones ambientales. Agricultura sostenible

A las consideraciones económicas que pueden limitar y desaconsejar la utilización de técnicas de control climático hay que añadir consideraciones de tipo medioambiental. Muchas de las técnicas utilizadas suponen un gasto de energía difícilmente compatible con los planteamientos de una agricultura sostenible que permita producciones constantes y de calidad.

Determinadas técnicas de defensa tienen además efectos directos sobre el medio ambiente. Así, por ejemplo, la quema de residuos de distintos orígenes para la defensa contra heladas supone una liberación a la atmósfera de anhídrido carbónico y otros compuestos contaminantes dependiendo de la naturaleza del residuo que se quemó.

2.2. SISTEMAS INDIRECTOS Y SISTEMAS DIRECTOS

2.2.1. Sistemas indirectos

Existen algunos métodos y técnicas que de forma indirecta proporcionan a la planta la posibilidad de soportar en mejores condiciones las adversidades climatológicas.

– Mejora genética

La mejora genética permite obtener nuevas variedades que se adapten mejor a las condiciones de cultivo. Esta técnica ha permitido ampliar la superficie de cultivo de ciertas especies y aumentar de forma espectacular los rendimientos de la producción agrícola.

De diversos cultivos se han obtenido variedades más resistentes al frío, de floración más tardía, insensibles al fotoperiodo, con menores necesidades de horas frío, etc.

En los próximos años la aplicación de la Ingeniería Genética a la mejora de plantas va a posibilitar la incorporación de material genético de especies silvestres a variedades cultivadas. La obtención de cultivares más resistentes a las condiciones adversas se presenta como uno de los aspectos de mayor interés de estas técnicas. Actualmente se trabaja, entre otras, en la obtención de cereales resistentes a la sequía, al encharcamiento o a la salinidad.

– Elección de especies y variedades

En muchos casos es posible elegir especies y, dentro de estas, variedades que de forma natural se adapten a las condiciones climáticas de la zona. Ej.:

- Utilizar cebada (de ciclo más corto) en vez del trigo en zonas de primaveras cortas.
- Utilizar centeno en zonas frías.
- Adecuar el ciclo de la variedad de maíz al clima de la zona.
- Utilizar variedades de soja indiferentes al fotoperiodo en latitudes medias.

- Emplear especies frutales con bajas necesidades de horas frío y dentro de éstas, variedades con menos requerimientos.
- Utilizar patrones de frutales con enraizamiento más profundo en aquellas zonas en que el viento sea un problema.

– Elección del emplazamiento

Determinados emplazamientos son especialmente peligrosos para algunos problemas climáticos. Así, es necesario a la hora de establecer un cultivo considerar los siguientes aspectos:

- La orientación: solana y umbría.
- La relación entre los fondos de los valles y las heladas primaverales.
- Zonas más o menos abiertas a los vientos.

– Prácticas de cultivo

Distintas prácticas de cultivo pueden contribuir a aumentar la resistencia a ciertas condiciones adversas, podemos enumerar:

- Estacionalidad del cultivo: la correcta elección de la época de siembra o transplante puede permitir al cultivo escapar de la acción climática desfavorable, tanto desde el punto de vista de la temperatura como del fotoperíodo. La adecuada elección de la época de poda invernal en cultivos leñosos va en el mismo sentido, ya que puede adelantar o retrasar la entrada en vegetación en primavera, disminuyendo el riesgo de heladas.
- Escardas, eliminación de la vegetación espontánea. La existencia de vegetación es un factor de riesgo en el caso de las heladas de radiación.
- Abonado con dosis equilibradas de nitrógeno. Abonado nitrogenado en exceso favorece el crecimiento vegetativo que en algunos casos puede dar lugar a tallos débiles más propensos al encamado.
- Profundidad, densidad y marcos de siembra y plantación.
- Dotación, frecuencia e intensidad de los riegos.
- Eliminación de masas de aire frío.
- Utilización de reguladores de crecimiento.

2.2.2. Sistemas directos

Se basan en utilizar técnicas específicas para superar las limitaciones climáticas que se presenten, se pueden clasificar los medios de protección de la siguiente forma:

- Medios de defensa:
 - De la parte subterránea de la planta: Acolchado.
 - De la parte aérea: Cortavientos.
Defensa contra heladas.
Defensa contra el granizo.
Sombreado.

- Medios para el semiforzado en producciones anticipadas o retrasadas:
 - Con protección individual de las plantas Campanas y capuchones.
 - Con protección no accesible aplicada a todo el cultivo Agrotextiles.
Cajoneras.
Túneles.

 - Con protección accesible estacional aplicada a todo el cultivo Cobertizos.
Invernaderos túneles.
Invernaderos estacionales.

- Medios para el forzado en producciones fuera de estación:
 - Invernaderos con o sin estructura y con o sin instalaciones de climatización.

Como se ve se incluyen sistemas diferentes empleados en la protección de cultivos por su importancia y distribución en España vamos a ver:

- Defensa contra heladas.
- Defensa contra el viento. Cortavientos.
- Defensa contra el granizo.
- Sombreado.
- Control térmico: acolchado y túneles.
- *Invernaderos: debería incluirse en este punto, aunque en este tema no se cita por existir en el temario un tema específico (Tema 2). En todo caso sería necesario poner un resumen en este tema, especialmente de los sistemas de climatización contemplados en el tema 2: calefacción, enfriamiento, humidificación e iluminación artificial.*

3. DEFENSA CONTRA HELADAS

3.1. TIPOS DE LAS HELADAS

Las heladas pueden ser de tres tipos: de advección, de evaporación y de irradiación.

- **Heladas de advección**

Se producen cuando masas de aire frío invaden una zona. En nuestras condiciones suelen ocurrir con la llegada de olas de frío de origen polar. Es frecuente que vengan acompañadas de viento y precipitaciones.

Algunas características de este tipo de heladas son las siguientes:

- El enfriamiento ocurre de forma rápida aunque a través de los servicios de meteorología su llegada puede ser prevista y anunciada.
- Aparición de temperaturas excepcionalmente bajas.
- Son de escasa frecuencia.
- Se producen generalmente en invierno.

- **Heladas de evaporación**

Se producen cuando un frente frío o un descenso marcado de las temperaturas origina una condensación importante del vapor de agua en forma de rocío provocando una reducción notable de la humedad. Pasado el frío, al volver a alcanzarse las temperaturas normales se produce un gradiente de tensión de vapor muy alto entre la superficie de las plantas en las que se depósito el agua líquida y la atmósfera que se ha desecado. Resultado de ello es la vaporización del agua sobre la planta al aire como vapor de agua. Para la vaporización del agua se necesitan 600 cal./g, calor que es sustraído de la superficie de los vegetales provocando su enfriamiento.

- **Heladas de radiación**

Se producen como consecuencia del enfriamiento de las capas bajas de la atmósfera en contacto con la superficie terrestre que se está enfriando debido a la emisión de calor por radiación a la atmósfera.

El origen de la helada es por tanto la pérdida de calor que sufre el suelo. En efecto, cualquier cuerpo emite energía. La cantidad de energía irradiada por un cuerpo caliente (W) es

proporcional a la cuarta potencia de su temperatura absoluta (T) y la longitud de onda (λ) a la que se irradia la máxima cantidad de energía es inversamente proporcional a dicha temperatura absoluta:

$$W = \sigma \cdot T^4 \quad \lambda = c/T$$

Durante la noche no hay radiación solar, pero sí radiación terrestre que se emite a la atmósfera y que supone un enfriamiento del suelo que origina un enfriamiento intenso de la capa de aire próxima. Este enfriamiento es muy intenso hasta una altura que varía de 5 a 15 metros, aunque puede llegar a superar los 50 m de altura. Por encima de esta capa puede haber aire más caliente (fenómeno conocido como inversión térmica: distribución anormal de la temperatura en la atmósfera ya que las temperaturas más bajas se registran en las capas de aire estratificadas próximas al suelo mientras otras capas de aire más calientes se sitúan sobre el aire frío, en la atmósfera lo normal es que la temperatura del aire disminuya con la altura).

Este tipo de heladas puede ocurrir en primavera, en invierno y en otoño y son muy graves en la agricultura.

Hay una serie de factores que pueden influir en la intensidad de este tipo de heladas:

- Viento. Cuando hay viento no se produce la estratificación del aire frío. El viento mezcla las capas de aire y no se produce la inversión térmica.
- Diafanidad de la atmósfera. La radiación terrestre se emite en una longitud de onda tan larga que no puede ser absorbida por el aire atmosférico ni por los cuerpos vegetales o animales situados en la biosfera por lo que si el suelo está despejado se pierde en las capas altas de la atmósfera. Sin embargo, el vapor de agua, el polvo y el humo atmosférico pueden funcionar como pantallas que devuelven a la tierra parte de la radiación emitida reduciendo la velocidad de enfriamiento, por eso en noches nubladas no se producen este tipo de heladas.
- Topografía del terreno. La estratificación de masas de aire frío se mantiene en terrenos horizontales, mientras que en las pendientes el aire frío se desplaza hacia el fondo de los valles donde al acumularse se producen las heladas más graves.
- Vegetación. En suelos cubiertos de vegetación la probabilidad de helada de radiación es mayor que en los suelo desnudos ya que la vegetación presenta una superficie radiante enorme. Cuanto mayor sea la superficie foliar mayor será el problema.

Los métodos para luchar contra las heladas pueden dividirse en métodos indirectos y métodos directos.

3.2. MÉTODOS INDIRECTOS

Estos métodos no deben significar ningún coste adicional y realizados adecuadamente pueden contribuir a la defensa del cultivo. Los siguientes son los más importantes:

a. Eliminación de las masas de aire frío. Puede evitar las heladas de advección y radiación, se puede actuar de dos maneras: dificultando o impidiendo la entrada de masas de aire frío en las parcelas cultivadas estableciendo setos o barreras cortavientos o no permitiendo que el aire frío se estacione en las parcelas cultivadas eliminando todos los obstáculos que dificulten su drenaje.

La dirección de las filas de árboles en las plantaciones frutales debe ser estudiada minuciosamente en función de la dirección del aire frío para establecer corredores que encaucen su drenaje sin causar daño.

b. Situación y orientación de las zonas de cultivo. La orientación de las parcelas influye en la energía recibida por la radiación solar. La exposición sudoeste es la más favorable, ya que al recibir la radiación solar durante la tarde la tierra se calienta menos e irradia menos calor durante la noche. La exposición a mediodía aumenta la recepción de radiación y proporciona precocidad a la vegetación, pero incrementa el riesgo de heladas de radiación.

