



Facultad de
Ciencias Agrarias
y Forestales



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

TECNICATURA UNIVERSITARIA EN AGROECOLOGÍA Agroclimatología y Agrometeorología

COMPONENTES Y ADVERSIDADES DEL TIEMPO Y EL CLIMA

Helada
Granizo
Viento

Bibliografía básica:

- Castillo, F.E.; Castellvi Sentis, F. 1996. Heladas y Protección contra Heladas. En: Agrometeorología. Pp. 221-234. Ediciones Mundi-Prensa.
- De Fina, A.L.; Ravelo, A.C. 1975. XIII. Rocio. Heladas. En: Climatología y Fenología Agrícolas. Pp. 183-200. EUDEBA. 2º Ed.
- De Fina, A.L.; Ravelo, A.C. 1975. XX. La lucha contra las adversidades climáticas en Agricultura. En: Climatología y Fenología Agrícolas. Pp. 265-276. EUDEBA. 2º Ed.
- Murphy, G.M.; Hurtado, R.H. (eds.). 2011. XVIII.º1 Heladas. En: Agrometeorología. Editorial Facultad de Agronomía. UBA. Pp: 315-337.
- Tassara, M.A. 2007. Las heladas primaverales. Protección en frutales de clima templado – frío. Ediciones INTA.

HELADA

Helada meteorológica: todo descenso de la temperatura del aire a 0 °C o un valor inferior.

Helada agrometeorológica: descenso térmico capaz de causar daño en los tejidos vegetales. Hay que tener en cuenta que no toda temperatura igual o inferior a 0 °C va a causar daños en los vegetales. El daño depende de muchos factores, como la especie, la variedad, la edad, el estado sanitario y fundamentalmente el estadio fenológico del vegetal en el momento de ocurrencia de la helada. Ciertos cultivos tropicales no resisten heladas, siendo dañados por temperaturas del aire superiores a 0 °C (ej.: 3 °C a 5 °C); mientras que cultivos invernales son capaces de resistir heladas suficientemente severas sin sufrir daño apreciable. La severidad de los daños está estrechamente relacionada con las diferentes fases fenológicas donde se presentan períodos críticos de máxima sensibilidad y períodos que podemos denominar de máxima resistencia o latencia. Ej: el cultivo de trigo en estado de macollaje, antes de la fase fenológica conocida como encañamiento, puede resistir heladas con una intensidad de -6 a -7 °C sin sufrir daño alguno, mientras que heladas con una intensidad de -1 a -2 °C ocurridas durante la fase de espigazón producen daños considerables en detrimento del rinde final. De la misma manera, frutales como el manzano y el durazno resisten sin daño las heladas con una intensidad de -15 a -20 °C, siendo seriamente perjudicados en su producción al registrarse heladas de -1 a -2 °C de intensidad, ocurridas en el momento fenológico de floración.

Condiciones que determinan la formación de la helada

El grado de nubosidad

Cielos despejados: ofrecen condiciones para la pérdida de calor por irradiación nocturna. Hojas, flores, tallos, suelo y demás objetos pueden acusar 5 °C menos que la temperatura del aire circundante.

Cielos nublados o cubiertos: las nubes medias o bajas impiden que los cuerpos vegetales y la superficie de suelo irradien su calor hacia el espacio exterior, por lo tanto, no se enfrían. Los órganos vegetales tienen una temperatura igual a la del aire circundante.

