

CAPITULO I.

INTRODUCCIÓN AL FENOMENO DE HELADA.

1.1 Concepto de helada.

El término de fenómeno de helada es muy complejo, debido a que no existen criterios unánimes de las disciplinas que los tratan.

La mayoría de los estudios climáticos o meteorológicos realizados sobre la helada, consideran que esta se produce cuando la temperatura registrada en el termómetro es igual o inferior a 0°C, estando colocado el instrumento a pocos centímetros sobre el nivel del suelo y protegido de los rayos solares.

La agroclimatología, es ciencia que relaciona la influencia del clima sobre las plantas, define a la helada de otra manera.

El fenómeno de la helada como contingencia agrícola ocurre cuando la temperatura del aire desciende a temperaturas tan bajas que producen la muerte de las plantas es decir, cuando se produce la muerte de los tejidos vegetales por efecto del frío.¹

Esta definición resulta satisfactoria desde el punto de vista agrícola, puesto que las diversas especies y variedades de cultivos y vegetales poseen diferente sensibilidad a las bajas temperaturas congelantes, dependerá de varios factores; como son sus áreas geográficas, etapas fenológicas, estado sanitario, edea, etc.

Determinadas plantas de afinidad tropical, como las coleos, arroz, algodón, zacate de Sudan, etc., se dañan por las exposición a temperaturas que no llegan al punto de congelación. Algunas plantas originarias de climas fríos pueden resistir periodos de congelamiento de sus tejidos a una temperatura de -62°C. Por lo general en las etapas de brotación y floración el frío es dañino, mientras en la maduración son mas resistentes. Los cultivos con enfermedades son perjudicados con facilidad por fríos intensos. Comúnmente las ramas jóvenes de los árboles son más sensibles al frío que las ramas de mayor edad.²

Estas características heterogéneas entre las plantas, ha motivado a que en agrometeorología no se tomen muy en cuenta las temperaturas de 0°C, para determinar una helada, debido a que las temperaturas gélica puede o no dañar a los cultivos vegetales, y por tanto en ocasiones con este criterio no puede reconocerse una helada.

Por otra parte, un muestreo realizado en algunas localidades del estado de Tlaxcala sobre el teme, reveló que la mayoría de los campesinos entrevistados coincidieron en señalar que la helada es identificadas cuando se observan en sus cultivos vegetales, y por tanto en ocasiones con este criterio no puede reconocerse una helada.

Por otra parte, un muestreo realizado en algunas localidades del estado de Tlaxcala sobre el tema, reveló que la mayoría de los campesinos entrevistados coincidieron en señalar que la helada es identificada cuando se observan en sus cultivos o en la flora silvestre manchas cafés o negras

¹ Burgos, J Juan. Las heladas en la Argentina. P. 1

² Daubenmire, R. F: Ecología vegeta. P. 225.

causadas por el frío, es decir, en el área rural el fenómeno de la helada es percibido por el siniestro que se observa en las plantas.

Sin embargo, esta forma de apreciarla se reduce a espacios locales donde se hallan áreas de frío intenso y cultivos sensibles a este.

La información de las bajas temperaturas y a 1.5 metros sobre el suelo puede ser mas eficiente en cultivos de dimensiones cercanas a la altura de la garita, como puede ser algunos frutales, cuya temperatura normalmente es diferente a la que se encuentra a nivel del suelo. Mientras las observaciones de las heladas en los cultivos de talla pequeña, como la papa, arroz, fríjol, trigo, etc., deberían hacerse con termómetros colocados casi a ras del suelo para que reflejen realmente su comportamiento térmico.

Para fines practicaos los datos de 0°C y menores a este, son muy útiles en la elaboraron de tablas estadísticas que señalan los periodos con heladas. Además los termómetros a 1.5 metros de altura sobre el suelo revelan las condiciones imperantes de un medio aéreo mas amplio.

1.2 Clasificación de las heladas por su origen.

Existen diferentes designaciones para clasifican a las heladas, en este caso se trata de una clasificaciones que se refiere al proceso físico de la génesis del fenómeno.

1.2.1 Heladas de advección.

La llegada de enormes masas de aire frío procedentes de regiones muy lejanas, generalmente cercanas al polo, causan grandes perturbaciones atmosféricas al descender latitudinalmente a lo largo del continente en forma de río, y se deslizan por los diversos accidentes topográficos.