Como el aire frío pesa más que el aire caliente se puede acumular en los fondos de los Valles por lo que la probabilidad de heladas es mayor en estas zonas.

c. Elección de especies y variedades resistentes. La resistencia natural al frío de los vegetales depende de su constitución genética, de los factores ambientales y del estado de desarrollo de los cultivos.

Por todo ello, la elección de especies y variedades resistentes debe plantearse en el contexto de las condiciones ambientales y estado de desarrollo en que se producirá la helada.

d. Labores de cultivo. Influyen principalmente en las heladas de radiación. El transporte de calor desde los horizontes profundos del suelo a los superficiales se hace por conducción, y como el coeficiente de conductividad térmica es diferente dependiendo del

medio (de mayor a menor: fase sólida, agua y aire), la velocidad de enfriamiento del suelo dependerá de sus características físicas, así, los suelos apelmazados son buenos conductores y permiten el ascenso de la radiación de calor a la atmósfera con facilidad, puede reducirse este ascenso mediante el laboreo superficial que forma un horizonte de discontinuidad entre las partículas del suelo.

Del mismo modo, los suelos húmedos necesitan mayor aporte de calor para calentarse y mayor inercia térmica y, una vez calientes tardan más en enfriarse, por ello, las labores que favorecen el drenaje superficial pueden reducir los daños de frío.

En los suelos cubiertos de vegetación se produce mayor riesgo de heladas de radiación que en los suelos desnudos, debido a la mayor superficie receptora y radiante de la vegetación. Los cultivos y la vegetación adventicia de mayor superficie foliar son los que presentan un mayor riesgo de enfriamiento por radiación. Las labores de escarda, al eliminar la vegetación adventicia y reducir la radiación terrestre resultan siempre eficaces en la defensa frente a las bajas temperaturas.

e. Fertilización. Los aportes de materia orgánica pueden reducir los efectos de las bajas temperaturas sobre el suelo y la vegetación. Los suelos con bajo contenido en humus son más fríos y al desecarse con mayor rapidez se agrietan y dejan al descubierto los sistemas radicales de las plantas aumentando el riesgo de daños.

Un exceso de nitrógeno puede inducir un excesivo desarrollo vegetativo que aumenta las posibilidades de daños debidos a heladas primaverales.

3.3. MÉTODOS DIRECTOS

Los **métodos directos** de defensa contra heladas se pueden dividir en: cubiertas protectoras, métodos basados en calentamiento, formación de pantallas en la atmósfera, agitación de la atmósfera y métodos bioquímicos.

3.3.1. Cubiertas protectoras (excepto invernaderos)

Se pueden utilizar cubiertas sobre cultivos para protegerlos específicamente del frío (no se contempla por lo tanto aquí invernaderos, etc.). Entre ellas tenemos:

– Recubrimiento del suelo y de las plantas con paja u otros residuos vegetales, materiales plásticos, etc. para reducir la radiación (acolchado).

– Utilización de plantas protectoras. En ocasiones puede ser un buen sistema la siembra simultánea de dos especies diferentes que tengan distinto grado de resistencia al frío, protegiendo la más resistente a la más sensible.

Normalmente, estas protecciones son eficaces solamente para heladas poco intensas y de corta duración, pues se logra pocas veces que la temperatura bajo la cubierta sea considerablemente más alta que la de la atmósfera exterior, como máximo se consiguen dos o tres grados más, pero esta defensa puede ser suficiente para cultivos precoces en primavera.

3.3.2. Métodos basados en el calentamiento

a. Producción de calor seco

Se trata de producir calor quemando un combustible. Se utilizan combustibles sólidos (fuegos de leña, petróleo sólido...), combustibles líquidos (estufas de gasoil), combustibles gaseosos (quemadores de propano) y calefacción eléctrica.

La capacidad de defensa de estos métodos depende de la naturaleza del combustible utilizado y de las características del equipo productor de calor.

El enfriamiento producido durante la acción de las heladas primaverales en la zona mediterránea puede variar entre un mínimo de 600.000 kcal/ha.h (heladas primaverales de radiación de baja intensidad) y un máximo de 5.000.000 kcal/ha.h (fuertes olas frío).

La eficacia térmica de los equipos que realizan las combustiones depende del calor radiante emitido desde la superficie del generador (radiación) y del calentamiento del aire por contacto molecular (convección). Horizontalmente la convección tiene un radio de acción limitado, aunque la producción de calor sea grande, ya que se forma una columna de aire caliente ascendente, además, cuando se ponen en marcha los calentadores se provoca un movimiento del aire frío desde fuera hacia el interior de las parcela protegidas. Para evitar las pérdidas de calor que esto supone, deben reforzarse los bordes y linderos de las parcelas expuestos al norte o a las corrientes habituales de frío, lo que exige utilizar mayor potencia calorífica que la teóricamente necesaria.

Con estos métodos puede conseguirse aumentos de temperatura de 3 o 4°C, habitualmente suficientes para defender las heladas primaverales de la zona mediterránea. Para enfriamientos más importantes estos sistemas pierden eficacia rápidamente.

Pueden utilizarse distintos productos para producir el calor seco:

- Fuegos con leña o restos de vegetación. Se aprovecha el calor de combustión de la leña (2000-4000 kcal/kg dependiendo del contenido de humedad). Para heladas de mediana intensidad sería necesaria quemar entre 500 y 1000 kg de leña por hectárea y hora.
- Bloques de petróleo. Bloques formados a base de petróleo sólido con diversos aditivos para controlar la velocidad de combustión. Se utilizan bloques cilíndricos de 200 mm de diámetro y 250 mm de alto que arden durante 10 horas produciendo 6300 kcal/hora. Por lo que serán necesarios entre 100 y 300 bloques/ha para compensar las pérdidas durante una helada media en la zona mediterránea.
- Bolsas SAGP. Son bolsas de polietileno que tienen serrín, aceite lubricante usado, gasóleo y petróleo, mezclados en diferentes proporciones para regular la velocidad de combustión, se trata de un producto cuyo calor de combustión es próximo a las 7000 kcal/kg.
- Estufas de combustible líquido. Procedimiento muy extendido cuando se dispone de combustibles líquidos, gasóleo generalmente, a precios económicos. Las estufas que se utilizan deberán reunir las siguientes condiciones:
 - Hechas de material que soporten sin deteriorarse fuertes cambios de temperatura (generalmente se construyen en chapas de acero).
 - Tener un depósito de capacidad suficiente para almacenar el combustible necesario para proteger una helada.
 - Contar con un sistema que active la combustión en el momento preciso y un dispositivo de apagado de manejo sencillo.
 - Garantizar una combustión con mínima producción de humos y residuos.
 - Ser fáciles de colocar y retirar así como de almacenar y limpiar.
 - Tener un precio razonable.

Las estufas disponibles tienen una capacidad variable entre 20 y 50 litros. Las de mayor tamaño suelen ir dotadas de una chimenea de 0.6 a 1 metro de longitud que aumenta la superficie de radiación y dirige verticalmente el chorro de aire caliente. Para mejorar la combustión y eliminar contaminantes en los humos, algunas estufas van dotadas de un dispositivo de retorno que comunica la chimenea con la cámara de combustión.

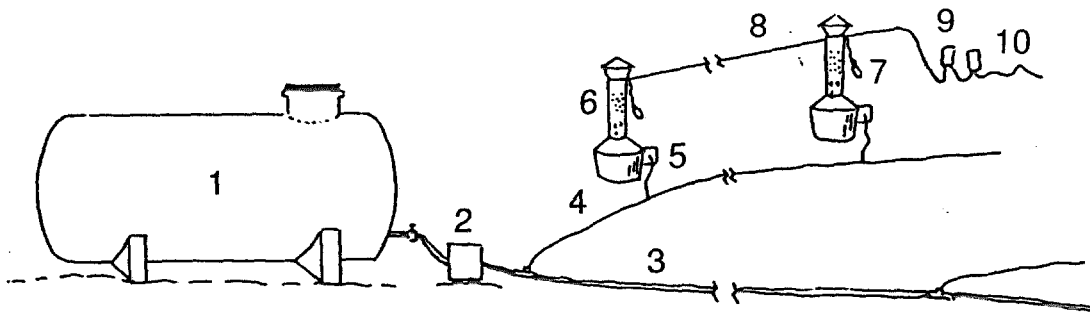
Las estufas se distribuyen en las calles o entre las líneas de cultivo. El marco recomendable para las estufas pequeñas es de 5x5 y para las grandes de 10x10. El tiro regular

de la combustión permite quemar entre 0.5 y 5 l/h. Por razones económicas el combustible más utilizado es el gasóleo. Durante las noches de heladas primaverales de radiación, suele ser necesario quemar entre 1.5 y 2.5 kg de gasóleo por estufa y hora.

Como inconvenientes de estas estufas se pueden señalar:

- Escaso efecto horizontal, que se acentúa en las estufas grandes con chimenea.
- Dificultad de encendido motivado por el elevado número de estufas y la difícil ignición del gasóleo a estas temperaturas.
- Necesita mucha mano de obra si las operaciones se hacen manualmente.

Para resolver estos problemas las modernas instalaciones utilizan mecanismos de encendido automáticos y equipos para distribución mecánica y mantenimiento de nivel de gasóleo en las estufas.



1. Tanque de combustible. 2. Grupo de bombeo. 3. Tubería principal de distribución. 4. Ramales para alimentación de las estufas. 5. Precámara de nivel. 6. Estufa. 7. Botella para encendido automático. 8. Cable eléctrico. 9. Detonador. 10. Aparatos de control.

Figura 1. Representación esquemática del equipo de defensa antihelada mediante estufas de encendido automático

- Quemadores de propano. Se utilizan combustible gaseoso, gas propano. De un tanque centralizado sale una red de tuberías de acero en las que se disponen quemadores de gas.

La velocidad de combustión del propano debe regularse mediante válvulas que controlen el flujo de gas hacia los quemadores. El número de estos varía en función de los marcos de siembra o plantación y del régimen térmico. En el caso en que las temperaturas mínimas sean de -2 o -3°C , suele ser suficiente el empleo de 200 quemadores por ha.