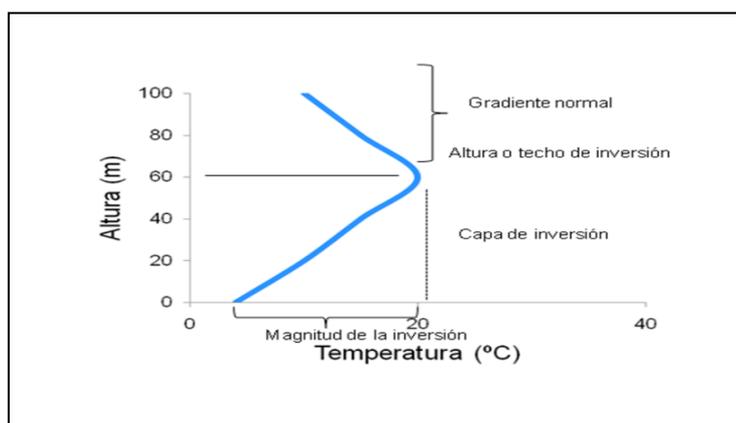
Mayor densidad del aire frío

A medida que el aire se enfría se hace más denso, deslizándose hacia lugares más bajos; se estanca y se sigue enfriando por irradiación. El enfriamiento de la capa de aire durante toda la noche llega a ser muy intenso.

Viento y movimientos turbulentos

Un viento con velocidad apreciable evita que los vegetales y el suelo adquieran una temperatura inferior a la del ambiente, ya que el mismo los pone en contacto con nuevas masas de aire más cálido. Cuando el aire está en calma, ocurre todo lo contrario, se forma una capa de aire con temperatura inferior a la del aire circundante, enfriándose considerablemente por irradiación.

El aire calmo favorece la estratificación del aire frío sobre el suelo que pierde



calor por radiación durante la noche. En tales condiciones, la temperatura cae más rápidamente cerca de la superficie, y las capas próximas al suelo resultan más frías que las subsiguientes, produciéndose lo que se denomina “inversión térmica” dado que, en este punto, la temperatura aumenta con la altura. Después de cierta altura, la temperatura adquiere su comportamiento normal, disminuyendo con la altura. La altura a la que se retoma el gradiente normal de temperatura se denomina “techo de inversión”. La altura del techo de inversión varía según el tipo de suelo, cobertura vegetal y condiciones meteorológicas, pudiendo considerarse un valor promedio de 9 a 60 m.

Grado de exposición a la intemperie

Durante la noche los cuerpos (vegetales) tienden a enfriarse por el calor que irradian hacia el cielo y a los cuerpos vecinos. Estos últimos, a su vez, irradian calor hacia los primeros y los atemperan en su pérdida de calor. La atmósfera también irradia calor hacia el suelo y vegetales, pero es insignificante comparada con la intensidad de calor emitido por los objetos vecinos. Un vegetal se enfría tanto más intensamente cuanto más expuesto a la intemperie se encuentre.

Poder emisivo de los cuerpos

Depende del poder emisivo de los cuerpos expuestos a la irradiación nocturna. La madera tiene bajo poder emisivo, los metales alto; los vegetales tienen un poder emisivo intermedio.

Evapotranspiración

Confiere una apreciable pérdida de calor de los vegetales y del suelo en conjunto.

Clasificación de las heladas

1) Por su tipo genético (origen)

Heladas radiativas: se producen por la radiación nocturna del suelo, lo que conduce a enfriamientos sucesivos de las capas de aire cercanas al mismo. Son de carácter local y están caracterizadas por una quietud completa del aire. En zonas agrícolas de nuestro país predominan las heladas de tipo radiativo.

Heladas advectivas: se producen debido al avance de una masa de aire muy fría, con temperaturas inferiores al punto de congelación siempre acompañadas por vientos, motivo por el cual también se las conoce como heladas de viento. Son de carácter dinámico (movimientos de aire importantes), regionales (abarcan grandes extensiones) y muy poco frecuentes en el hemisferio sur.

Heladas mixtas: resultante de la combinación de los dos tipos anteriores (radiativas y advectivas). Ocurre cuando sobre una región se produce el avance de una masa de aire frío (aunque de temperaturas no menores de 0 °C), generalmente decrece su velocidad (vientos), con posterior enfriamiento por el balance negativo nocturno. Este proceso es muy frecuente en la zona agrícola de nuestro país, especialmente en la génesis de heladas primaverales, otoñales y aún estivales.