Recibe el nombre de advección el trasporte en sentido horizontal del frío o del calor por medio de los vientos y de lasa masas de aire.³

El desplazamiento de las masas de aire frío van creando desolación por el camino que recorren, principalmente en cuencas, valles, barrancos, etc., y normalmente por debajo de los 1500 metros de altitud por ser vientos de superficie, arrasa con los cultivos que generalmente se hallan dentro de estas altitudes en muchas regiones.

Por su carácter macroclimático y por la continua renovación de aire frío, se considera a este fenómeno de gran importancia cuando se relaciona con las actividades agrícolas.

A las bajas temperaturas se une el efecto del viento que roba calor a los vegetales y a los cultivos.

Burgos (1963) distingue dos subtipos de heladas de advección, según su intensidad y alcances, afectando al microclima de extensas regiones por donde pasan. El efecto del frío se propaga a distancias mayores de 10kilometros y el volumen de esos vientos fríos supera los 10 kilómetros cúbicos.

a) **Heladas de advección en sentido clásico.** Estas heladas tienen grandes alcances, afectando al microclima de extensas regiones por donde pasan. El efecto del frío se propaga a distancias mayores de 10 kilómetros y el volumen de esos vientos fríos supera los 10 kilómetros cúbicos

Los vientos de este tipo de helada son iguales o superiores al grado 3 de Beaufor⁴, es decir, son mayores a 10 kilómetros por hora según esta escala.

³ Fuentes, Yague J: Luis. Apuntes de meteorología agrícola. P. 155.

b) **Helada de advección de tipo restringido.** El fenómeno advectivo tiene menor extensión que el descrito anteriormente, las bajas temperaturas quedan confinadas en ciertas áreas, como puede ser un valle, una cuenca, etc., o sea se trata de una perturbación local en la capa inferior de la troposfera. Su dinamismo tiene su centro principalmente en el mesoclima.

La velocidad del viento puede estimarse de 1 a 10 kilómetros por hora y sus volúmenes pueden ser menores de 10 kilómetros por hora y sus volúmenes pueden ser menores de 10 kilómetros cúbicos. La intensidad del viento puede ser de 0 a 3 Beaufort (de 1 a 10 kilómetros por hora).

Las heladas de advección se producen principalmente en invierno, aunque pueden ocurrir en las otras tres estaciones del año. Creando los mayores daños a los cultivos.

1.2.2 Heladas de radiación.

Este tipo de helada es de carácter microclimático, son las más frecuentes y se originan por la pérdida de calor que sufre las plantas y el suelo.

*La superficie terrestre se calienta durante el día por la acción de los rayos solares. Por la noche la tierra irradia el calor recibido durante el día, y así la superficie terrestre se enfría junto con la capa de aire que esta en contacto con el suelo. Como consecuencia del enfriamiento producido por la irradiación terrestre, el vapor de agua se condensa sobre la superficie de la tierra y se forman gotas de rocío. Si el enfriamiento es muy intenso, el vapor de agua pasa directamente al estado de hielo formándose la escarcha, que se deposita en forma de escamas sobre el suelo.*⁵

Durante el día las radiaciones del sol y de la atmósfera son INFORMACION INCOMPLETA NO SE LOGRA VER EN COPIAS PAG. 20.

1.2.3 Heladas por evaporación.

Las heladas por evaporación se dan en condiciones de baja humedad relativa y presencia de corrientes de aire seco, que provocan evaporaciones intensas del agua que se halla sobre las plantas, con lo cual las mismas sufren un enfriamiento.

Este enfriamiento es ocasionado por la propia agua al evaporarse, ya que en ella el cambio del estado líquido al gaseoso exige el consumo de 600 calorías gramo⁶ por centímetro cúbico. Al estar el agua sobre el vegetal, el calor de evaporación es proporcionado por él, con lo cual su temperatura puede disminuir hasta llegar a 0°C.⁷

Este tipo de heladas se originan principalmente después de una precipitación originada principalmente después de una precipitación originada por el paso de un frente frío, porque el aire frío al llegar a una zona cálida se calienta y por tanto desciende la humedad relativa del aire y comienza a evaporarse con mayor rapidez el agua que se encuentra sobre las plantas y el suelo.

Las gotas de agua presentes sobre el suelo y las plantas al pasar de líquidos a gas provocan el enfriamiento con el calor desprendido por la evaporación, ya que sabemos que un centímetro cúbico de agua necesita para ese cambio de estado 600 calorías que roba a la planta o al suelo.