- Estufas eléctricas y lámparas de infrarrojos. Se utilizan en países que disponen de energía eléctrica muy barata. El calor se origina al paso de una corriente eléctrica a través de una resistencia.

b. Obtención de calor del agua

Estos sistemas se basan en aprovechar el calor cedido en los cambios de estado del agua líquida o en el alto calor específico y capacidad calorífica del agua.

- Riego a manta. Referido a la unidad de volumen, el calor específico del agua ($1 \text{ cal/cm}^3 \cdot ^\circ\text{C}$) es aproximadamente el doble que el de las partículas elementales del suelo. Esta propiedad del agua se aprovecha en los riegos a manta con los que, en forma preventiva, se puede acumular calor en el suelo, y reducir la velocidad de enfriamiento. Estos sistemas se pueden utilizar como defensa en suelos poco permeables y con poca pendiente.
- Riego por aspersión. Se utiliza el riego por aspersión antihelada cuyo fundamento es provocar la formación de hielo continuamente sobre la superficie vegetal que se quiere defender para que el calor cedido por el agua en el cambio de estado –líquido a sólido– impida el enfriamiento de los órganos vegetales.

En este sistema de defensa hay que tener en cuenta:

- La dotación de agua de riego, normalmente entre 2-5 mm por hora, es importante definir la cantidad exacta lo que se hará en función de las temperaturas que haya que defender. Exceso de agua puede tener efectos negativos por encharcamiento del suelo o formación de mucho hielo en las ramas que puede ocasionar roturas.
- Las gotas deben ser finas y los aspersores deben tener una velocidad de rotación de 0.5 a 1.5 r.p.m.
- La instalación deberá ponerse en marcha cuando la temperatura esté entre 0°C y -0.5°C .
- Los equipos de riego por aspersión antihelada deben asegurar una cobertura total y riego simultáneo.
- La instalación debe funcionar continuamente sin que se produzcan interrupciones.
- La aplicación del riego se dará por terminada en el momento en que el termómetro de ambiente situado fuera de la parcela protegida alcance los 0°C y muestre una marcha claramente ascendente, aun cuando no se haya fundido el hielo.

- Riego por microaspersión. Se ha desarrollado este método con el fin de ahorrar agua y reducir los inconvenientes derivados de aportes de agua que puedan encharcar el suelo y provocar escorrentías y erosión en las parcelas regadas.

Utilizando microaspersores se puede localizar el riego sobre la vegetación y formar hielos solamente sobre ésta dejando el resto del terreno sin mojar.

3.3.3. Métodos basados en la formación de pantallas en la atmósfera

Estos métodos tratan de formar pantallas que intercepten y reflejen la radiación terrestre reduciendo la velocidad de enfriamiento por radiación.

- Nubes de humo y nubes artificiales. Tanto las nubes de vapor de agua como los humos, proporcionan alguna protección, porque interceptan y reflejan la radiación terrestre reduciendo la velocidad de enfriamiento por radiación.

La eficacia de las nubes de vapor de agua es pequeña porque son bastante transparentes a las radiaciones de longitud de onda larga, y además, el vapor de agua absorbe la radiación infrarroja, con lo que la reflexión es mínima. Además, el elevado coste energético exigido para vaporizar agua, impide utilizar esta posibilidad como método activo de defensa aunque en condiciones naturales, es un hecho comprobado que en las noches con abundante nubosidad es raro que se produzcan heladas de radiación.

La utilización de nubes de humo es muy antigua, se han originado quemando restos de cosechas o neumáticos. Se ha demostrado, sin embargo, que el humo tiene escasa eficacia en la protección antihelada. Con humos muy densos se comprueba que el descenso de la temperatura es más lento, pero al final puede llegarse a la misma temperatura que sin ellos. El humo es relativamente transparente a la radiación de onda larga, dejando pasar la radiación terrestre.

- Aerosoles. Más eficaces son los aerosoles sólidos formados por una dispersión de partículas sólidas muy finas en una gran masa de aire. Su efecto protector se manifiesta por la reducción del enfriamiento del suelo, pero nunca por calentamiento por lo que la protección solo es parcial. La eficacia de los aerosoles sólidos depende de su color y granulometría.

Deben estar formados por partículas blancas, para que el poder de reflexión sea máximo, y su granulometría debe ser suficientemente fina para flotar durante bastante tiempo en la atmósfera, en zonas próximas a la inversión de temperaturas y, sin embargo,

tener un diámetro lo más próximo posible a la longitud de onda de la radiación terrestre (10μ) que deben interceptar.

Entre los aerosoles sólidos más recomendados actualmente, se encuentran las nubes de sulfito amónico, fabricadas in situ a partir de azufre y soluciones amoniacales. El SO_2 obtenido por combustión de azufre en una caldera, se lanza con un ciclón similar al de las máquinas espolvoreadoras. Los gases calientes de la combustión, permiten liberar el NH_3 vaporizando parcialmente el agua que le servía de soporte.

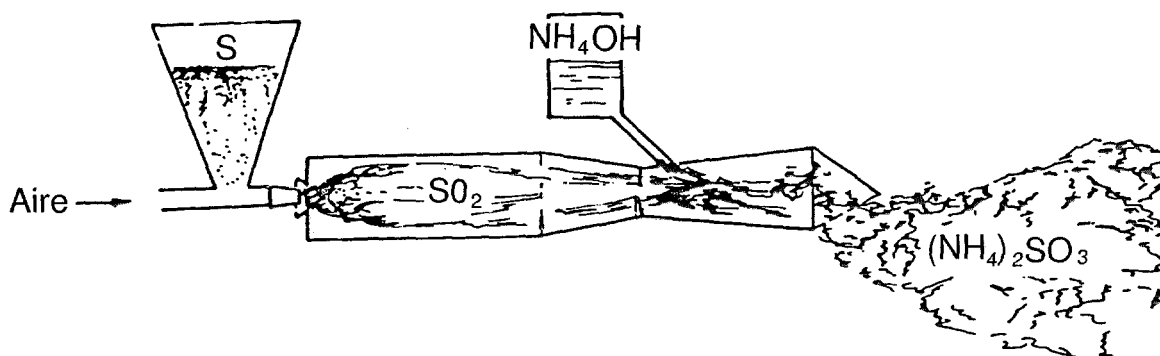


Figura 2. Equipo para producir aerosoles de sulfito amónico a partir de azufre y NH_4OH

Las nubes originadas son de color blanco brillante, aumentan la luminosidad y, al depositarse en el suelo, pueden considerarse un fertilizante en el momento en el que el anión sulfito se oxida a sulfato. Estas razones, unidas al bajo precio de las materias primas (azufre y solución amoniacal), y a la sencillez de la maquinaria generadora motivan que no hay problemas graves al recomendar este sistema de defensa.

Lógicamente, dadas las características del sistema, se trata de un método ideal para defensas colectivas en valles cerrados donde la nube puede mantenerse sobre las parcelas que se desea defender. Además, es un método eficaz solamente para las heladas de radiación, en las que puede garantizarse la defensa ante las heladas primaverales en las que las temperaturas mínimas no superen los -3 o -4°C .

3.3.4. Métodos basados en la agitación de la atmósfera

Todas las superficies radiantes (suelo, vegetación, etc.) se enfrían y por contacto, enfrían la atmósfera que las rodea. Este aire frío, por su mayor peso y escasa conductividad térmica, se acumula en las zonas bajas. Se produce así una distribución anormal de las temperaturas en la atmósfera, ya que se registran las temperaturas más bajas en las capas de aire es-

tratificado, próximas al suelo, mientras otras capas de aire más calientes se sitúan sobre el aire frío.

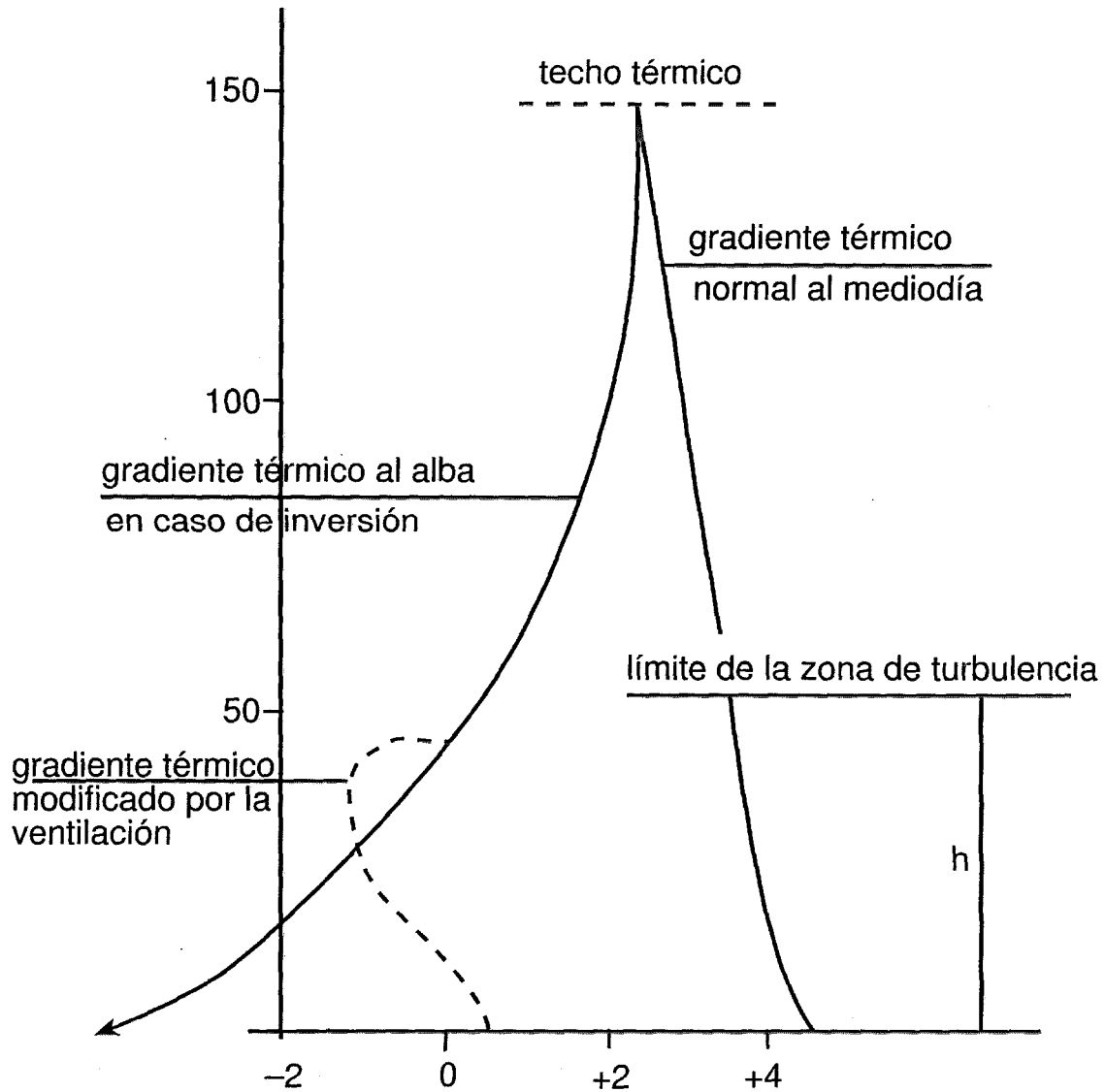


Figura 3. Distribución de las temperaturas con la altura. Inversión de temperaturas

La inversión de temperaturas queda caracterizada por su intensidad (diferencia de temperaturas del aire por encima de la cota de inversión y a nivel de suelo) y por la altura de la zona de inversión. Aunque, a veces, pueda superar los 50 m de altura (inversiones de alto techo), lo normal es que la inversión se sitúe a menos de 10 m de altura (inversiones de bajo techo).