Las **heladas radiativas**, a su vez, se diferencian en heladas blancas y negras. La distinción visual consiste en la formación de escarcha o cristales de hielo sobre el suelo, plantas y objetos.

Las **heladas blancas**, se producen cuando la atmósfera posee un elevado contenido de humedad, facilitando la condensación y formación de cristales de hielo sobre diferentes superficies. Masas de aire húmedo dan origen a heladas blancas.

Las **heladas negras** ocurren en atmósfera con bajos valores de humedad, característica que impide la formación de hielo. El nombre deriva de la apariencia negruzca que toman los órganos vegetales (especialmente las hojas) que han sido dañados por el descenso térmico. Masas de aire seco dan origen a las heladas negras.

2) Por su época de ocurrencia

- **Estivales**
- **Invernales**
- **Primaverales** (tardías o últimas)
- **Otoñales** (tempranas o primeras)

Las heladas primaverales y otoñales se caracterizan por su fecha de ocurrencia. Generalmente son de baja intensidad. Las invernales se caracterizan por su intensidad y finalmente las estivales son de poca intensidad y escasa duración. Estas últimas se registran en localidades como: Valle del Río Colorado, valle del Río Negro, Mendoza, La Pampa, Buenos Aires, sur de Córdoba y Santa Fe.

3) Por su intensidad

Se clasifican por la intensidad de la temperatura registrada y su frecuencia. Se establecen intervalos de temperaturas, anotando el valor de su frecuencia.

Régimen agroclimático de heladas

Se refiere a la caracterización o descripción de las heladas por medio de información estadística. Generalmente, se utilizan los siguientes parámetros:

- 1) **Época de ocurrencia:** está relacionada a la clasificación hecha previamente. Para poder conocer este parámetro deben calcularse las fechas medias de primera y última helada. Para su determinación es necesario disponer de un registro meteorológico de muchos años de extensión. De cada año del registro se sacan las primeras y últimas fechas con temperaturas mínimas iguales o inferiores a 0 °C, promediando por separado las fechas primeras y últimas heladas.

El período de tiempo en días que va desde la fecha media de primera helada a la fecha media de última helada se conoce con el nombre de **período medio con heladas**. A la inversa el lapso (en días), que va desde la fecha media de última helada a la fecha media de primera recibe el nombre de **período medio sin heladas** o **estación de cultivo**.

También es de importancia registrar las fechas extremas de primera y última helada, es decir la fecha en que se ha registrado más temprana y más tardíamente el fenómeno para el periodo estudiado.

- 2) **Intensidad:** se realiza a partir de la temperatura más baja registrada (temperatura mínima anual). En la Argentina, las heladas invernales, aunque pueden ser intensas, resultan de escasa peligrosidad, dado que las temperaturas extremas alcanzadas, generalmente, se encuentran por encima de los niveles críticos de la mayoría de los cultivos de ciclo invernal. También es importante considerar la intensidad de las heladas otoñales y primaverales, dado que la magnitud del descenso de la temperatura impacta directamente en el daño que producen.

- 3) **Duración de las heladas:** número de horas y fracción de horas durante los cuales transcurre la helada. Se bien no es un dato fácil de registrar, es importante dado que la duración de la helada se asocia al tiempo de congelamiento, además de ser importante para la aplicación de métodos de protección contra heladas. También es un dato de importancia la frecuencia (cantidad de veces) con que ocurren heladas de cierta duración.
- 4) **Tipo de helada:** el origen de la helada puede determinar qué tipo de método de lucha resulta aplicable.
- 5) **Índice de peligrosidad:** existen metodologías que cuantifican el riesgo por heladas según su época de ocurrencia, intensidad, duración, frecuencia y tipo genético.