⁴ Beaufort; marino británico, creó la escala que lleva su nombre, usado en meteorología para medir la velocidad del viento

⁵ Fuentes, Yague J. Luis. *Op. Cit.*, p. 155.

⁶ Caloría gramo. Cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un gramo de agua de 14.5 a 15.5°C.

⁷ Calderón, Alcaraz Esteban. *Fruticultura general*. P. 314.

Si se presentan corrientes de aire aumenta la evaporación y por consiguiente el peligro de formación de una helada.

Por la mañana, a la salida del sol, la evaporación puede ser más rápida ocasionando la helada de este tipo.

Las heladas por evaporación son poco común, y no presentan grandes problemas a los frutales, pero si son peligro para la hortalizas y flores, cuyos tejidos son más delicados y sensibles al frío.

1.2.4 Heladas mixtas.

Burgos (1963), presenta tres casos principales para la formación de heladas mixtas, las cuales se menciona a continuación.

- a) En primer lugar; en forma simultánea ocurre el fenómeno de advección y de radiación.
- b) En segundo lugar; la helada de advección esta seguida inmediatamente de la de radiación.
- c) En tercer lugar; se refiere a que una helada de radiación típica es precedida por fenómeno de advección, que no alcanzan a ser heladas de advección típica, pero constituyen a enfriar el aire de lugar, produciéndose inmediatamente las heladas de radiación cuando el viento se ha calmado y el cielo se ha despejado.

1.3 Tipos de helada.

La designación a este tipo de helada, no obedece como en los casos anteriores a su génesis, sino simplemente a la observación de los efectos visuales en que tienen lugar esos fenómenos.

1.3.1 Helada blanca.

Durante el fenómeno de radiación se produce un enfriamiento en las plantas, el suelo y las parte bajas de la atmósfera, y si existe suficiente humedad en el aire puede formarse rocío, es decir, se produce una condensación de vapor de agua sobre las partes frías en forma de pequeñas gotitas. Al continuar el descenso de la temperatura, las gotas de agua se pueden congelar, formando pequeños cristales de hielo que dan un color blanco a los vegetales y al suelo. Es por esta razón por la que adquieren tal denominación.

Para que se lleve a cabo una helada blanca o de escarcha, es necesario que las superficies afectadas adquieran una temperatura de 0°C o menos, y además que se alcance la temperatura del punto de rocío del aire, para que haya condensación y hielo, como consecuencia.

Un ejemplo típico de una helada blanca es el siguiente.

Caída del sol a las 18 horas, temperatura de 15°C, su punto de rocío⁸: Ts -3°C. El sol sale a las 8 horas, hay calma y cielo despejado. El aire a partir de la puesta del sol, se enfría rápidamente y alcanza su punto de rocío a las 4:35 de la mañana, condensándose y formándose hielo debido a que la temperatura es inferior a 0°C. Hay un desprendimiento de calor latente muy considerable, esto se debe a que no solamente tiene que pasar el vapor a líquido, sino también a sólido, y por eso se duplica la pérdida de calor.⁹

⁸ Punto de rocío. Temperatura a la que debe enfriarse el aire, para que se sature y comience la condensación

⁹ Torres, Ruiz Edmundo. Agrometeorología. P. 97.

Las heladas blancas se producen por irradiación y son peculiares en regiones donde las invasiones de masas de aire húmedo son frecuentes.

1.3.2 Helada negra.

Estas heladas se presentan cuando la temperatura desciende por debajo de los 0°C, y no se lleva a cabo el punto de rocío, debido a que la humedad absoluta de la atmósfera es muy reducida.

Si la temperatura del aire desciende a niveles inferiores a 0°C, sin que alcance el punto de rocío, no se efectúa la condensación, y por tanto, no se forman los cristales de hielo sobre las plantas, pero estas sufren el efecto de la baja temperatura, presentando quemaduras o necrosis en sus tejidos, en tal caso se dice que ocurrió una helada negra o seca.¹⁰

Cuando el aire es muy seco y la temperatura del punto de rocío no se alcanza por debajo de 0°C, por consiguiente no se produce una helada blanca, sino negra.

En este tipo de heladas no se congela el vapor del aire, puesto que no hay humedad atmosférica suficiente, pero si se congela la savia de las plantas y el agua contenida en los tejidos, entonces el volumen de estos aumenta y se rompe, produciéndose al salir el sol una rápida evaporación que ocasiona las manchas negras características de las plantas afectadas.