Si se consigue agitar la atmósfera, puede lograrse una mezcla de capas de aire que destruya la inversión de temperaturas y permita obtener una masa media cuya temperatura no resulte peligrosa para el cultivo.

Para conseguir este efecto, se han utilizado en ocasiones helicópteros sobrevolando a altura conveniente sobre el suelo. Diferentes máquinas con diseño específico para mezclar el aire frío de las capas bajas, con el de las capas superiores más calientes, se utiliza este tipo de defensa. Actualmente se utilizan máquinas estacionarias, formadas por torres metálicas de altura superior a la de los cultivos y aspas con perfil aerodinámico para conseguir la máxima turbulencia atmosférica.

Los resultados obtenidos con estos sistemas son muy variables pero, normalmente, se consigue defender heladas de radiación cuando la temperatura de las parcelas protegidas llega a -2 o -3°C .

Debido al escaso rendimiento de estos aparatos, se han combinado sus efectos con los del calentamiento obtenido insuflando al mismo tiempo aire caliente.

3.3.5. Métodos bioquímicos

Actualmente, los centros de investigación que estudian la protección antiheladas mediante métodos bioquímicos trabajan, fundamentalmente en tres direcciones:

- Provocar retrasos en la marcha de la vegetación.
- Activar el proceso de endurecimiento de los vegetales.
- Estimular la producción de frutos partenocárpicos.

El retraso en la fecha de floración de los cultivos puede ser interesante ya que las fases críticas de sensibilidad a las heladas pueden coincidir con las fechas en que se presentan las heladas en la zona. Esto es especialmente importante en frutales como el cerezo o el almendro que necesitan que se dé un buen cuajado si su quieren tener buenas producciones. Para el retraso de la floración se han utilizado diversos productos como el carburo de etileno o el ácido naftilacético con resultados dispares. En todo caso, para disminuir los problemas de heladas lo mejor es la utilización de variedades de floración tardía.

El proceso de endurecimiento constituye uno de los mecanismos con los que la naturaleza ha dotado a los vegetales para que se defiendan de las bajas temperaturas invernales. Parece ser que el endurecimiento se relaciona con la limitación de agua libre en los tejidos vegetales para conseguir mayor resistencia mecánica al frío y estimular la adaptación de las célu-

las al estado de sobredifusión. De forma indirecta puede limitarse el agua libre disminuyendo la actividad vegetativa de la planta (reduciendo la dosis de nitrógeno por ejemplo), o de forma directa con tratamientos con productos como el cycocel, o el ácido dicenilsuccínico.

Los frutos partenocárpicos son los que se desarrollan sin que exista una fecundación previa y su producción puede ser útil en el caso de flores cuya placenta y óvulos hayan sido destruidos por el frío. Se utilizan productos químicos como el ácido giberélico para favorecer su inducción.

4. DEFENSA CONTRA EL VIENTO. CORTAVIENTOS

4.1. CARACTERÍSTICAS

Se pueden definir los cortavientos como estructuras que se oponen a la acción del viento reduciendo su velocidad o cambiando su dirección.

Según la naturaleza del material empleado los cortavientos utilizados de forma más frecuente en agricultura se puede agrupar en:

- Setos muertas, formados por material vegetal (cañizos, zarzos, etc.) o mineral (muros de cerramiento).
- Setos vivos, formados por arbustos o especies arbóreas de porte bajo.
- Barreras de cortavientos formadas por especies forestales de gran porte.

La permeabilidad (al viento) del cortaviento se expresa en el porcentaje de superficie de poros. Pueden clasificarse en:

- Abiertos: aquéllos en los que la superficie de los huecos es superior al 75%.
- Semidensos o semipermeables: aquéllos en los que la superficie de los huecos se encuentra entre el 50 y el 75%.
- Densos o impermeables: aquéllos en los que la superficie de huecos está entre el 25 y el 50%.
- Muy densos: aquéllos en los que la superficie de los huecos es inferior al 25%.

La estructura del cortaviento se caracteriza por la distribución de espacios cerrados y de huecos. Podemos distinguir los siguientes tipos:

- Estructura uniforme.

- Densos en la parte baja y abiertos en la parte alta.
- Abiertos en la parte baja y densos en la parte alta.

La eficacia de un cortavientos depende fundamentalmente de la altura, estructura y permeabilidad que presente. Así, para un seto uniforme, semipermeable y de altura H , se estima que su acción se deja sentir en un entorno que va desde $10 H$, en la zona de barlovento, hasta $30 H$ en la zona de sotavento.

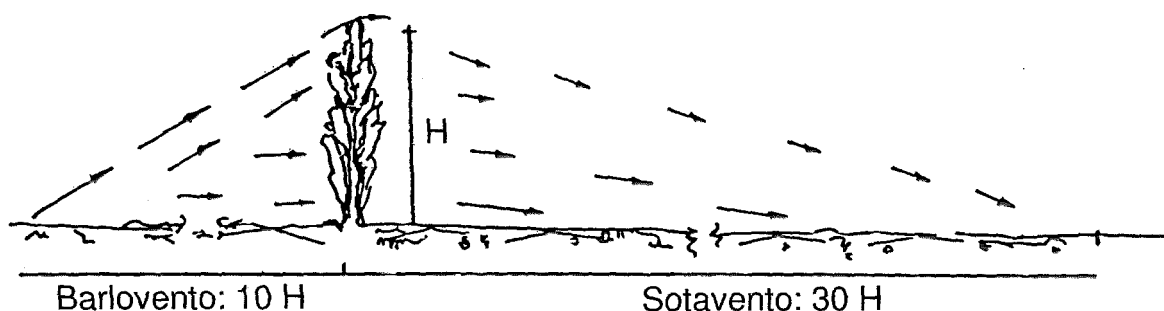


Figura 4. Acción de un cortaviento semipermeable

En el caso de cortavientos impermeables el efecto de frontón que origina motiva la creación de torbellinos, que remontando la altura del seto descienden a la zona de sotavento produciendo daños muy considerables en la zona que se pretendía proteger.



Figura 5. Torbellinos formados por la acción de un cortaviento impermeable

La reducción mayor o menor de la velocidad del viento depende de la permeabilidad del cortaviento, pudiendo establecerse los siguientes valores:

- En los setos permeables, la velocidad del viento puede reducirse a niveles del 40-50% respecto a la del campo abierto, pero su acción es poco significativa para distancias mayores de 15 a 20 H .

- En los setos impermeables, la velocidad puede frenarse casi totalmente y su efecto ser significativo hasta 30 H, pero el peligro de formación de torbellinos les hace poco aconsejables.
- En los setos semipermeables la reducción de la velocidad del viento es del 50 al 70% y su acción se manifiesta hasta distancias superiores a 20 H. Son los más aconsejables.

Las ventajas de los cortavientos se manifiestan en la disminución de los efectos negativos del viento. La máxima ventaja se produce en la floración y la polinización con incrementos de producción de hasta un 50% en frutales sobre parcelas sin defensa debido a las mejores condiciones para la actividad de las abejas. También tiene un efecto claro en la disminución de: las roturas de ramas, deformaciones de árboles y caída de frutos.

El empleo de cortavientos presenta algunos inconvenientes entre los que podemos señalar:

- La pérdida de superficie agrícola útil. Ya que además del cortavientos hay que dejar a ambos lados una franja de 4 o 5 metros para que la maquinaria pueda circular y maniobrar. La pérdida de superficie puede aminorarse si aprovechamos estos espacios para lindes, caminos de servicio, acequias, etc.
- Ejercen un sombreado sobre los cultivos. Depende de la naturaleza y la altura del cortavientos, así como de su orientación, de la latitud de la zona y de la época del año.
- Compiten con el cultivo por el agua y los elementos nutritivos en el caso de los setos vivos. Esta competencia depende del tipo de enraizamiento que tenga la especie que forma el seto por lo que deberán elegirse especies de enraizamiento pivotante que además dificultan menos las labores de cultivo. Para impedir este inconveniente pueden tomarse algunas medidas como la práctica de subsolados paralelos al seto a 3 metros de distancia y 1 metro de profundidad para evitar la penetración de las raíces en la zona del cultivo. Sin duda alguna la mejor medida es la de regar y abonar el seto como si se tratara de un cultivo.
- Mayor incidencia de plagas y enfermedades. Los setos pueden ser refugio de muchos insectos que pueden utilizarlos para hacer las puestas. La manera de evitar este problema es el tratamiento de los setos con los correspondientes insecticidas y fungicidas si bien, dependiendo de su altura, en algunos casos puede ser problemático.

– Pueden favorecer las heladas de advección y de radiación al evitar el movimiento del aire lo que facilita su embolsamiento.

4.2. ESTABLECIMIENTO DE CORTAVIENTOS

• Espaciamiento

De acuerdo con las consideraciones hechas anteriormente, pueden recomendarse los siguientes espaciamientos entre líneas consecutivas de cortavientos:

- Semipermeables, distancias variables entre 15 y 20 veces su altura.
- Abiertos e impermeables, distancias de 6 a 10 veces su altura.