MÉTODOS DE PROTECCIÓN CONTRA LAS HELADAS

Métodos indirectos: no actúan sobre el microclima, por lo que no tratan de evitar la ocurrencia o intensidad de heladas, sino sus daños. Mediante estos métodos se busca tomar los recaudos necesarios para que las adversidades meteorológicas incidan lo menos desfavorablemente posible. Son menos costosos que los métodos directos, y aplicables aun a cultivos que puedan ser menos remunerativos. Entre ellos se encuentran:

- Ubicación del sitio de cultivo: se busca implantar cultivos en lugares donde no exista riesgo de daño por heladas. Para esto, debe recurrirse a estudios climatológicos y microclimatológicos de la región.
- Selección de variedades/cultivares/portainjertos: utilizando aquellos que se comporten como resistentes a la adversidad, o que por puedan escapar a la adversidad, manifestando sus fases sensibles fuera del periodo de peligrosidad. Por ejemplo, las especies de floración temprana (primaverales) son más susceptibles a daños provocados por heladas tardías, por lo que, para cada zona, es necesario seleccionar variedades cuya floración se produzca luego de la fecha media de última helada.
- Ciclo de cultivo: conociendo la duración del ciclo de cultivo y duración del periodo libre de heladas, se pueden elegir las especies y variedades más adecuadas para una zona. Así, puede definirse las fechas promedio seguras para la plantación o siembra. La selección de la fecha óptima de siembra (que puede depender no solo de la especie, sino también del cultivar) es una de las formas más eficiente de luchar contra las adversidades de un lugar en especies anuales, dado que así se ofrece a la planta la menor exposición a adversidades durante todo su ciclo.

Métodos directos: actúan sobre las condiciones del microclima, tratando de evitar la ocurrencia de la helada o disminuyendo su intensidad. Se pueden subdividir en dos tipos:

Pasivos: se desarrollan con anterioridad a la ocurrencia de la helada, pueden actuar en forma permanente. Por ejemplo:

- Regulación del drenaje de aire frío nocturno
- Supresión de focos de aire frío
- Formación de espejos de agua
- Modificación sobre la disposición de los cultivos
- Modificación en las propiedades calóricas del suelo
- Uso de reparos o pantallas

Regulación del drenaje de aire frío nocturno

Las irregularidades del terreno hacen que el aire frío formado por las condiciones de enfriamiento del suelo se desplace de acuerdo con esas irregularidades buscando los niveles más bajos. Estas microcorrientes de aire frío formarán luego grandes corrientes que pueden llegar a ser perceptibles en las noches de heladas.

Una técnica permanente de lucha contra las heladas es establecer una contención a ese desplazamiento de aire frío, cuando se conoce previamente la dirección probable del desplazamiento nocturno. En primer término, debería evitarse la entrada de aire frío externo. Para ello se utilizan generalmente las cortinas forestales o el aprovechamiento de bosques naturales para su establecimiento.

En nuestro país no es común el empleo de estos macizos forestales, pues los bosques naturales no son muy abundantes. Para que la cortina forestal sea efectiva no debe tener una sola hilera de árboles sino una densidad mayor entre los 20 y los 100 m. Se debe colocar una cortina en el lugar por donde entra el drenaje de aire frío. En general las cortinas forestales tienen un efecto contrario a la producción agrícola cuando son densas (conveniente contra las heladas). Cuando la cortina es densa y el viento tiene la dirección igual a la del drenaje, o sea, que la cortina lo para, el viento pasa por encima de la cortina y al bajar forma una turbulencia con las contracorrientes formadas y se forma y se aumenta el efecto nocivo del viento. Las cortinas forestales son efectivas en la lucha contra las heladas, siempre que se considere lo dicho previamente.