1.4 Elementos y factores que pueden o no propiciar heladas.

El conocimiento de las causas y características de los elementos y factores de una región determinada, son de suma importancia para adoptar las medidas convenientes en cierto momento para afrontar las adversidades climáticas.

Los principales elementos y factores que puede provocar o no temperaturas congelantes son las siguientes.

1.4.1 Viento.

Como se apreció anteriormente, el viento en calma permite la irradiación de la energía calorífica hacia la atmósfera, propiciando que se forme una inversión térmica, es decir, las capas de aire en contacto con el suelo y los vegetales se enfrían más rápido que las zonas elevadas, y así se propicia el registro de una helada.

No sucede lo mismo cuando el viento relativamente cálido está agitado, pues la probabilidad de helada es menor.

El viento en cambio, al introducir movimientos turbulentos en la capa de aire cercana al suelo, determina la mezcla de aire entre sus diferentes estratos, con el consiguiente efecto sobre sus propiedades térmicas.¹¹

Con turbulencias la inversión térmica es de menor intensidad, por lo que la probabilidad de presentación de heladas disminuye.

Por otra parte, los vientos fríos advectivos pueden hacer bajar las temperaturas y provocar una helada, mientras las masas de aire cálido pueden evitarla.

¹⁰ Romo, González J. R y Arteaga, Ramirez R: Meteorología agrícola. P. 320.

¹¹ Burgos, J. Juan. Op. Cit. P. 111.

1.4.2 Nubosidad.

Por el medio día, si no hay presencia de nubes, la radiación solar pasa casi libremente hasta la superficie terrestre calentándola, entonces la tierra comienza a absorber calor casi sin cederlo a la atmósfera. Después del medio día la superficie terrestre se satura y es entonces cuando empieza a irradiar las ondas infrarrojas hacia las capas altas de la atmósfera.

Si en ese momento comienza a formarse nubes y cubren parcial o totalmente esa parte de la troposfera, las ondas caloríficas se reflejan en esa capa de nubes, la cual se comporta como una pantalla, impidiendo la pérdida de calor hacia zonas más elevadas de la atmósfera.

Este fenómeno si se prolonga hasta parte de la noche, estando el viento en calma, no habrá posibilidades de riesgo por helada. Por el contrario, si durante la noche no se ha formado nubosidad, la temperatura se escapa hacia el cielo, creándose las condiciones propias para la ocurrencia de una helada.

Si durante este proceso, la formación de las nubes se lleva a cabo en alturas relativamente bajas, el efecto protector contra el aire frío será eficiente.

1.4.3 Humedad.

La alta humedad atmosférica impide la pérdida de la temperatura hacia la atmósfera, que proviene de la superficie terrestre. Pero cuando la humedad del aire es bastante elevada se producen condensaciones de vapor de agua a cristales de hielo y gotas de agua. Esto produce una liberación de calor que permite aumentar la temperatura del medio ambiente, y ya no se forman heladas, solo nieblas.

Las nieblas al igual que las nubes impiden la irradiación calorífica excesiva, disminuyendo el riesgo de helada.

Pero no solamente la humedad atmosférica obstaculiza el registro de heladas, sino también la humedad edáfica.

La alta humedad edáfica posee también características favorables en contra de las heladas. Su acción se basa en el poder calorífico del agua, que es muy alto en comparación con el de cualquier otra sustancia, y por tanto, que del suelo y del aire. Es lógico que un terreno húmedo conserve más tiempo la radiación solar recibida durante el día que uno seco, pues los espacios entre las partículas están ocupados por aire en lugar de agua.¹²

En las zonas se recomienda regar cuando se presentan condiciones propicias para la creación de una helada. El riego protege al suelo y a las plantas, manteniendo por más tiempo al calor.

1.4.4 Evapotranspiración.

La evapotranspiración es un proceso físico mediante el cual, pierden humedad el suelo y los vegetales que están transpirando. Esto puede suceder cuando llega una corriente de aire seco y se lleva la humedad por medio de dicho proceso, de esta manera se pierde calor en las plantas y el suelo, propiciándose las condiciones de una posible helada.

Este enfriamiento es ocasionado por la propia agua al evaporarse, ya que en ella el cambio del estado líquido al gaseoso exige el consumo de 600 calorías gramos por centímetro cúbico. Al

¹² Mendoza, Garza Jorge. Prácticas para evitar fenómenos nocivos... en la agricultura. P.13.

estar el agua sobre el vegetal, el calor de evaporación es proporcionado por el, con lo cual su temperatura puede disminuir hasta llegar a 0°C.¹³

Estas heladas muy raramente se presentan, y solo son vulnerables a ellas, las hortalizas y las flores, pues los frutales y las gramíneas resisten generalmente ese frío, aunque el daño dependerá de otros factores, tanto intrínseco como extrínseco de cada especie o variedad vegetal.