• Orientación

Conocida la rosa de los vientos de la zona se escoge la orientación de forma que sea perpendicular a los vientos más frecuentes o peligrosos de los que queremos defendernos. En los casos en que existan vientos de varias direcciones se puede ir girando la dirección del cortavientos teniendo en cuenta que sigue teniendo una eficacia aceptable siempre que su dirección forme un ángulo inferior a 30° con la dirección del viento.

• Reticulado

En muchos casos es necesario defender vientos de varias direcciones siendo necesario establecer con los cortavientos una estructura radical o de malla. Con el fin de disminuir los problemas de pérdida de terreno y dificultar lo menos posible las labores y las operaciones agrícolas, lo más frecuente es establecer disposiciones rectangulares, defendiendo dos direcciones dominantes.

• Anchura

En el caso de utilizar material inerte no se da excesiva importancia a este punto ya que la anchura será la que corresponda a los propios materiales utilizados. Cuando se utiliza material vivo se procurará disminuir la superficie ocupada situando los individuos en una sola línea, sin embargo en algunas ocasiones no hay más remedio que plantar en dos o tres líneas para que especies arbustivas de porte bajo cierren los huecos dejados por especies de porte alto.

4.3. MATERIALES A UTILIZAR

4.3.1. Especies vegetales

Dadas las características de su función, las especies de posible uso en la formación de barreras cortavientos deben cumplir las condiciones siguientes:

- Ser de crecimiento rápido y erguido.
- Porte fusiforme y gran altura.
- Rústicas, vigorosas y bien adaptadas.
- Sistema radical no demasiado invasor.
- Madera no quebradiza y a ser posible con aprovechamiento industrial.
- Vegetación no excesivamente densa.
- Cuando sea necesario defender la polinización la especie utilizada debe ser de hoja perenne o en su defecto que la brotación sea suficientemente temprana.

Para la formación de setos vivos pueden utilizarse las siguientes especies vegetales:

– Especies vegetales arbóreas

- Cipreses (*Cupressus sp.*). Se forman con bastante rapidez y tienen la ventaja de no provocar excesivas competencias radicales. Suelen plantarse a distancias de 2-3 metros según especies y variedades. La altura normal que alcanzan estos cortavientos es de 8 a 15 metros y la zona protegida se extiende hasta 100-200 metros.

Las especies más utilizadas son el ciprés común (*C. sempervirens L*) y el ciprés arizónica (*C. glabra*). Son especies que se adaptan bien a toda clase de suelos y que no requieren gran fertilidad. Resisten muy bien el calor y la sequía siendo la segunda especie más resistente al frío que la primera.

- Chopos. Son múltiples las especies utilizadas con este fin dentro del género *Populus*. Eligiendo la más adaptada a cada región dan en general buen resultado. Su madera es aprovechable y cumplen los requisitos para formar barreras. Suelen plantarse a distancias variables de 2 a 3 metros y debido a su rápido crecimiento pronto alcanzan los 15 a 25 metros de altura.

Son especies poco exigentes en fertilidad de suelos, pero requieren abundante humedad. Los principales inconvenientes para su empleo se deben a su gran desarrollo radi-

cal en superficie, que puede ocasionar fortísima competencia a los cultivos y dificultar las labores. No son muy longevos.

Algunas especies utilizadas:

- *Populus nigra* L var. *Pyramidalis* o chopo común o lombardo.
- *Populus alba* L var *Pyramidalis* o chopo blanco.

- Pinos. Tienen el inconveniente de su lento crecimiento y de formar copa dejando al descubierto la parte baja. Las especie más utilizadas en España son: *P. halepensis* (pino carrasco), *P. pinaster* (pino resinero), *P. pinea* (pino piñonero) y *P. sylvestris* (pino albar).

Los bosquetes de pinos existentes en muchas zonas agrícolas y en zonas litorales constituyen eficaces barreras cortavientos.

- Eucalipto. Muy utilizado en cortavientos por su rápido crecimiento y gran altura y por ser aprovechable la madera. Puede utilizarse la especie *Eucalyptus globulus* L de gran rusticidad. Como inconveniente su gran desarrollo radical muy superficial.

- Falsa acacia. En plantaciones lineales se utiliza la falsa acacia o acacia de flor blanca (*Robinia pseudoacacia* L) como especie ornamental y cortavientos en paseos, avenidas y zonas urbanizadas. Tienen un crecimiento rápido y buena longevidad. No es exigente en condiciones climáticas ni en suelos.

- Abedul. Se utiliza como los chopos pero en regiones húmedas y de clima suave. Es sensible al frío pero aún más al calor y a la sequía. Se utilizan las especies: *Betula alba* y *Betula verrucosa*.

- Falso plátano. Plantado en alineaciones constituye un árbol ornamental en calles y bulevares que ofrece un efecto cortaviento en zonas urbanizadas. La especie más utilizada es el *Platanus x hybrida*. Requiere suelos fértiles y frescos sin exceso de cal. De gran longevidad alcanza los 20-25 metros de altura.

– Especies vegetales arbustivas

- Tuyas. Se utiliza la *Thuja orientalis* L para formar setos de poca altura (1.5 a 2 metros) en plantaciones lineales a 0.5 metros de separación. Resiste muy bien el calor y la salinidad, pero su desarrollo es lento.

- Enebros. Se utiliza el enebro de virginia (*Juniperus virginiana L*) para formar setos bajos, de altura inferior a 3 metros generalmente.
- Taray. Se utiliza las especies *Tamarix gallica L* y *Tamarix africana L*. Son especies muy rústicas y resistentes al frío y con gran capacidad de adaptación a suelos pobres y arenosos.
- Transparente. Se utilizan las especies *Myoporum insulara L* y *Myoporum serratum L* para formar setos de altura variable entre 1 y 2 metros. De exigencias similares al taray son mucho menos resistentes al frío.

4.3.2. Setos muertos

Para la formación de setos muertos pueden utilizarse los materiales siguientes:

- Cañas. Formando zarzos o conjunto de cañas atadas con alambre galvanizado que se sujetan con postes o pies derechos anclados al suelo, o bien se utilizan cañas clavadas en el suelo directamente. En el primer caso pueden establecerse setos de hasta 2 metros de altura en el segundo es difícil superar el metro.
- Materiales de construcción. Normalmente ladrillos o bloques de hormigón de diferentes perfiles con los que se hacen muros de cerramiento.
- Telas de material plástico. Con un porcentaje de huecos del 50%, su uso está en aumento y constituyen un buen seto para cultivos bajos.

5. DEFENSA CONTRA EL GRANIZO

El granizo es una precipitación de agua helada que cae violentamente, cuando el tamaño de los granizos es grande se habla de pedrisco. El granizo se forma en los cumulonimbos donde las corrientes ascendentes convectivas arrastran gotas de lluvia formadas por condensación intensa y por colisión-coalescencia, hasta niveles más altos donde se congelan cristalizándose en forma de granizo. Las gotas congeladas caen nuevamente al alcanzar niveles de menor convección recubriéndose de hielo al chocar con gotas subfundidas. Los movimientos alternativos ascendentes y descendentes repetidos dan lugar a capas de hielo concéntricas.

La defensa contra el granizo es un problema muy antiguo, que afecta a los más importantes cultivos que anualmente sufren daños importantes, se ven especialmente

afectados los cultivos frutales que sufren, además de la destrucción de la producción del año, efectos también negativos para los años sucesivos.

Entre los sistemas de defensa disponibles actualmente debemos distinguir los directos (medios de lucha activos de diferentes clases como cohetes explosivos, generadores de yoduro de plata y redes de plástico) y los indirectos que tienden a reducir los daños sufridos por el agricultor por medio de diversas formas de seguros.

Veamos las características de los diferentes métodos de defensa.

5.1. COHETES EXPLOSIVOS

Estos cohetes están contruidos con cartón u otro material no metálico, contienen 1.5 kg de pólvora negra y 800 gr de trilita y alcanzan alturas de explosión previamente establecidas de 1500-2000 m. Provistos de aletas direccionales de plástico y de un sistema de disparo a distancia, adquieren después de encendidos una velocidad supersónica por lo que en pocos segundos alcanzan la altura deseada y explotan dentro de la nube. Su efecto viene ligado con la onda producida por la explosión, que determinará por el fenómeno de cavitación la disgregación de los núcleos de hielo y por lo tanto la caída del granizo ablandado y disgregado.

Para lograr un cierto grado de garantía con este tipo de defensa es necesario respetar algunas exigencias fundamentales. Se deben utilizar un número suficiente de posiciones separadas una distancia de 500 metros dotadas de dos o más rampas de lanzamiento, actuar oportunamente de manera que los lanzamientos se produzcan al mismo tiempo que la caída de los primeros gránulos de granizo, así como alcanzar a la nube en el momento justo con el número adecuado de cohetes. Además, es necesario disponer de un servicio eficiente de información en relación con las condiciones meteorológicas así como sobre la previsión y evolución del temporal. Los fracasos registrados a veces con este sistema de defensa deben atribuirse a intervenciones inoportunas e inadecuadas, así como a las dificultades inherentes a una buena aplicación.

5.2. GENERADORES Y COHETES DE IODURO DE PLATA

La inseminación de las nubes con núcleos glaciógenos de ioduros metálicos (plata y plomo) es un sistema muy prometedor para modificar el clima y para la defensa contra el pedrisco, trombas de aire, etc. Estos núcleos actúan como núcleos de condensación necesarios para que se produzca la condensación del vapor de agua en las gotitas que forman las nubes, la precipitación ocurre posteriormente por los procesos de colisión-coalescencia (fenómeno de formación de una gotita de agua líquida única por reunión de dos o varias gotitas que entran en

colisión, en regiones tropicales o en nubes calientes) y la existencia de cristales de hielo que dan lugar al crecimiento de gotitas de masa suficiente como para vencer la resistencia del aire y alcanzar la superficie terrestre en forma de precipitaciones.

Al contrario de lo que ocurre con los cohetes explosivos, este método debe ser considerado preventivo de la formación del granizo, por cuanto al provocar la caída de lluvia reduce la posibilidad de formación de granizo.