Supresión de los focos de aire frío

Existen focos de aire frío nocturno que es posible determinar, como por ejemplo el caso de campos bajos o pantanosos que pueden llenarse de aire frío por la noche y rebalsar, perjudicando a las propiedades que se hallan inmediatamente debajo de esos focos con su drenaje. En general, los terrenos húmedos, pantanosos, las ciénagas, etc., son lugares en los cuales el agua es abundante; también lo es la vegetación palustre. Tienen el inconveniente de intensificar el frío nocturno. En primer término, impiden el calentamiento diario del sol porque la vegetación que cubre el agua evita su calentamiento. Además, este tipo de vegetación pantanosa que está siempre presente introduce una gran capa aislante entre el suelo y el aire durante la noche que impide que el calor que tiene este suelo pase a la atmósfera y mitigue el descenso térmico nocturno. En segundo término, el aumento de la evaporación que provee la vegetación y el agua presentes trae consigo un enfriamiento por el calor que se consume en la evaporación. La supresión de estos focos es aconsejable cuando se quiere evitar los daños por heladas.

Formación de espejos de agua

En lugares donde los cursos de agua son comunes, se pueden utilizar para beneficiar una región próxima. Como ejemplo, debido al efecto atemperador del agua, el Río de la Plata modifica completamente las condiciones de las heladas hasta unos 5 a 10 km desde su ribera. Esto determina que en Buenos Aires se registren temperaturas mínimas menos extremas que en localidades más alejadas (datos de 1943 indicaron temperatura media mínima anual de -5°C en Buenos Aires vs. -8°C en San Miguel). Esta diferencia se debe al gran espejo que forma el río. Ese espejo de agua, durante las noches tiende a formar una convección de aire caliente que toma el calor del agua y asciende hacia zonas más frías; baja sobre la tierra y forma una circulación convectiva en toda la ribera, generando una zona de protección. Este efecto puede hacerse en pequeña escala, ampliando y dándole profundidad a cursos de agua estrechos. Para obtener cierta efectividad es necesario llegar a una profundidad de por lo menos un metro en el espejo de agua, alcanzando la superficie protegida 10 veces la superficie del espejo. La superficie del espejo debe estar libre de toda vegetación, porque de lo contrario sería un foco de aire frío.

Modificaciones sobre disposiciones de los cultivos

Toda distribución del cultivo que lo aleje del suelo lo hará menos susceptible a las heladas. Esto se debe a la inversión térmica que hace que la temperatura cerca del suelo sea inferior a la que está un poco alejada del mismo. Como ejemplo, en la conducción de vides, los parrales son disposiciones de cultivos que menos sufren las heladas que los viñedos en espalderas o viñedos bajos.

Modificaciones a las propiedades calóricas del suelo

El suelo, según sus características físico-químicas y su estructura tiene gran importancia en la expresión de la temperatura mínima nocturna. Todo lo que aumente la capacidad calórica del suelo y su conductibilidad serán medidas que pueden tener un efecto favorable reduciendo la intensidad de las heladas.

Uso de reparos o pantallas

Consisten en obstáculos que se ponen a la radiación nocturna de diferentes materiales (cañas, tejidos, plásticos, etc.). Lo que hacen estas pantallas es evitar la radiación nocturna del suelo, la pérdida de radiación y contribuir a formar un microclima favorable al cultivo, que se quiere proteger.



Cobertura de paja y túneles de polietileno

Activos: se realizan durante o poco tiempo antes de la helada. Su acción desaparece cuando dejan de actuar. Entre estos métodos se encuentran algunas alternativas que no es recomendable aplicar en producciones agroecológicas, como la adición de calor por calefacción, que implica que la quema de combustibles fósiles, o la generación de nieblas artificiales.

Otro método activo de protección consiste en la utilización del **riego por aspersión**.