1.4.5 Radiación solar.

La conservación de la energía solar en las capas bajas de la atmósfera, dependerá de la presencia o no de nubes, de la existencia o ausencia de viento y de fotoperíodo.¹⁴

Como ya se mencionó anteriormente, los días nublados impiden un adecuado almacenamiento de energía solar en el suelo y en la atmósfera, por lo que en estas circunstancias se recomienda proteger a los cultivos de una posible helada.

Los vientos fríos roban energía solar a las plantas y al suelo, en ocasiones congelando a las áreas por donde pasan, mientras la llegada de vientos calidos conserva esta energía, e incluso la aumentan, impidiendo la formación de heladas.

Es conveniente observar las marcas que inscribe el heliógrafo en el papel, para saber el numero de horas que alumbra el sol el día anterior a la noche de la probable helada, y así determinar si puede o no acusar una temperatura de algunos grados centígrados por debajo del cero.

Cuando los días son más largos y las noches mas cortas, existe menos probabilidad de ocurrencia de helada, ya que el fotoperíodo es mayor, y por lo tanto, habrá mayor acumulación de calor en la superficie terrestre y el tiempo en cederlo a la atmósfera será menor.

1.4.6 Topografía.

Durante la noche los terrenos elevados se enfrían mas rápido que las áreas de los valles, originando movimiento convectivos, lo que motiva a que el aire frío baje a través de las pendientes, acumulándose en las hondonadas, aumentando así el riesgo de heladas en esos lugares.

Ello se debe a que siendo el aire frío mas pesado que el caliente, tiende a descender a las partes mas bajas, escurriéndose por la noche entre los diversos accidentes ortográficos, buscando causas o canales deprimidos, hasta llegar a los valles donde se depositan.¹⁵

El efecto del frío puede dañar a cultivos a la vegetación, pues los escurrimientos de este aire devastan lo que encuentran a su paso.

Las depresiones en la topografía y los estrechamientos en un valle, se les denomina "bolsas de helada" (en áreas de ocurrencias de bajas temperaturas), porque el aire frío que descende por las laderas de las montañas se acumula en esos lugares. Por esta razón, en estas áreas se deben contemplar para la siembra, solo aquellos cultivos que puedan adaptarse o que resistan bien esas temperaturas frías.

Por ello se dice que una buena elección de terrenos destinados a los cultivos, será el punto clave para superar a las heladas de la manera más económica, ya que existen métodos que pueden prevenirlas o combatirlas, pero en ocasiones resultan muy costosos.

¹³ Calderón, Alcaraz Esteban. Op. Cit. P. 314.

¹⁴ Fotoperíodo. Duración de la luminosidad del día, sin tomar en cuenta la intensidad de la radiación solar.

¹⁵ Romo, Gonzáles José y Arteaga, R. Ramón. Op. Cit. P. 328.

1.4.7 Inversión de temperatura y el “cinturón térmico” en la topografía

Debido al calentamiento que la superficie terrestre sufre durante el día por efecto de la radiación solar, la tierra a su vez emite radiaciones a la atmósfera, la que de esta forma se calienta, siendo las capas mas bajas (de la atmósfera) las de mas elevadas temperaturas, las cuales van descendiendo aproximadamente 0.5°C por cada 100 metros, de tal manera que las capas inferiores son mas calidas que las que se hallan mas arriba.

Debido a este gradiente, las laderas de las montañas que se elevan en forma diagonal van atravesando los estratos de aire cada vez más fríos, definiendo así ciertos tipos de vegetación.

El gradiente de temperatura descrito anteriormente es el que normalmente se manifiesta sobre la superficie terrestre. Pero cuando debido a una gran perdida de calor del suelo por su intensa y prolongada radiación hacia las capas superiores de la atmósfera, el suelo llega a enfriarse mucho, el aire que está en contacto con él también se enfría, produciéndose el fenómeno conocido como inversión de temperatura.

Daubenmire (1979), afirma que la inversión térmica se produce cuando se presentan las condiciones siguientes.