La inseminación de las nubes puede realizarse con quemadores en el suelo o bien con cohetes lanzados desde tierra o desde el aire. Con estos sistemas se puede conseguir, además de un aumento y una regulación de la lluvia, una apreciable reducción de los daños provocados por el pedrisco.

Los generadores utilizan una solución acética de AgI que se nebuliza por un pulverizador adecuado que se inyecta en una llama de propano. El rendimiento de los generadores es de $3 \cdot 10^{15}$ núcleos activos por cada gramo de Ioduro de plata utilizado.

El funcionamiento de los generadores se produce en un centro operativo en el que, a continuación de un análisis detallado de las condiciones meteorológicas locales y generales, se ponen en funcionamiento generadores distribuidos por la zona afectada. El número de generadores y la extensión de la zona de operaciones deben ser previamente previstos según las características orográficas de la región y las demás condiciones climáticas.

5.3. REDES ANTIGRANIZO

Sin duda supone el sistema de defensa activa más eficaz y seguro. La introducción de los materiales plásticos en la agricultura ha hecho posible la extensión a gran escala de este medio de defensa que en el pasado se utilizaba muy raramente.

Se utilizan redes tejidas de color negro y alta resistencia a la presión (500-550 kg/m²), muy ligeras (40 gr/m²), con mallas cuadrangulares de unos 4x7 mm que se fabrican en rollos de un anchura entre 2 y 5 m y una longitud variable entre 100 y 300 metros, muy utilizadas en frutales. Es caro y necesita estructuras fijas.

Si la difusión de estos tipo de protección progresase y los costes disminuyeran, podrían suponer una solución total, preferible a los seguros o a las indemnizaciones por daños que no tienen la ventaja de salvar la producción.

También debe ser tenido en cuenta que la propia defensa contra el granizo se debe sumar el que las redes reducen las variaciones térmicas con menores daños en el caso de heladas tardías, atenuando además la intensidad del viento y la violencia de la lluvia.

5.4. SEGUROS AGRARIOS

En los seguros agrarios contra el granizo el agricultor asegura su cosecha de forma que pagando una póliza anual contrata un seguro que le pagará los daños que sufra su cosecha en el caso de que ocurra una granizada.

En general, dada la frecuencia de granizadas y la importancia de los daños este tipo de seguros no es rentable para compañías privadas de seguros por lo que frecuentemente existen importantes subvenciones de origen estatal. En España a través del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación se ofrece al agricultor un Plan de Seguros Agrarios Combinados mediante el cual se puede asegurar las producciones agrícolas contra las inclemencias climatológicas.

6. SOMBREADO

Por lo que se refiere a los medios de sombreado conviven los medios tradicionales (esteras de paja o caña) junto a las redes de sombreado plástico utilizadas sobre todo en los cultivos ornamentales y en los viveros.

En el sombreado plástico se utilizan redes tejidas de fibra o de cinta de color verde o negro con un porcentaje variable de sombreado entre el 25 y el 50%, incluso hasta el 70% con una anchura entre 1.5, 2 y 3 metros. Se emplean apoyadas directamente sobre la protección a sombrear o se fijan a postes y son convenientemente tensadas para evitar la formación de bolsas. Cuando la finalidad de las redes de sombreado es disminuir además de la luminosidad la temperatura, es conveniente fijarlas al exterior de la protección.

Estas redes también se han mostrado eficaces contra la escarcha tardía tanto en cultivos herbáceos como leñosos siendo su acción más eficaz que las redes antigranizo por la mayor densidad de la malla.

Su ligereza y facilidad con que pueden ser enrolladas sobre un cilindro hacen su utilización práctica y funcional. Su coste es elevado aunque sus características de inalterabilidad y duración son buenas.

7. CONTROL TÉRMICO: ACOLCHADO Y TÚNELES

7.1. ACOLCHADOS

7.1.1. Ventajas del acolchado

El acolchamiento, empajado o mullido, ha sido una técnica utilizada de forma tradicional por los agricultores con la finalidad de defender los cultivos y el suelo de la acción de los agentes atmosféricos. Para ello se disponían sobre la superficie del terreno una capa protectora formada por materiales de origen vegetal como pajas y cañas o de origen mineral como la arena.

En los últimos años la aparición de los materiales plásticos (PE y PVC) ha desplazado a los materiales anteriores con ventajas adicionales a las que aportaban los materiales tradicionales. El acolchamiento con plásticos influye de forma importante en las siguientes propiedades:

- Humedad del suelo. La impermeabilidad del plástico al agua líquida o gaseosa impide la evaporación del agua del suelo, aumentando el agua disponible para las plantas.
- Temperatura del terreno. Los plásticos utilizados en el acolchado dejan pasar la radiación del sol durante el día mientras que durante la noche el filme detiene, en cierto grado, el paso de las radiaciones caloríficas del suelo hacia la atmósfera (efecto invernadero). Esto se traduce en una mayor temperatura en el suelo bajo el plástico que en el suelo desnudo con importantes efectos en cuanto a la precocidad de los cultivos.
- Fertilidad de las tierras. La mayor humedad y temperatura favorece la nitrificación y por tanto, la absorción de nitrógeno por la planta. Por otra parte, al estar protegido el suelo de la lluvia las pérdidas de nitrógeno por lixiviación serán menores.
- Vegetación espontánea. El crecimiento de la vegetación espontánea depende del color del plástico utilizado lo que condiciona su permeabilidad a la radiación solar. Si se emplean plásticos negros se anula totalmente el crecimiento de las malas hierbas. Con otras tonalidades aparecen malas hierbas que se combaten con herbicidas o mueren sin llegar a fructificar debido a las altas temperaturas que se alcanzan bajo el mismo.
- Protección de los frutos. Los filmes de plástico actúan como barrera de separación entre el suelo y la parte aérea de la planta evitando que los frutos o las hojas que están en contacto directo con la tierra se manchen o cojan humedad, obteniendo los produc-

tos una calidad y presentación que los hace mejores desde un punto de vista comercial.

Esto es especialmente interesante en las plantas que producen frutos rastreros tales como: fresas, melones, pepinos, etc.

Como consecuencia de los puntos señalados anteriormente, el acolchamiento del suelo con láminas de plástico permite:

- Obtener producciones: más abundantes, más precoces, sanas y limpias.
- Reducir los riegos.
- Suprimir ciertas labores culturales como binas, escardas...
- Reducir la mano de obra.

7.1.2. Cultivos que se pueden acolchar

Si consideramos los efectos beneficiosos que el acolchado tiene sobre los cultivos es fácil suponer que su práctica es ventajosa para la mayoría de los cultivos, y que la limitación de su uso viene dada en muchos casos por el coste del material y de la puesta en el terreno.

Actualmente la utilización del acolchado en España se plantea para los siguientes fines:

- Aumentar la precocidad en cultivos hortícolas: berenjena, pepinos, calabacín, judía...
- Asegurar la nascencia en la siembra directa y aumentar la precocidad en algunos cultivos hortícolas. Especialmente se emplea en tomate y melón en regadíos extensivos con siembra directa.
- Acortar el ciclo del cultivo disminuyendo el tiempo necesario en las primeras fases del cultivo. Es al caso del algodón.
- Producir frutos sano y limpios, control de malas hierbas, etc. Especialmente en cultivos hortícolas, ornamentales y viveros cuya rentabilidad justifique la inversión.

7.1.3. Tipos de plástico utilizados en acolchamiento de suelos

A nivel mundial el material plástico más utilizado actualmente en el acolchado de suelo es el polietileno, fundamentalmente debido a tener el precio más bajo de los plásticos normalmente usados en agricultura.

Atendiendo a su coloración o pigmentación los tipos de filmes que actualmente se utilizan para esta aplicación se pueden dividir en: negro opaco, transparente, gris-humo, verde,

marrón y metalizado. Cada tipo de plástico posee unas características determinadas con efectos diferentes sobre los cultivos. Por ello es necesario por parte del agricultor conocer el comportamiento de cada uno de ellos.

Veamos las propiedades más importantes de los plásticos transparentes, gris-humo y negro-opaco. El resto de los colores se utilizan muy poco en España.

– Los filmes transparentes. Los filmes transparentes son permeables a la luz solar (80%) lo que ocasiona un notable calentamiento del suelo durante el día al actuar como abrigo, este efecto facilita la germinación de las semillas, favoreciendo el crecimiento de los cultivos y dando lugar a la obtención de cosechas precoces. Este tipo de filmes eleva más que los otros la temperatura máxima del día.

Al dejar pasar las radiaciones visibles, unido al aumento de temperatura, se desarrollan bajo el plástico malas hierbas que causan ciertos perjuicios a las plantas como: competencia por el agua y los nutrientes del suelo con el cultivo y daños mecánicos en los plásticos al levantarlos. Las malas hierbas así originadas mueren normalmente por asfixia debido a las altas temperaturas, en todo caso la utilización de herbicidas de pre-emergencia en el caso de utilizar este tipo de plástico es muy interesante.

En cuanto a las radiaciones de onda larga emitidas por el suelo y las plantas este tipo de plástico es también transparente. Sin embargo, debido al calentamiento que sufre el suelo durante el día se producen condensaciones en la cara interior del plástico como consecuencia de la evaporación constante del agua del suelo y el contacto con el plástico más frío, estas condensaciones actúan como pantalla de las radiaciones del suelo hacia la atmósfera impidiendo que el suelo se enfríe rápidamente por la noche.

– Los filmes negro-opacos. Estos filmes absorben gran parte de la radiación solar recibida (el plástico se calienta) transmitiéndola por radiación hacia el suelo y la atmósfera por lo que el aumento de temperatura del suelo es pequeño. El aumento de la temperatura que se origina sobre la superficie del filme puede causar serios problemas como: quemaduras de las plantas jóvenes que permanecen en contacto con la lámina de plástico y riesgos mecánicos por dilataciones y contracciones del material.

En cuanto a las radiaciones visibles estos filmes no transmiten las radiaciones visibles comprendidas entre 0.3 y 0.8 micras de longitud de onda, necesaria para la fotosíntesis, por lo que las malas hierbas no crecen, dando lugar a que los cultivos se desarrollen satisfactoriamente al no tener competencia por el agua y los nutrientes. Todo esto

se traduce en un aumento de la producción y una cierta precocidad en la recogida de frutos.

El filme negro-opaco es poco permeable a las radiaciones caloríficas lo que impide durante la noche la aportación de calor del suelo hacia las partes aéreas de las plantas.