Cuando se riega una planta y la temperatura del aire está por debajo de 0 °C, el órgano de la planta se recubre con una capa de hielo. Lo que produce el efecto del riego por aspersión sobre las heladas se vincula al proceso físico del cambio de estado del agua. El calor latente de solidificación libera unas 80 cal.g⁻¹ de agua que se transmite por conducción a través del hielo que se forma sobre los órganos de la planta, reemplazando al calor que la planta pierde por radiación. De esa manera, la temperatura de los órganos vegetales puede ubicarse por encima de la temperatura del aire, e incluso en niveles próximos a 0 °C, cuando la temperatura del ambiente se encuentra por debajo de esa marca. Es importante que el riego se mantenga de manera ininterrumpida durante todo el lapso de duración de la helada, porque de lo contrario el efecto es contraproducente.



Riego por aspersión para control de helada en arándano

El agua también puede usarse mediante el riego por surcos durante el día, mejorando la absorción de calor por el suelo. Para la aplicación de

este método debe considerarse no generar condiciones de humedad que sean adversas para el cultivo, y tiene el riesgo de que en sitios con humedad relativa del aire muy baja va a favorecerse la evaporación, perdiéndose calor y potenciando la disminución de la temperatura.

Sistema de defensa contra heladas

Estos sistemas tienen como base:

- Un pronóstico de heladas: que tiene como objetivo alertar durante el día sobre la posibilidad de ocurrencia de una helada, a fin de comenzar los preparativos para el control en la noche
- Una alarma: que indica el momento para iniciar la defensa
- Control de temperatura dentro de la plantación: orienta sobre el manejo del sistema de protección contra heladas

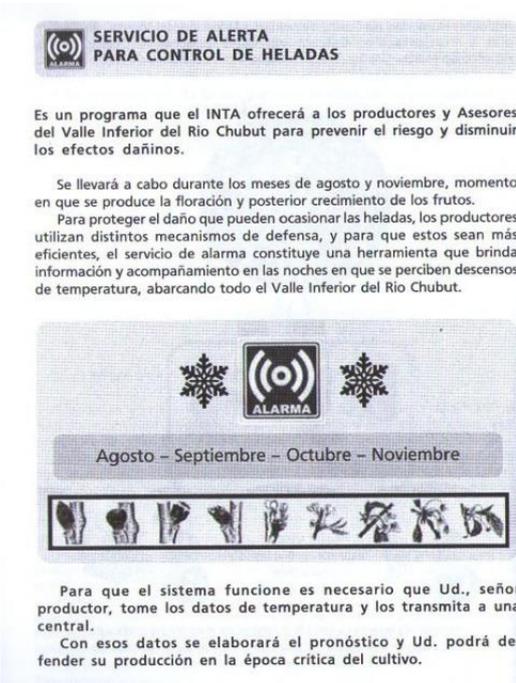


Edición 22
SAN PEDRO

**Servicio de alarma
para control de heladas**
desde el 1° de Agosto

suscribite
eeasanpedro.clima@inta.gob.ar
54 3329 592576
seguinas en
@intaheladas

INTA Secretaría de Agroindustria
Ministerio de Producción y Trabajo
Presidencia de la Nación



**SERVICIO DE ALERTA
PARA CONTROL DE HELADAS**

Es un programa que el INTA ofrecerá a los productores y Asesores del Valle Inferior del Rio Chubut para prevenir el riesgo y disminuir los efectos dañinos.

Se llevará a cabo durante los meses de agosto y noviembre, momento en que se produce la floración y posterior crecimiento de los frutos.

Para proteger el daño que pueden ocasionar las heladas, los productores utilizan distintos mecanismos de defensa, y para que estos sean más eficientes, el servicio de alarma constituye una herramienta que brinda información y acompañamiento en las noches en que se perciben descensos de temperatura, abarcando todo el Valle Inferior del Rio Chubut.

Agosto – Septiembre – Octubre – Noviembre

Para que el sistema funcione es necesario que Ud., señor productor, tome los datos de temperatura y los transmita a una central.

Con esos datos se elaborará el pronóstico y Ud. podrá defender su producción en la época crítica del cultivo.

GRANIZO

El granizo está formado por piedras de hielo transparente o semi opacas, que pueden ser de unos pocos milímetros hasta de 5 a 6 cm.