- a) Noches largas. Las noches mas largas permiten una perdida mas completa de calor por la radiación.
- b) Cielos despejados. La ausencia de nubosidad permite la rápida irradiación de temperatura, mientras la niebla y la neblina la devuelven a la superficie terrestre.
- c) Aire frío y seco. El aire frío y seco absorbe muy poca energía, lo que motiva que esta se escape muy rápido hacia las capas altas de la atmósfera.
- d) Aire tranquilo. El aire en calma favorece a que la energía calorífica se esfume con rapidez, porque el aire turbulento destruye la capa fría de aire al mezclarla con aire mas caliente.

Todas las características anteriores favorecen la inversión térmica, y por tanto, facilitan la formación de heladas.

Se ha comprobado que al presentarse la inversión de temperatura, el aumento vertical térmico del aire no continua indefinidamente hacia arriba; cuando se alcanza un nivel determinado (menos de 200 metros), la temperatura ya no aumenta si no comienza a descender. De esta manera, la capa de aire en la zona invertida es mas caliente que las capas que se encuentran hacia abajo y hacia arriba.

Al presentarse este fenómeno en las zonas montañosas, el área donde el estrato mas caliente se cruza con las laderas a ambos lados del valle se le denomina “cinturón térmico”.

Es importante determinar la zona y la altura del “cinturón térmico” en el momento que se desee elegir un área para llevar a cabo actividades agrícolas, y de esta manera, evitar las practicas (de cultivos sensibles al frío) en los lugares inferiores y superiores “cinturón térmico” y recomendar los cultivos, que de acuerdo a sus exigencias climáticas puedan sembrarse en los diferentes niveles de la montaña, siguiendo el gradiente de temperatura.

1.4.8 Orientación del terreno.

Los terrenos presentan características diversas en sus diferentes áreas, algunos les llega mayor luminosidad, otros son húmedos, otros mas calidos, etc. Estas peculiaridades se manifiestan en base a la orientación de cada lugar, la cual esta ligada a la radiación solar.

Las áreas orientadas hacia el sur percibirán durante el día mayor cantidad de radiación solar, y de esta manera, tendrán mayor reserva por la noche, esfumándose las posibilidades de helada.

Los terrenos orientados a la umbría conservan mas la humedad esto les permite retener parte del calor que recibieron durante el día, y así evitan que por la noche las temperaturas bajen lo suficiente para que puedan formarse heladas.

1.4.9 Constitución del suelo.

Las experiencias revelan que los suelos compactos, húmedos y libres de rocas son capaces de absorber una gran cantidad de radiación solar en días soleados, parte que desprenden por la noche, evitando que la temperatura baje a 0°C.

Los suelos recién labrados captan poco calor durante el día e irradian también muy poco por la noche, provocando la disminución de temperaturas. También se dice que los suelos sueltos y pedregosos resultan malos conductores de calor, por lo que propician la creación de heladas.

1.5 Daños a las plantas por heladas.

Las heladas pueden dañar muy seriamente a las plantas, cuando se encuentran estas en etapa de crecimiento y desarrollo. Los perjuicios pueden ser de magnitudes mayores si la temperatura desciende repentinamente por debajo de lo 0°C.

Los daños que se presentan las plantas por bajas temperaturas pueden ser de tipo mecánico o por perturbaciones fisiológicas.

15.1 Daños mecánicos.

De Fina y Ravelo (1975), establece cuatro grados de daños que pueden contemplarse en los vegetales averiados por la helada, los cuales se mencionan a continuación.

- a) Primer grado. Muerte de algunos órganos vegetativos, tales como hojas y tallos tiernos, así como perturbaciones de las funciones de los órganos restantes.
- b) Segundo grado. Destrucción de un grado porcentaje de flores.
- c) Tercer grado. Destrucción de frutos pequeños en formación y deformación de los sobrevivientes.
- d) Cuarto grado. Muerte total de la planta.

Vozmedio (1982), mencionan los daños que sufren las plantas (principalmente los árboles frutales) durante su estado de congelación, los cuales se describen en seguida.

- a) Raíces. Las raíces son muy susceptibles a la helada, y cuanto más alejadas están del eje central, mayor es el daño. Pero el perjuicio es menos frecuente en la raíz que en la parte aérea.
- b) Cuello. Es la porción más sensible de la parte aérea de la planta. Los daños por congelación están ligados a la inmadurez de los tejidos vegetales.
- c) Troncos y ramas. Algunas veces aparecen hendiduras longitudinales sobre el tronco y las ramas, estando la corteza separada de la madera a ambos lados de la fisura. Con estos daños las plantas no mueren, pero las heridas ocasionan sitios propicios para la entrada de afecciones parasitarias.
- d) Yemas de la flor. Los daños pueden presentarse a principios de invierno cuando las plantas se han cubierto de flores y la temperatura desciende repentinamente.

Los daños más graves se traducen en un enengrecimiento total de las yemas ocasionando su muerte y caída.

Se dice que los pistilos son los órganos más afectados, pudiendo quedar el resto de los órganos de la yema sin daño. Estas yemas pueden llegar a abrirse pero nunca darán fruto.

1.5.2 Daños fisiológicos en las plantas.

Son varios los fenómenos que intervienen en los daños que experimentan los vegetales afectados por las heladas, los más comunes se mencionan a continuación.

Se produce un equilibrio entre los procesos de transpiración y de absorción, que se explicaría de la siguiente manera: el suelo se enfría con mayor rapidez que la planta, y ésta, a su vez, se enfría más rápidamente que el aire exterior. El agua que sale de la planta por transpiración no se repone debidamente porque la absorción del agua del suelo se ve dificultada, causando la muerte de las plantas o de alguna de sus partes. Se producen cristales de hielo en los jugos celulares e intracelulares, y estos cristales perforan las membranas celulares ocasionando la muerte de las células.¹⁶

Las células de las plantas generalmente mueren por debajo de los 0 °C, como consecuencia de la congelación de los líquidos internos, la deshidratación y daños mecánicos, de la manera que se menciona en los incisos siguientes.

- a) Daños por congelamiento. Al descender la temperatura por debajo de los 0 °C, es común la formación de hielo en el interior de los órganos de las plantas, los cuales aumentan su volumen al solidificarse su contenido de agua, esto se debe a diferencia de otras sustancias, que el agua al pasar del estado líquido al sólido no se contrae sino que experimenta una dilatación.

En el congelamiento intracelular los cristales de hielo producen la desorganización de la estructura protoplasmática, por consiguiente muere la célula.

- b) Daños por deshidratación. Estos daños se producen cuando la velocidad de absorción de agua se ve disminuida por las bajas temperaturas, sufriendo la planta una marchitez temporal al no tener agua suficiente para cubrir la tasa de transpiración.
- c) Daños mecánicos. Cuando el hielo se forma en los espacios intracelulares, la muerte puede producirse por deformaciones mecánicas del protoplasma, ya sea por presión directa o por la salida de agua de la célula.

En las plantas vulnerables a la helada se observa al mañana siguiente en que ocurre ésta, manchas negras en los tallos y hojas, así como una marchitez parcial o total.

Un daño muy común es la marchitez: a menos de 4 °C, las plantas no absorben el agua, pero la transpiración prosigue, determinándose en un déficit hídrico en el vegetal. Los daños se deben a disturbios en el metabolismo causados por la suspensión de la actividad enzimática.¹⁷

Empero, la marchitez por frío en algunas plantas silvestres, como el acahual, el quelite, etc., es un indicio de alerta, para que los campesinos prevengan a sus cultivos.

1.5.3. Otros factores que intervienen en los daños por helada.

La magnitud de los daños por helada sobre las plantas depende de varios factores, los cuales son mencionados por Calderón (1983), y éstos son los siguientes.

¹⁶ Fuentes, Yague J. Luis. *OP. Cit.* P. 169.

¹⁷ Rojas, Garcidueñas Manuel. *Principios de fisiología vegetal.* P. 191.

- a) **Especies frutales.** La mayor o menor sensibilidad o susceptibilidad a las heladas de las distintas especies frutales depende de dos aspectos: uno se debe a su resistencia intrínseca, que determina daños menores. El otro aspecto se deriva de las distintas épocas de floración de las diversas especies, que determina menor riesgo en aquellas más tardías, es decir, cuando han acontecido varias heladas la probabilidad de daños es reducida, porque las plantas se van adaptando gradualmente al frío.

Las especies de floración tardía suele sufrir daños menores durante la ocurrencia de heladas.

El cuadro que se muestra a continuación, señala las temperaturas que pueden soportar durante media hora las yemas florales de algunas especies, en distintos estados de desarrollo.

ESTADO DE DESARROLLO DE LAS YEMAS FLORALES.			
Especies.	Empezando a abrir.	Plena floración.	Inicio del crecimiento del fruto.
Manzano	-3.4 °C	-2.0 °C	-1.7 °C
Peral	-2.9 °C	-1.9 °C	-1.5 °C
Cerezo.	-4.1 °C	-2.0 °C	-0.2 °C
Durazno.	-3.9 °C	-2.4 °C	-1.7 °C
Ciruelo	-3.2 °C	-1.7 °C	-1.0 °C

Cuadro 1. Fuente: calderón (1983).

Los datos que contiene el cuadro anterior muestran las temperaturas a las cuales las yemas de distintas especies frutales sufren daños considerables, aun estando con bajas temperaturas en un tiempo muy corto.

Como puede apreciarse en el cuadro, las distintas especies experimentan daños diferentes en diferentes estados de desarrollo.

De manera general, el comportamiento de las especies vegetales varía de acuerdo al tipo de clima y de todos los factores del medio ecológico de cada región del planeta.

- b) **Variedad.** Las variedades están formadas por un grupo de individuos de idéntica constitución genética, es decir, corresponden a determinar especies, pero se distinguen unas de otras por ciertos caracteres secundarios.

Cada variedad representa un individuo muy diferente al que corresponde a otra, de esta manera, su comportamiento frente a diversos fenómenos climáticos es distinto (de una variedad a otra), y no es la excepción su relación con las bajas temperaturas.

Existen variedades muy exigentes al frío (de manzano: MC Intosh, Tinter Banan, Jonathan, etc.), en cambio otras lo requieren poco (de manzano: Gravenstein, Tinesap, Red June, etc.).

No obstante, los individuos de una misma variedad poseen una resistencia intrínseca propia, pues se ha comprobado que en igualdad en su estado fisiológico y bajo las mismas circunstancias dejas temperaturas, algunos ejemplos sufre menos que otros. Esta cualidad probablemente se daba a las condiciones edáficas en que se encuentra cada variedad.

- c) **Tipo de órgano expuesto.** Algunos órganos vegetativos son resistentes al frío durante el invierno, en esta época algunas especies o variedades se hallan en estado de reposo¹⁸, mientras en primavera pueden ser muy sensibles al frío, sobre todo cuando se presentan las

¹⁸ Estado de reposo. Período invernal de algunos vegetales, donde cesa toda su variedad fisiológica..

heladas tardías, propias de estas fechas. En esta época las plantas comienzan a crecer y a desarrollar sus órganos, por tanto, una temperatura muy fría atrofia su actividad.

- d) **Estado fisiológico.** El estado fisiológico en que se encuentran la planta o el órgano de ésta, en el momento de producirse la helada, determina en gran parte el daño que puede sufrir.

La helada es muy perjudicial cuando las plantas se hallan en sus diversos estados de actividad fisiológica: en el momento en que comienzan a aparecer las hojas, las flores, los frutos, etc. Mientras que durante el período de reposo, las plantas pueden resistir bien el frío, e incluso requieren de él para su posterior crecimiento y desarrollo, como es el caso de algunas variedades de manzano, peral, durazno, chabacano, ciruelo, etc., así como ciertas variedades de cereales de invierno: de trigo, de cebada, de avena, de sorgo, etc.

- e) **Intensidad y duración de la helada.** Se debe tomar muy en cuenta el tiempo de exposición de las partes vegetativas al frío, ya que suele que es más perjudicial un largo tiempo de varias horas con temperaturas relativamente altas (-2° a 3°C), que lapsos muy cortos, de menos de media hora, a temperaturas mucho más bajas (-10°C).

El frío intenso, aun momentáneo, daña considerablemente las capas externas de cualquier órgano, pero los estratos internos pueden no ser averiados y salvarse de las temperaturas congelantes, en situaciones de reducido tiempo de exposición.

Los daños a las especies vegetales por helada son muy relativos; dependerán de su intensidad, su duración, del tipo de órgano que se trate y de algunos otros factores.

- f) **Ritmo de descenso de la temperatura.** Las plantas son más resistentes al frío, cuando más lento sea el ritmo de presentación del mismo. Los cambios bruscos son los más dañinos. Si la helada se lleva a cabo en un descenso muy lento y paulatino de temperaturas, causa menos daño, pero si la ocurrencia es repentina, con descensos muy rápidos de temperatura, motiva graves estragos a ciertas especies y variedades vegetales.

Hasta aquí concluye algunos de los aspectos teóricos más importantes que tratan de explicar el comportamiento del fenómeno de las heladas, las cuales se fundamentan en argumentos muy complejos, pero para el propósito del presente capítulo, sólo se muestran los más sobresalientes y sin profundizar en alguno de ellos.