– Los filmes gris-humo. Estos filmes absorben sobre su superficie las radiaciones caloríficas en menor cuantía que el negro opaco, debido a ello no causan daños a los cultivos y permiten calentar el suelo durante el día.

En cuanto a las radiaciones visibles este tipo de filme permite el paso del 35% de la radiación recibida, deteniendo considerablemente el crecimiento de las malas hierbas.

Son bastante permeables a las radiaciones caloríficas por lo que el comportamiento nocturno de estas láminas es muy similar al transparente.

7.1.4. Duración de los filmes de plástico

La duración de los plásticos va a estar en función de los siguientes puntos:

- Condiciones climatológicas de la zona, especialmente las oscilaciones de temperatura.
- Estación del año. En primavera-verano el efecto de los rayos UV (ultravioletas) sobre los plásticos es más intenso degradándose más rápidamente.
- Calidad de los plásticos. Incorporación de inhibidores de UV o antioxidantes.
- Cuidado en el manejo del plástico.
- Tipo de plástico.

Uno de los mayores problemas que origina el acolchamiento de los cultivos es la retirada de los restos una vez recogidas las cosechas. Como los plásticos están en su mayoría rotos y dispersos su recogida es lenta y laboriosa por lo que el agricultor decide dejarlos sobre el terreno para que se degraden poco a poco con el tiempo. La destrucción total de los plásticos es lenta y su presencia dificulta las labores de cultivo. Para paliar estos problemas se han desarrollado plásticos fotodegradables que tienen la propiedad de degradarse en pequeños trocitos una vez transcurrido el tiempo en que se necesitan. La duración de estos filmes estará en función del ciclo vegetativo del cultivo, es decir, del tiempo durante el cual el filme ha de permanecer sin romperse y del clima del lugar de la aplicación.

7.1.5. Tipo de filme a utilizar según las necesidades

Dado que el comportamiento de los plásticos es diferente de acuerdo con el color del mismo es necesario elegir el tipo de plástico que se va a utilizar al hacer un acolchado. Es especialmente interesante valorar el efecto del color sobre el calentamiento diurno del suelo, el desarrollo de malas hierbas o el enfriamiento nocturno del suelo.

Considerando estos aspectos podemos elaborar la siguiente tabla en cuanto a la correcta utilización de los distintos filmes en el acolchado:

FILME TRANSPARENTE	FILME NEGRO-OPACO	FILME GRIS-HUMO
<ul style="list-style-type: none"> - Cultivos estacionales. - Terrenos tratados con herbicidas. - Cuando se busque especialmente la precocidad del cultivo. - Para favorecer la nascencia de las semillas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cultivos de uno a tres años. - Terrenos con problemas de malas hierbas. - Cuando se busque un aumento de rendimiento. - Para obtener producciones limpias y sanas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cultivos estacionales o de uno o más años. - Terrenos no muy infectados de malas hierbas. - Cuando se busque aumentos de rendimiento y precocidad.

7.1.6. Medidas y espesores de los filmes para acolchamiento

Los filmes pueden adquirirse en el mercado en forma de rollos de anchura, longitud y espesor variables.

La anchura a elegir es la que convenga al cultivo. Debe tenerse en cuenta que para el anclaje del filme al suelo hay que enterrar unos 10 cms de los bordes del plástico, la anchura total será la necesaria para cubrir el caballón aumentada en 20 cms, que son los que quedan enterrados. Para el acolchamiento de suelos se emplean en cada región y dependiendo del cultivo anchuras variables aunque en líneas generales puede decirse que varían entre 0.60 y 1.5 m.

En cuanto al espesor, debe valorarse su influencia sobre la transmisión de las radiaciones y su resistencia. Los espesores más utilizados son:

- En cultivos estacionales (menos de un año) de 0.025 - 0.050 mm (100-200 galgas).
- En cultivos de uno a tres años de 0.050 - 0.0625 (200-250 galgas).

7.1.7. Modalidades de acolchamiento

El acolchamiento del suelo puede ser total (se acolcha toda la superficie del suelo) o parcial. Dentro de este último puede hacerse de distintas formas:

– Acolchamiento de lomos, mesetas o camas. Consiste en cubrir de forma total o parcial los lomos de los surcos o de las mesetas de cultivo sujetando el plástico mediante el enterramiento de unos 10 cms de sus bordes.

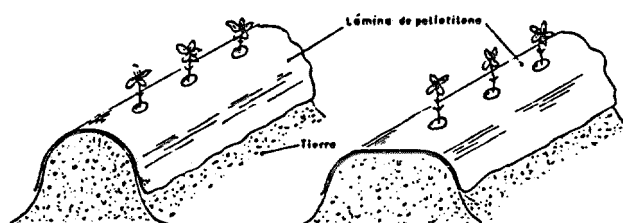


Figura 6. Acolchamiento parcial de lomos de surcos, caballones o camas

En el caso de que la siembra o el trasplante se hagan posteriormente a la instalación del plástico se realiza por medio de pequeñas perforaciones en la lámina de plástico depositando la semilla o poniendo la plántula a la distancia conveniente.

– Acolchamiento parcial con círculos o cuadrados de plástico. Con este sistema se cubren pequeñas porciones de suelo de forma cuadrada o circular de tal forma que cada planta lleva su acolchamiento particular e independiente del resto. Ahorra plástico pero su instalación es más costosa en mano de obra. Sólo es interesante en caso de marcos amplios, como en el caso de los frutales.

– Acolchamiento de líneas o hileras de plantas. Este caso es similar al acolchamiento de mesetas con la diferencia de que en este caso las franjas de plástico son más estrechas.

– Acolchamiento mediante sistemas de microtúnel. Todas las modalidades descritas anteriormente puede adoptar el sistema de microtúnel el cual consiste esencialmente en cubrir a la planta con una lámina de polietileno para protegerla durante las primeras fases de su desarrollo.

Se procede de la siguiente manera: en la cresta o lado del caballón o cama se realizan pequeñas cavidades de 20 cm de diámetro y 15 cm de profundidad. En el fondo se depositan las semillas cubriéndose éstas con arena o tierra suelta procediéndose luego a

cubrir el caballón con el plástico. Transcurridas dos semanas las hojas de la planta tocan el plástico y se procede a perforar la lámina.

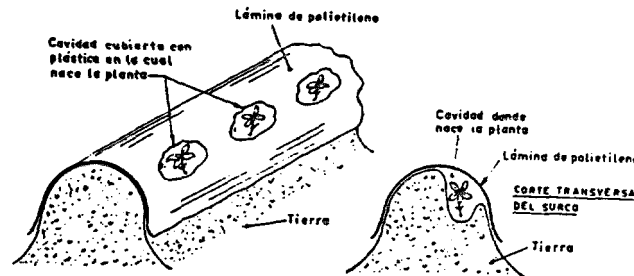


Figura 7. Sistema de acolchamiento con micro-túnel (cavidad) en la cara del caballón o lomo del surco

7.1.8. Colocación de los filmes sobre el terreno

La colocación del plástico puede realizarse antes o después de realizar la siembra o el transplante, dependiendo del cultivo y de las zonas. En todo caso, el terreno debe estar previamente preparado con labores profundas y superficiales.

La colocación de los filmes sobre el terreno puede realizarse de forma manual o mecánica.

– Colocación mecánica. Es la única viable en parcelas de grandes superficies. El acolchamiento de la lámina al suelo se realiza mediante un apero que hace a la vez la colocación y sujeción del filme al terreno. Estos aperos constan de los siguientes elementos:

1. Bastidor con un eje sobre el que se instala la bobina de plástico.
2. Dos rejas que abren los surcos laterales.
3. Un rodillo que tensa la lámina de plástico y la va acoplando al suelo.
4. Dos discos que van enterrando los bordes de la lámina en los surcos abiertos previamente.
5. Dos ruedas que permiten regular la altura y que van pisando al plástico en ambos bordes para facilitar el enterramiento de éstos.

El apero va sujeto a la parte trasera del tractor y su regulación permite acolchar suelos con distintas anchuras y formas. En muchos casos existe maquinaria que permite instalar el plástico a la vez que se realiza la siembra e incluso se realizan tratamientos herbicidas o insecticidas.

– Colocación manual. Por ser una tarea muy laboriosa este sistema sólo se utiliza en el caso de pequeñas parcelas o en aquéllos otros en los que por alguna causa (laderas, arbolado...) no sea posible efectuarlo mecánicamente.

Se procede de la forma siguiente:

1. Se forman sobre el terreno los bancales o lomos sobre los que se va a realizar la plantación de forma que queden ligeramente abombadas desde su parte superior.
2. En un extremo de cada lomo se realiza un zanja transversal al mismo de unos 10-15 cms en el cual se enterrará el extremo del plástico para que el mismo pueda ser desenrollado.
3. En sentido longitudinal y paralelamente a los lomos se preparan unos pequeños surcos con una profundidad de 10 cms.
4. Se desenrolla la bovina de plástico introduciendo en el interior de la misma una barra sujeta por dos hombres. Se desenrolla la bovina a la vez que los hombres avanzan a lo largo del lomo.
5. Los bordes de la lámina se entierran en los pequeños surcos abiertos lateralmente.

7.1.9. El acolchado en España

En España en 1998 se calculaba que se acolchaban en pleno campo más de 100.000 has. Además no solo se acolchan cultivos hortícolas pues se acolcha también, por ejemplo, el algodón.

Tradicionalmente se acolchaban cultivos en zonas tempranas con el fin de aumentar su precocidad. En los últimos años la práctica del acolchado se ha extendido a otras zonas siempre que vayan dedicadas a consumo en fresco como el caso del espárrago.

También se ha implantado la práctica del acolchado en algunos cultivos en los que interesa disminuir la duración del ciclo con el fin de poder llegar a las condiciones de recolección sin problemas de lluvia con variedades más productivas (ciclos más largos) o con el fin de poder realizar una única recolección mecánica (caso del algodón).

En los últimos años en algunos cultivos que tradicionalmente eran de transplante se está implantando el acolchado simultáneamente y como parte importante de la técnica de siembra directa, es el caso del tomate de industria.

7.2. TÚNELES

El forzado mediante túnel consiste en cubrir el cultivo, fundamentalmente durante sus primeras fases, con una sencilla construcción de forma más o menos semicircular, formada por unos pequeños arcos y una cubierta constituida por una lámina de plástico.