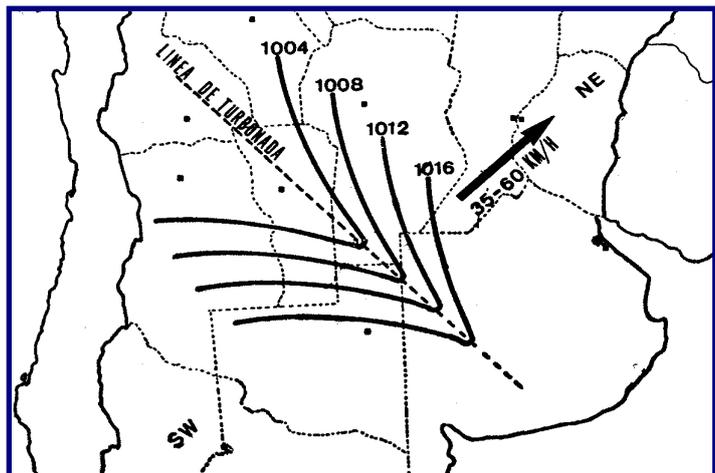
Es una adversidad que en la Argentina provoca daños de importancia, con importantes pérdidas económicas. El sur de Mendoza (San Rafael) es una de las regiones con más riesgo de daño por granizo.

En las plantas provoca la pérdida de área foliar, rotura de tallos y caída de flores y frutos; y como efecto secundario, la penetración de agentes patógenos a través de las heridas que causa.

Formación del granizo

El granizo se forma en las nubes de gran desarrollo vertical, de entre 2000 a 12.000 m (cumulonimbus), que presentan corrientes ascendentes y descendentes muy fuertes de aire húmedo, y que en la parte media y superior presentan temperaturas inferiores a 0 °C. De esta manera, algunas gotas de agua pueden congelarse y formar cristales de hielo, y también pueden formarse cristales de hielo por deposición sobre núcleos de congelamiento. El crecimiento de estas formaciones, que alcanzar un tamaño suficiente para caer, y las características térmicas de la nube determinan que la precipitación sea sólida (granizo) o por derretimiento resulte en una precipitación líquida.

Para la producción de granizo se requieren condiciones atmosféricas que determinen una importante corriente de aire ascendente, lo que se da cuando se produce una rápida disminución de la temperatura del aire con la altura (más frecuente en primavera o verano). Estas condiciones se producen casi exclusivamente cuando sobre una región pasa una depresión barométrica en forma de V, produciendo un fenómeno denominado **turbonada**. La turbonada se manifiesta al mismo tiempo sobre todas las localidades situadas sobre la línea que divide las dos partes de la V (línea de turbonada), que puede alcanzar una longitud de 1000 km. Sin embargo, el granizo siempre se registra sobre áreas pequeñas relativamente aisladas.



Depresión barométrica en forma de V. Los números en los extremos de las líneas isobaras indican mb de presión atmosférica. Fuente: De Fina & Ravelo, 1975

Las tormentas graniceras son más frecuentes al interior de los continentes y latitudes medias. Las localidades ubicadas en llanuras, próximas a cadenas montañosas, muestran mayor frecuencia de granizo.

Entre los métodos de lucha, actualmente se realiza la siembra de nubes con adición de núcleos de condensación como el yoduro de plata, con el objetivo de que compitan con las gotas de agua evitando que se formen piedras de granizo grande y destructivo. También puede recurrirse a compañías aseguradoras que emiten pólizas contra el daño de granizo.

VIENTO

El viento es el movimiento del aire en sentido horizontal, y es un elemento climático de importancia, ya que da lugar a la ocurrencia de distintos fenómenos meteorológicos, debido a la distinta cantidad de humedad y diversas temperaturas del aire en movimiento. Puede también llegar a ser una adversidad climática, como el caso de los vientos cálidos y secos como el zonda, o que por su velocidad produzca pérdida de fertilidad por erosión, roturas de plantas o infraestructura, perjuicios en la polinización, aumento de la evapotranspiración, traslado de agentes causantes de enfermedades.

Para caracterizar esta adversidad es necesario conocer:

Velocidad: se registra con un anemómetro que registra distancia recorrida por unidad de tiempo (km/h).

Dirección: la dirección del viento se conoce a través de las veletas, que debe estar colocada a 10 m sobre el nivel del suelo, en un área libre de la influencia de árboles o edificaciones.

Frecuencia de los vientos: número de veces en que se presentan vientos de determinada velocidad o intensidad.

Como método de defensa contra el viento se utiliza la implantación de cortinas forestales, que deben presentar las características que se describieron previamente entre los métodos de prevención de daños provocados por heladas. Puede considerarse en general, que una cortina forestal debe tener una densidad óptima de 35 a 40 %, dado que si son muy densas producen flujos turbulentos aumentando el daño. También es deseable que posean un diseño aerodinámico (levantamiento paulatino de la altura de los árboles). El área protegida depende de la velocidad del viento, cuanto más fuerte, mayor es área protegida. La protección de la cortina es de 30/40 veces la altura máxima de los árboles. Así, una cortina de 25 m protege unos 700 a 1000 m por detrás de la misma.

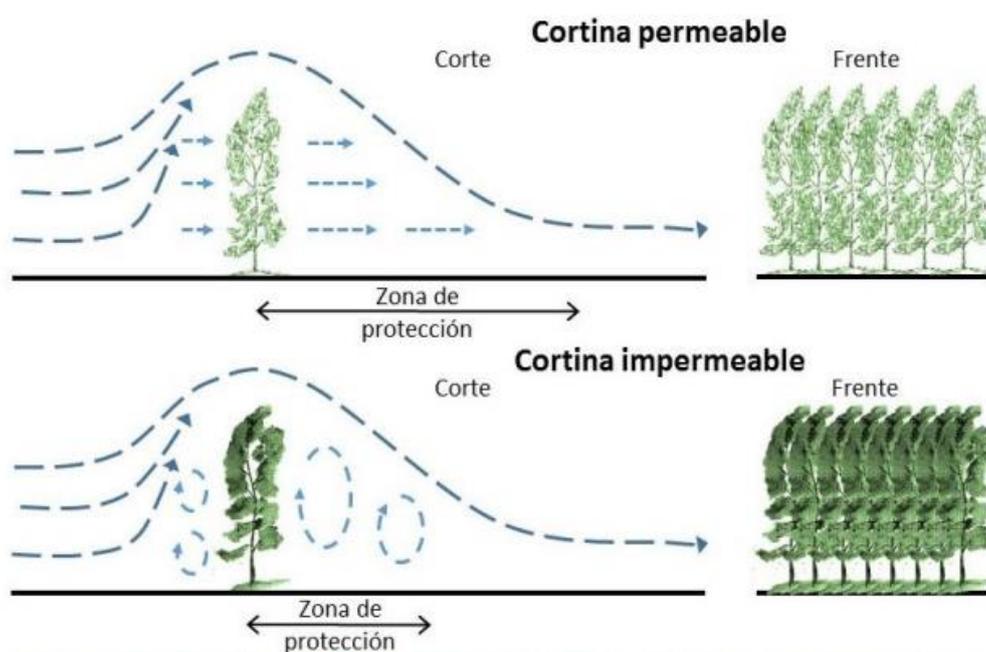


Figura 3. Comportamiento del viento en cortinas forestales con distinta densidad (adaptado de Tassara et al., 2008).

Fuente de la imagen. Oberschelp *et al.* (2020). Cortinas forestales: rompevientos y amortiguadoras de deriva de agroquímicos. Ediciones INTA. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_concordia_cortinas_forestales.pdf