7.2.1. Materiales empleados en la construcción de túneles

• Cubiertas plásticas

Para la cobertura de los túneles es habitual utilizar en España, por ser más económico, el polietileno normal, en otros países también se emplean otros plásticos como el PVC, el copolímero EVA y el Polietileno térmico. Todos ellos son flexibles, ligeros y transparentes.

Las características y medidas de las láminas que se utilizan para cubrir los túneles varían dependiendo del clima, del cultivo que se va a proteger y del tipo de túnel que se vaya a instalar.

En España se utilizan filmes de PE de muy diversas medidas. Así, por ejemplo, en la región levantina se emplean filmes de PE de 150 galgas para túneles bajos de 30 a 50 cm de altura y 40 a 60 cm de ancho cuyo fin es adelantar la nascencia. En Huelva, con la fresa, con túneles de 60 cm de ancho y 50 cm o más de altura, el film que se emplea es de 200 galgas y 2 m de ancho. En zonas más frías como Navarra se utilizan plásticos de 400 a 600 galgas.

• Arquillos

Para la construcción de los arquillos o arcos que han de configurar la estructura del túnel se emplean preferentemente mimbres, cañas y alambres para túneles que no permanezcan en el terreno más de 3 meses, se trata de materiales baratos que sólo se utilizan una vez y luego son desechados.

Cuando los túneles han de permanecer más tiempo en el campo protegiendo el cultivo y hay que levantar frecuentemente el plástico para asegurar su ventilación es aconsejable emplear varillas de hierro de 8 mm de diámetro. Estos arquillos pueden utilizarse más de un año, suelen llevar a 20 cms del final de los mismos un bucle para sujeción de la cuerda que va extendida por encima del plástico para que el viento no lo levante y para regular la ventilación.

• Anclajes y tensores

Los tensores se utilizan para tensar la lámina de plástico sobre los arquillos del túnel, además de servir para ventilar estos túneles y dejar la lámina de plástico a la altura deseada.

Se emplean como tensores los siguientes materiales: cuerda, hilo sesal, rafia de plástico, alambre galvanizado, pinzas, etc.

7.2.2. Duración de los plásticos

La mayor o menor duración de los plásticos debe considerarse de acuerdo con el uso que se haga del túnel. Puede ser interesante valorar la durabilidad para aquellos casos en los que el túnel presta una protección a la planta desde sus comienzos (germinación) hasta la recolección o en el caso de recuperarse los plásticos para su utilización en otro cultivo u otro año.

7.2.3. Efectos y ventajas que proporcionan los túneles

Las ventajas que aportan los túneles a los cultivos que en ellos se producen se basan fundamentalmente en el efecto de abrigo que origina el túnel y, dependiendo del tipo de plástico utilizado, en el efecto invernadero que se produce por la noche en su interior.

Las ventajas que se aportan son:

- Precocidad de la producción. Permitiendo conseguir frutos fuera de las épocas normales de producción.
- Protección de las cosechas del frío, de los pájaros, del granizo...
- Aumento de los rendimientos de las cosechas. Ahorro de agua.

7.2.4. Instalación y ventilación de los túneles

Para la instalación del túnel primero se dan las labores oportunas al terreno y luego se trazan los arcos o caballones donde se van a colocar los arcos-soportes del túnel. Posteriormente se clavan los arcos situando los de los extremos del túnel inclinados hacia afuera y después se coloca el plástico sobre los arcos. Se comienza por uno de los extremos del túnel en el cual se ha enterrado previamente la extremidad de la lámina de plástico, el anclaje del plástico a los costados se realiza echando tierra de tramo en tramo sobre el borde del filme.

La distancia entre arcos, el tipo de material empleado y el resto de las características constructivas dependen del cultivo y de la zona. Se pone a modo de ejemplo el siguiente cuadro:

Cultivo	Distancia entre	Tipo material	Características del material	Unidades
Calabacín	2	Arcos	– 6 mm diámetro 1,80 m largo	2.500
		Plástico	– 1,50 m ancho 50 micras (200 galgas) espesor	350
		Mano obra	—	20 jornadas
Pimiento (a doble hilera) ..	1,65	Arcos	– 6 mm diámetro 2 m largo (con varilla del nº 20 galvanizada)	2.600 616
		Plástico	– 2 m ancho 50 micras (200 galgas) espesor	480
		Mano obra	—	28 jornadas
Sandía.....	3	Arcos	– Mimbre de 1,50 m	2.400
		Plástico	– 1,50 m ancho – 37 micras (150 galgas) espesor	185
		Mano obra	– Clavar arcos, poner plástico y calzar	20 jornadas
Pepino	2,200	Arcos	– Mimbre Redondo de 6 mm	2.700 2.400
		Plástico	– 1,60 m ancho 50 micras (200 galgas) espesor	320
		Mano obra	– Cortar tierra, instalar túnel	24 jornadas

Figura 8. Materiales empleados para cubrir 1 ha con túneles (Túneles sistema valenciano)

En muchos casos las temperaturas que se alcanzan en el interior del túnel son excesivamente altas para el cultivo de que se trate, por ello es necesario considerar la necesidad de ventilar el túnel. Por lo general esto es importante en los días calurosos o cuando las plantas están en su fase de floración y fecundación ya que debido a las altas temperaturas y a la humedad en el interior del túnel puede haber problemas de cuajado. También en los días con previsión de heladas nocturnas es conveniente abrir los túneles con el fin de disminuir el exceso de condensación. Cuando se abre un túnel para airearlo conviene hacerlo por la parte más soleada del mismo y levantar los plásticos de tramo en tramo.

7.2.5. Tipos de túneles

Son muy numerosos los tipos de túneles utilizados por los agricultores, distinguiéndose unos de otros en el sistema de anclaje del plástico y en la forma que adopta el túnel. Teniendo en cuenta estos dos factores pueden establecerse los siguientes tipos.

a. Tipo pentaédrico

Este tipo de túnel tiene forma de caseta siendo la armadura de varillas galvanizadas de 6-8 mm de diámetro soldadas entre sí formando una malla cuadrangular o rectangular. Su principal aplicación es para semilleros o cultivos de bajo porte como lechugas, rábanos o zanahoria, ya que normalmente se construyen con alturas no superiores a los 30-40 cms. La longitud de los armazones oscila de 1.2 a 3 m, siendo variable el ancho y la altura.

El anclaje del túnel al suelo se consigue mediante unos ganchos que pasan a través de unas anillas soldadas lateralmente al armazón y se clavan al suelo. La sujeción del plástico al armazón se realiza por medio de unos perfiles tubulares de PE (tubos abiertos lateralmente) de 4-5 cm de largo que aprisionan la lámina al introducir la varilla del chasis en su interior.

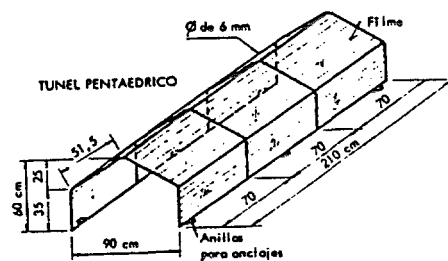


Figura 9

Las principales ventajas de este tipo de túnel son:

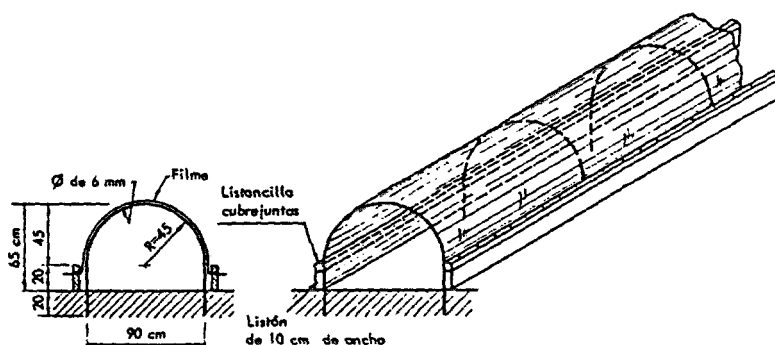
- Solidez y gran resistencia al viento.
- Simplicidad de montaje.
- Ligereza de peso y facilidad de manejo.
- Facilidad de almacenaje. Ya que en reducido espacio se pueden acumular gran número de armazones.
- Aireación adecuada cuando se utiliza para semilleros.

b. Túneles semicirculares

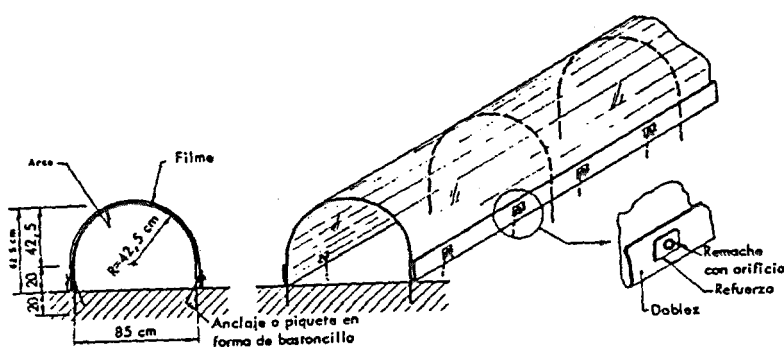
Estos abrigo presentan la forma de túnel continuo, formado por arcos de alambre, caña o mimbre, independientes entre sí, sobre los que descansa el filme alcanzando la longitud que se desee. Se utilizan para el semiforzado de cultivos hortícolas de porte alto y sobre terreno de asiento.

Los diversos túneles semicirculares difieren unos de otros en el sistema de anclaje y sujeción del filme al suelo y a los arcos, constituyendo las dos características primordiales para su diferenciación y adaptación a las distintas zonas de cultivo. A continuación se establece una lista de los distintos tipos que pueden darse y se presentan esquemas de algunos:

- Túnel con sujeción del plástico utilizando tierra.
- Túnel con listones laterales de madera.
- Túnel anclado con estaquillas de madera y alambre axial de tensión.
- Túnel anclado con piquetas de hierro.
- Túnel con doble arco de tensión.
- Túnel con alambre de tensión para el filme.
- Túnel armado con dispositivo de levantamiento lateral.
- Túnel de doble film con soldadura guía para los arcos.



Túnel con listones laterales de madera



Túnel anclado con piquetas de hierro

Figura 10

EDITA Y DISTRIBUYE: