

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO
FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA DE FRUTICULTURA



TALLER DE LICENCIATURA

**DESCRIPCIÓN TÉCNICA Y EVALUACIÓN ECONÓMICA DE
DIFERENTES MÉTODOS DE CONTROL DE HELADAS
EN PALTO (*Persea americana* Mill.).**

LEONARDO ALEJANDRO MOLINA VENEGAS

QUILLOTA CHILE
1999

ÍNDICE DE MATERIAS

1. INTRODUCCIÓN

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Helada

2.1.1. Definición del fenómeno

2.1.2. Origen climático de las heladas

2.1.3. Tipos de heladas

2.1.3.1. Helada de radiación

2.1.3.2. Helada de advección

2.1.3.3. Helada por evaporación

2.2. Resistencia de los vegetales a las heladas

2.3. Daños producidos por heladas

2.3.1. Factores que afectan el daño

2.3.2. Procesos en tejidos vegetales

2.3.3. Daños producidos por heladas invernales

2.3.4. Daños producidos por heladas primaverales

2.4. Daños en paltos

2.4.1. Antecedentes generales

2.4.2. Temperaturas críticas

2.4.3. Nivel de daño

2.5. Control de heladas

2.5.1. Métodos indirectos

2.5.2. Métodos directos

2.5.2.1. Emisión de humo

2.5.2.2. Emisión de calor

2.5.2.3. Movimiento de aire

2.5.2.4. Sistema combinado

2.5.2.5. Aspersión de agua al cultivo

2.5.2.6. Retraso de la brotación por medio de mojamiento

2.5.2.7. Uso de crioprotectores

2.5.2.8. Cubiertas en árboles

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Sistemas de control

3.2. Selección del flujo de fondos

3.3. Nivel de daño

3.4. Incremento del precio

3.5. Diseño de software

4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Flujo sin control de heladas

4.1.1. Análisis

4.2. Ventiladores Amarillo W.C.

- 4.2.1. Especificaciones
- 4.2.2. Costos
 - 4.2.2.1. Inversión
 - 4.2.2.2. Mantención
 - 4.2.2.3. Costos operacionales
- 4.2.3. Depreciación
- 4.2.4. Análisis
- 4.3. Ventiladores Orchard Rite
 - 4.3.1. Especificaciones
 - 4.3.2. Costos
 - 4.3.2.1. Inversión
 - 4.3.2.2. Mantención
 - 4.3.2.3. Costos operacionales
 - 4.3.3. Depreciación
 - 4.3.4. Análisis
- 4.4. Calefactores modelo Lazy Fíame
 - 4.4.1. Especificaciones
 - 4.4.2. Costos
 - 4.4.2.1. Inversión
 - 4.4.2.2. Mantención
 - 4.4.2.3. Costos operacionales
 - 4.4.3. Depreciación
 - 4.4.4. análisis
- 4.5. Calefactores Hy Lo
 - 4.5.1. Especificaciones
 - 4.5.2. Costos
 - 4.5.2.1. Inversión
 - 4.5.2.2. Mantención
 - 4.5.2.3. Costos operacionales
 - 4.5.3. Depreciación
 - 4.5.4. Análisis
- 4.6. Turbina
 - 4.6.1. Costos
 - 4.6.1.1. Inversión
 - 4.6.1.2. Mantención
 - 4.6.1.3. Costos operacionales
 - 4.6.2. Depreciación
 - 4.6.3. Análisis
- 4.7. Cold killer
 - 4.7.1. Especificaciones
 - 4.7.2. Costos
 - 4.7.2.1. Costos del producto
 - 4.7.2.2. Costos operacionales
 - 4.7.3. Análisis

5. CONCLUSIONES

6. RESUMEN

7. LITERATURA CITADA

1. INTRODUCCIÓN

Algunos autores, como DE FINA (1985) y GIL-ALBERT (1992), señalan que el factor más importante dentro de la agricultura y la climatología es la termometría o estudio de las temperaturas, ya que influye en todos los procesos que realiza la planta, la cual se ve afectada mayormente por sus extremas.

Estas extremas en Chile se ven atenuadas por la influencia marina, pero la topografía accidentada contribuye a crear una gran variedad en la incidencia de estas temperaturas. En distancias relativamente cortas, se producen notables cambios en la intensidad de ellas.

Es así como las extremas mínimas se presentan como un grave problema para algunos cultivos y frutales en la zona productora del país. El palto (*Persea americana* Mill.), siendo un cultivo de zonas sub-tropicales, de buena rentabilidad y gran superficie en la zona central del país, se ve bastante afectado por las bajas temperaturas y dentro de sus variedades, el palto Hass que corresponde al de mayor superficie plantada, es también el de mayor susceptibilidad a éstas.

Las heladas pueden mermar notoriamente la producción del cultivo, lo que hace necesaria la implementación de métodos de control en los huertos, los cuales tienen distintos fundamentos, funcionamiento, control y precio.

Por ello, se presenta la necesidad de describir y evaluar económicamente estos métodos de control de heladas asociados a un huerto de paltos, acotando los de mayor factibilidad para el cultivo, para establecer así diferencias técnicas y de costos, obteniendo una visión de cual es más conveniente de implementar.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Helada:

2.1.1. Definición del fenómeno

Según GIL-ALBERT (1992), toda temperatura por debajo de 0° C se considera temperatura de helada, durante el período invernal. Mientras tanto, SANTIBAÑEZ y MERLET (1987) señalan que el fenómeno conocido como helada, corresponde a un enfriamiento del aire por debajo de 0°C, lo que produce el congelamiento del agua al interior de los tejidos vegetales. Esto provoca un daño, irreversible, conocido como quemadura de frío.

Así también, DE FINA (1985) señala que en los estudios de meteorología o climatología agrícolas se considera que hubo helada toda vez que el termómetro de mínima, colocado en la garita reglamentaria, a 1,50 m sobre el suelo, acusa una temperatura del aire igual o inferior a 0° C.

2.1.2. Origen climático de las heladas

En algunos casos, a partir de la puesta del sol, la superficie del suelo comienza a perder más calor del que recibe. Esta pérdida ocurre a través de ondas calóricas que se escapan hacia el espacio, lo que va enfriando durante la noche a la superficie terrestre.

El enfriamiento se debe a un balance de radiación negativo durante noches calmas y de cielo despejado. Es el origen más frecuente de las heladas en la zona Central de Chile, las cuales van acompañadas de abundante rocío y escarcha.

También pueden originarse por un enfriamiento debido a la llegada de una masa de aire frío de origen polar. El aire frío es más denso y pesado por lo que esta masa avanza rasante por la superficie, como una ola de grandes proporciones.

Cualquiera sea el origen de una helada, la topografía del lugar desempeña un papel importante como agente atenuador o intensificador de ésta. El aire frío se escurre por las pendientes hacia los lugares más bajos formando verdaderos apozamientos de aire frío, por lo que la helada será más intensa en las zonas bajas, mientras que en las partes altas de las laderas pueden escaparse por completo al efecto de la helada (Figura 1).

Durante la ocurrencia de una helada, el aire más frío se acumula en las capas bajas, razón por la cual las temperaturas a nivel del suelo son entre 2 y 3°C más bajas que aquellas observadas en el cobertizo meteorológico a 1,5 m de altura. Esta diferencia de temperatura es importante de tener en cuenta en cultivos bajos y en plantas susceptibles al frío en la zona del cuello (SANTIBAÑEZ y MERLET, 1987).

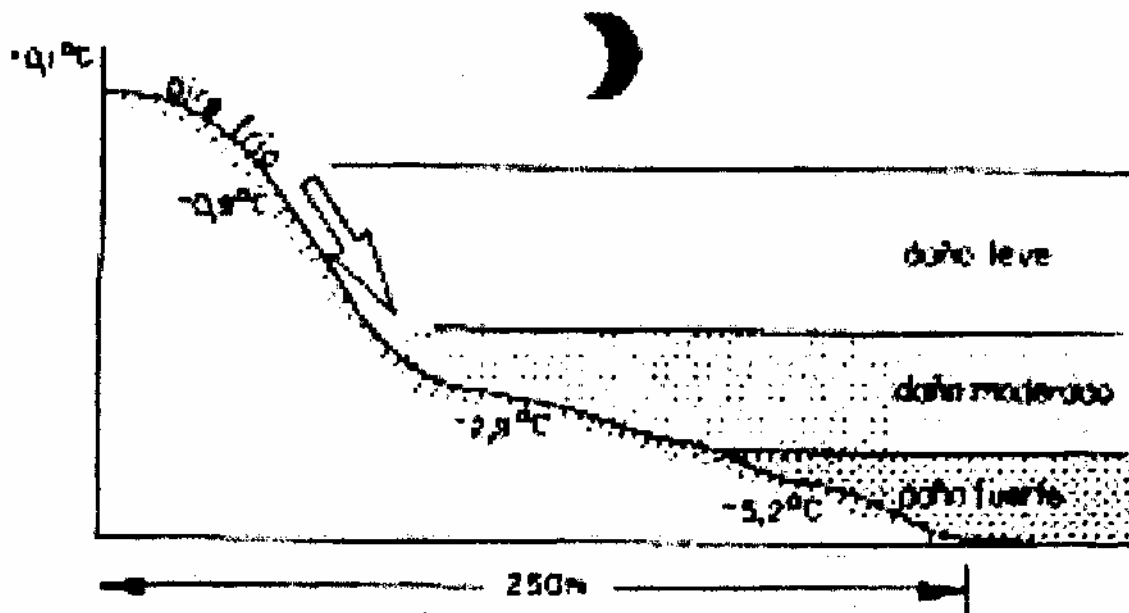


FIGURA 1. Esguerrimiento del aire frío por una ladera. En el sector bajo se forma un lago de aire frío que acentúa la intensidad de la helada.

2.1.3. Tipos de heladas

BALDINI (1992) señala que las heladas se clasifican, según la época en que se produzcan, como invernales y primaverales o tardías. En el primer caso el frío afecta a las plantas en condiciones de mayor o menor reposo y en el segundo en el período comprendido entre la apertura de las yemas y el cuajado. GIL-ALBERT (1992) coincide con la clasificación anterior.

Mientras que YURI (1991), establece que en Chile se pueden reconocer fundamentalmente dos tipos de heladas, las que afectan en mayor o menor intensidad la fruticultura:

2.1.3.1. Helada de radiación

Es aquella que ocurre por la pérdida de calor radiativo, especialmente en noches claras, sin nubes y en ausencia de viento, lo que permite que ondas largas calóricas se escapen hacia la atmósfera; lo anterior se produce en condiciones anticiclónicas post-frontales preferentemente en Chile se registran entre los meses de junio-agosto (Figura 2).

El calor irradiado por el suelo y por las plantas sube contribuyendo a elevar la temperatura hasta una cierta cota, denominada capa de inversión térmica, en la que el intercambio de calor suelo-atmósfera es nulo y por encima de la cual la

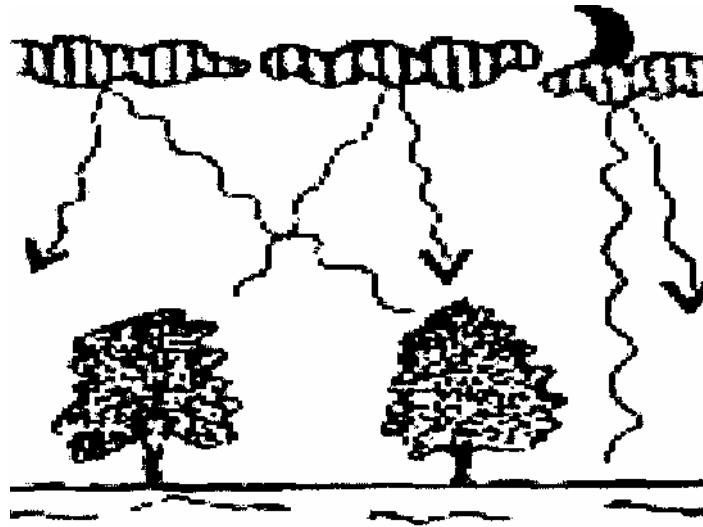


FIGURA 2. La nubosidad nocturna evita la ocurrencia de heladas al devolver a la superficie las ondas calóricas perdidas por ésta.

temperatura desciende nuevamente. La altura de la capa de inversión térmica es generalmente de unos 15-20 m (BALDINI, 1992).

Para formarse una idea de los volúmenes de energía en juego, se puede señalar que la pérdida nocturna de calor de una hectárea es de alrededor de 1.000 kwat. Es decir, equivalente a la combustión de 100 kg de petróleo por hora. A la salida del sol, este comienza nuevamente a enviar su energía, lo que hace que la superficie se caliente durante el día (SANTIBAÑEZ y MERLET, 1987).

El rocío presente en el suelo y sobre las plantas se congela debido a la baja de temperatura, produciendo abundante escarcha, de ahí que este fenómeno se conozca como helada blanca.

A pesar de su apariencia cristalina, el examen de las partículas de hielo (escarcha) demuestra que éstas, en la mayoría de los casos, son de estructura amorfa (DE FINA, 1985).

2.1.3.2. Helada de advección

Producida por una invasión de masas de aire frío provenientes del polo, las cuales traen consigo condiciones de baja humedad y temperaturas polares.

Son las denominadas olas de frío, que pueden ir acompañadas de vientos y precipitaciones de nieve y que generalmente se producen por corrientes de vientos de dirección norte-sur (GIL-ALBERT, 1992).

Estas heladas ocurren asociadas a una brisa fría y no son acompañadas de rocío, por lo que su acción es más dañina. Su ocurrencia en Chile es normalmente en primavera (septiembre-noviembre).

Esta helada, a pesar de ser menos frecuente en el país, causa los mayores daños en la fruticultura, debido a que provoca un descenso muy acelerado de la temperatura y por un tiempo más prolongado que las heladas de radiación. Las temperaturas mínimas alcanzadas suelen ser inferiores a -3°C (Figura 3).

En tales ocasiones el efecto pernicioso del frío se produce sin ningún impedimento y al día siguiente o poco tiempo después ello es posible comprobarlo, pues las partes o plantas sensibles al frío, al morir, adquieren una coloración negruzca. Es por dicha razón que cuando la temperatura del aire desciende a 0°C , o bajo cero, y no se produce depósito de escarcha, se dice que se ha registrado una helada negra. Según lo que se acaba de decir, las plantas sufren el efecto pernicioso de las temperaturas iguales o inferiores a 0° , y tiene poca importancia que manifiesten o no la presencia de un depósito de escarcha o helada blanca (DE FINA, 1985).

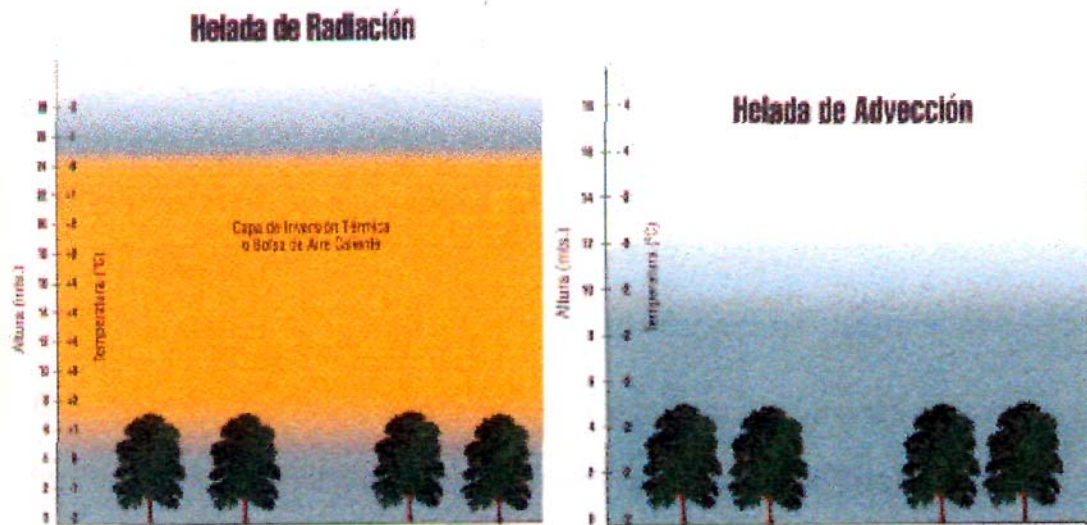


FIGURA 3. Comparación entre heladas de tipo radiativas y advectivas, donde se observa la existencia de una capa de inversión térmica en altura sólo en el primer caso.

Estas heladas pueden ocurrir en cualquier momento, el que puede coincidir con el período de floración y cuaja de la mayoría de las especies frutales. Son frecuentes en Europa pero raras en Chile (SANTIBAÑEZ y MERLET, 1987).

2.1.3.3. Helada por evaporación

Es aquella producida por evaporación, la que ocurre con posterioridad a una lluvia y en condiciones de noche fría, lo que produce un enfriamiento del tejido, debido a que al evaporarse el agua desde su superficie, ésta absorbe energía calórica del medio ambiente.

BALDINI (1992) señala que ésta se produce cuando la humedad relativa del aire es media (80%) y la vegetación está humedecida. En estas condiciones el agua se evapora sustrayendo calor a los tejidos (unas 600 calorías por cada cm^3 de agua evaporada). La ventilación favorece el enfriamiento de las plantas, estimulando la evaporación. Este tipo de helada se produce muy rápidamente y puede ser concomitante tanto con la de convección como con la de irradiación.

En relación a la cantidad de vapor de agua presente en el aire, las heladas se pueden producir con o sin niebla. Conviene recordar que, en el segundo caso, los daños a los cultivos son menores ya que la niebla, al frenar el calentamiento de los tejidos consiguiente a la sucesiva elevación de la temperatura, permite que las

células absorban más gradualmente el agua presente en los espacios intercelulares.

2.2. Resistencia de los vegetales a la helada:

BALDINI (1992) señala que la congelación del agua en los tejidos no es en sí lo que produce el daño, sino más bien la salida del agua desde las células, pues la congelación ocurre preferentemente en los espacios intercelulares. La deshidratación lleva a la ruptura de las membranas celulares, las que no pueden recuperarse provocando la muerte de las células y del tejido completo. Esto ocurre con más intensidad en los bordes de las hojas (que son los que más se enfrían), por lo que frecuentemente las quemaduras por heladas aparecen en el contorno de las hojas.

Dentro de los factores anatómicos fisiológicos puede mencionarse la pilosidad y la existencia de cutículas gruesas, como también el jugo celular y su contenido son de gran importancia. La existencia de azúcares en la célula explica el hecho que los tejidos no se congelan antes de $-1,6$ a -2° C, por lo que hay daño sólo si la temperatura baja de estos valores.

Los vegetales no son sensibles por igual en todas sus fases de desarrollo. La combinación de los factores anatómicos y fisiológicos hace que algunos estados sean especialmente sensibles, tal es el caso de la floración, la cuaja y el estado de

fruto pequeño, donde una temperatura de $-2,5^{\circ}\text{C}$ puede producir importantes reducciones en la producción. En la fase invernal de yema en reposo, la mayoría de los frutales toleran bien temperaturas de $-1,5^{\circ}\text{C}$ sin daño aparente. Durante la fase de brotación y fructificación, bastan temperaturas de 2 a 5°C inferiores a las temperaturas críticas para que el daño sea considerable. Es decir, pérdida de producción del orden de 90%.

GIL-ALBERT (1992) señala que el grado de resistencia al frío en este período de cada especie y variedad está influido por una serie de factores nutricionales, fisiológicos y ambientales, pero es fundamentalmente una característica genética, sin embargo, este nivel máximo de resistencia específica no es constante en el árbol, sino que se alcanza a través de un proceso de adaptación (lignificación), que tiene dos fases: maduración y endurecimiento de la madera.

La fase de maduración de la madera tiene lugar normalmente en la primera parte del otoño, desencadenada por el acortamiento de los días y por los primeros descensos termométricos otoñales. Durante ella se producen una serie de transformaciones fisiológicas y celulares, tales como acumulación de hidratos de carbono, aumento de la presión osmótica, disminución del nivel celular de agua, engrasamiento de las membranas celulares y disminución de la actividad meristemática que provocan en los árboles una progresiva adaptación al frío.

El endurecimiento de la madera se produce a continuación de la fase anterior, a finales de otoño y aún a principios de invierno, como consecuencia del progresivo descenso térmico; las modificaciones fisiológicas y celulares continúan, aumenta en mayor grado la presión osmótica, disminuye el volumen vacuolar y se incrementa la permeabilidad celular, y como consecuencia final de todo este proceso, al terminar esta fase el árbol ha completado su proceso anual de lignificación y alcanza su nivel máximo de resistencia específica al frío, normalmente coincidente con el estado de reposo invernal profundo propio de esta época.

Tanto durante este estado como durante la maduración y endurecimiento de la madera, pueden ocurrir temperaturas bajas que, según su duración e intensidad, producirán daños en los diferentes elementos o en el conjunto del árbol.

Es difícil establecer temperaturas críticas lo mismo que el nivel de daño que producirá una determinada temperatura. Esto debido a que el efecto de una helada depende de la velocidad de congelamiento, del descongelamiento y de la duración de ella. Una misma temperatura negativa puede ser muy dañina si ella ocurre en atmósfera seca, o completamente inocua si ella va acompañada de aire húmedo con abundante condensación de rocío y formación de hielo; esto atenúa el enfriamiento del tejido (cada gramo de agua que congela entrega unas 80 calorías), produce decompensación de los tejidos, haciéndola bajar algunas décimas de grado durante el descongelamiento brusco. Se debe recordar que unas pocas

décimas de grado pueden significar acentuar considerablemente el daño. A estos factores se agrega el hecho que el vigor del crecimiento también está relacionado con el daño de las células. Tejidos muy vigorosos como consecuencia de una sobre fertilización nitrogenada, son más acuosos y menos lignificados lo que los hace más vulnerables a las heladas (SANTIBAÑEZ y MERLET, 1987).

2.3. Daños producidos por heladas:

DE FINA (1985) describe el daño en forma general en cuanto a las plantas anuales, bienales o perennes, que son cultivadas para aprovechar el fruto, y establece los cuatro grados crecientes de perjuicios por heladas que se indican a continuación.

- El frío daña o mata órganos vegetativos, tales como hojas y tallos, perturbando las funciones de los órganos restantes.
- La helada destruye un gran porcentaje de flores, impidiendo así, que muchas de ellas se transformen en frutos.
- La baja temperatura destruye los frutos en formación, y los que sobreviven resultan mal formados.
- El frío es lo suficientemente intenso y prolongado como para provocar la muerte de la planta completa.

2.3.1. Factores que afectan el daño:

Los síntomas que provoca un daño por helada en los tejidos vegetales dependen de diversos factores, entre los cuales destacan:

- a) intensidad de la helada
- b) duración de ésta
- c) tejido y órgano afectado
- d) estado fenológico de la planta
- e) ubicación geográfica del huerto, en cuanto a latitud, altitud y entorno físico en la cual es plantado (YURI, 1991).

2.3.2. Procesos en tejidos vegetales

Específicamente durante el congelamiento el agua escapa de las células las que mueren por deshidratación, por ello el daño de una helada sobre las hojas en mucho se parece al de una sequía por falta de riego. En las flores, el frío produce la muerte de las células del pistilo impidiendo la polinización (-2°C). Si el frío es más intenso, las flores y frutos pequeños caen debido a la muerte de las células del pedúnculo, el que se seca y se obstruye ($-2,3$ a $-2,5^{\circ}\text{C}$) (SANTIBAÑEZ y MERLET, 1987).

YURI (1992) señala que el daño producido por congelamiento a nivel celular se debe básicamente a dos procesos:

- Salida del agua desde el interior de la célula hacia la pared (espacio libre aparente), lo que provoca una concentración del protoplasma, con los consecuentes daños a nivel de precipitación y acomplejamiento de metabolitos, principalmente del tipo proteico

- El agua salida al exterior del protoplasma se congela más rápidamente, debido a la menor cantidad de solutos presentes en el espacio libre aparente, siendo estos cristales de hielo de sumo riesgo, una vez que el protoplasma comienza a rehidratarse a consecuencia del deshielo, debido a que las aristas de los cristales pueden provocar deterioros irreversibles en la estructura de la membrana celular. Lo anterior significaría el derrame de contenido citoplasmático hacia el exterior, donde existen mayores niveles de oxígeno, lo que provoca un rápido pardeamiento oxidativo del tejido. Es por lo anterior que debe evitarse un descongelado rápido de las plantas, a fin de favorecer una lenta rehidratación sin daño a nivel de membranas.

Normalmente en el caso de los frutales, el órgano más sensible a estrés térmico producto de una baja temperatura es el fruto recién cuajado. En algunos casos de heladas extremas se producen daños a nivel de tronco, llegando incluso a producirse la muerte de plantas altamente resistentes a bajas temperaturas.

2.3.3. Daños producidos por heladas invernales

Según GIL-ALBERT (1992), los daños más frecuentes en heladas invernales son los producidos en raíces, yemas, madera joven (uno a tres años), ramas y tronco.

El sistema radicular es normalmente la parte del árbol con menor resistencia específica al frío; temperaturas entre -5°C y -10°C a nivel radicular le afectan mortalmente, ocasionando su congelación celular, con la consiguiente necrosis vascular interna. Afortunadamente, esta débil resistencia específica se ve incrementada por la defensa adicional que supone el espesor de la capa de suelo, en el que las raíces están situadas de tal manera que en la práctica, para que a nivel radicular se produzcan esas temperaturas es preciso que el suelo se congele en profundidad 40 ó 50 centímetros, lo que exige temperaturas mucho más bajas (-12°C a -15°C) y largamente persistente (seis a doce horas, como mínimo) a nivel del suelo.

Aunque normalmente los daños por frío en las raíces, dada la intensidad de la helada que los origina, van acompañados por daños simultáneos en la parte aérea, cuando las raíces son afectadas no se produce sintomatología externa hasta la brotación posterior en primavera; en este momento la falta de absorción radicular origina que la brotación sea a expensas de las reservas de la madera, y cuando éstas se acaban, aquélla se marchita y el árbol muere; a veces, si los daños no han sido tan intensos como para afectar a todo el sistema radicular, el árbol es

capaz de reconstituirlo a tiempo de sobrevivir, pero la brotación queda muy debilitada durante todo el período vegetativo subsiguiente, con independencia de los daños producidos en la parte aérea.

Las yemas, fundamentalmente las de flor, son también elementos del árbol con poca resistencia específica en las especies frutales. Temperaturas de -10°C pueden afectarlas, bien ocasionando la muerte de los primordios femeninos y castrando las flores, o bien necrosando el pedicelo de la yema, que así se desprende y cae durante el reposo o puede llegar a abrir en primavera, pero sin posibilidad de fecundación posterior. Sin embargo, hay que tener presente que las yemas alcanzan su nivel de resistencia específica muy pronto, por lo que a veces heladas tempranas pueden afectar a la madera, que todavía no la ha alcanzado, y no a las yemas, que sí lo han hecho, aunque posteriormente la madera sea, en general, más resistente al frío que las yemas de flor (BALDINI, 1992).

Los ramos y formaciones vegetativas y fructíferas, así como las ramas jóvenes y de pequeño diámetro, pueden también ser afectadas por el frío, bien porque las bajas temperaturas superen su resistencia específica, o bien porque, aun sin superarla, se produzcan antes que la madera se haya endurecido lo suficiente. En general, estos elementos son bastante resistentes y alcanzan pronto su máxima resistencia; por lo que este tipo de daños es poco frecuente. Sin embargo, después de otoños suaves, con crecimientos otoñales muy poco lignificados, los efectos de las primeras heladas pueden ser muy aparatosos, necrosando las zonas terminales de

los ramos en un alto porcentaje de éstos y obligando a despuntar en la poda todos los ramos dañados.

Las ramas más gruesas así como las ramas madres y, en su caso, el tronco, alcanzan los mayores niveles de resistencia específica que corresponden a cada árbol, pero mucho más lentamente, de tal forma que el endurecimiento del leño sólo se produce al terminar los procesos de traslocación vascular, y en casos de inviernos suaves, puede ocurrir que el reposo absoluto no se llegue a alcanzar, o dure muy poco tiempo. En consecuencia, el frío puede producir daños en la madera gruesa, tanto si supera su límite de resistencia como si se producen heladas, sin que la madera se haya endurecido, que es el caso más frecuente.

Cuando las heladas se producen temprano en la temporada, antes que la madera esté totalmente lignificada y haya detenido la traslocación, los daños se localizan generalmente en la corteza y en la zona cambial y muy frecuentemente en los puntos de inserción de las ramas madres o secundarias produciendo la muerte de placas de corteza y tejidos subyacentes, casi siempre en la parte orientada al sur. A veces, cuando el descenso es muy intenso y rápido, la lesión toma el aspecto de una hendidura longitudinal en el tronco o ramas primarias, fisurando la corteza, separándola de la madera en ambos lados y dañando ésta en una cierta profundidad. Este tipo de lesiones son grandes, a veces toda la altura del tronco, irregulares, sufren fáciles infecciones y cicatrizan muy lentamente y con gran dificultad, y son, en general, debidas a la formación de hielo en la zona subcortical,

que presiona sobre la corteza contraída simultáneamente por el frío. Según su elasticidad y espesor, la hendidura será más o menos larga o, en ocasiones, puede que no llegue ni siquiera a fisurarse (GIL-ALBERT, 1992).

Cuando el frío, aún en pleno reposo del árbol, supera su resistencia máxima, entonces normalmente los daños afectan la médula de la madera o el leño más interno ocasionando bolsas necrosadas internas en la madera gruesa. Estas zonas impiden parte de la traslocación posterior y disminuyen la resistencia mecánica del tronco, transformándose en puntos de fácil fractura por efecto del viento, y si son muy importantes cuantitativamente, la rama o el árbol mueren por encima de la zona dañada.

La parte del árbol más fácilmente afectada por este tipo de daños suele ser el cuello del tronco (parte más próxima al suelo), que puede bien sufrir daños en placa o necrosis internas o bien fisuras basales o anillados completos subcorticales, que originan la muerte total del árbol. En esta zona, los efectos del frío se ven agravados, por una parte, por ser la zona que más tarda en entrar en reposo, y por otra, por ser a ese nivel donde se producen temperaturas más bajas (BALDINI, 1992).

2.3.4. Daños producidos por heladas primaverales

En condiciones normales, en la época en la que se produce el final del reposo, las temperaturas se han suavizado lo suficiente como para que no sean ya de temer descensos termométricos tan marcados, como los del invierno. Las yemas de flor son las más frecuentemente afectadas por las bajas temperaturas, resultando con daños mayores o menores, según la intensidad de la helada y según el estado fenológico en el que la yema se encuentra (BALDINI, 1992).

Las partes de la flor más sensibles al frío son, con mucha diferencia, el ovario, los óvulos y la base del estilo, que se congelan, mueren y necrosan cuando están sometidos a temperaturas internas (actinotérmicas) de entre -1°C y -2°C durante más de media hora. Las cubiertas florales son bastante más resistentes, y según estén más o menos cerradas impiden que el frío alcance el gineceo, siendo necesarias temperaturas más bajas para que se produzcan daños. Ello explica que en desborre la yema sea más resistente que el botón verde; éste es más resistente que el botón rosa y, a su vez, éste es más que la flor abierta, siendo la máxima sensibilidad al frío la del fruto recién cuajado. A partir de este momento, la resistencia aumenta al crecer el fruto, ya que los tejidos de éste aíslan al embrión, incrementando la dificultad para que el frío penetre hasta él.

Las yemas vegetativas y los brotes jóvenes suelen resistir sin problemas este tipo de temperaturas, salvo en especies particularmente sensibles (vid, nogal, etc.), en

las que muere la parte terminal del brote, rebrotando unos días más tarde las yemas laterales más bajas, recuperándose así la vegetación.

En cuanto a los frutos, su resistencia aumenta progresivamente, al aumentar de tamaño, de tal manera que a partir de un determinado momento solamente temperaturas muy bajas (-4°C) son capaces de penetrar hasta el embrión; si la helada no es tan intensa, los tejidos del fruto la protegen del frío y los daños son entonces solamente epidérmicos. Es muy poco frecuente que las heladas primaverales lleguen a afectar a la madera. Cuando ello se produce es que la temperatura ha bajado tanto que flores, frutos y brotes son arrasados.

Aunque, en general, el efecto del frío se manifiesta en las necrosis de ovarios y del estilo, imposibilitando la fecundación posterior, en fases más avanzadas del proceso de floración la temperatura puede afectar al embrión recién formado o a los tejidos epidérmicos del fruto.

Si la helada se produce con las yemas todavía cerradas en estado de desborre avanzado, botón verde o botón rosa, éstas pueden continuar su desarrollo, llegando a abrirse posteriormente con apariencia normal; en realidad, el ovario y el estilo están afectados por el frío, con lo que la flor es estéril y no llega a cuajar fruto alguno, desecándose y cayendo más tarde. A veces, si la helada ha sido intensa, la yema no abre, se ennegrece y desprende por haber quedado dañado el pedúnculo de la misma. En cualquiera de los casos, el corte longitudinal de la

yema de veinticuatro a cuarenta y ocho horas después de las heladas pone de manifiesto los daños producidos en el gineceo de la flor.

En estado de plena floración, la helada afecta igualmente al ovario y base del estilo, y sólo en algunas ocasiones a los pétalos extendidos. Igual que en el caso anterior, la flor queda estéril y, salvo en el caso de las variedades partenocárpicas, se marchita y cae sin poder formar fruto.

En los casos en los que la helada sobreviene cuando ya se ha producido el cuajado, los daños dependen de la intensidad del frío y del tamaño alcanzado por el fruto. Si la helada es suficientemente intensa, o el fruto está todavía en sus primeras fases de desarrollo, normalmente el frío alcanza al embrión, ocasionando su necrosis y la del sistema vascular que lo nutre. En esta situación, el fruto deja de crecer y cae, bien inmediatamente, o bien en el caso de frutos ya de cierto tamaño después de algún tiempo (dos o tres semanas) (GIL-ALBERT, 1992).

Cuando la helada es poco intensa, o el fruto está ya bien desarrollado, puede ocurrir que la ésta no llegue a afectar al embrión y que los daños sean sólo epidérmicos. En estos casos, el frío provoca lesiones en forma de grietas microscópicas en la epidermis, que cicatrizan posteriormente, suberificándose y tomando el aspecto de mancha de color pardo. Estas manchas pueden ser de tamaños muy diversos, desde minúsculos punteados hasta grandes manchas, y

pueden estar localizadas en forma dispersa en el fruto, en los alrededores de la fosa calicinar o en forma de anillo ecuatorial.

Por otra parte, la lesión puede ser solamente superficial o penetrar en el mesocarpio, de tal manera que el fruto en su desarrollo posterior se deforma. Siempre que estos tipos de lesiones no sean demasiado graves, el fruto puede llegar a alcanzar la madurez, pero su calidad comercial queda afectada y el valor de la cosecha disminuye. El hecho que en un fruto se produzca un tipo u otro de estos daños parece depender del momento en el que se produce el frío y de la especie y variedad de que se trate.

La muerte celular causada por el frío en los tejidos afectados está la mayor parte de las veces originada por la ruptura del protoplasma y membrana, a consecuencia de la formación de cristales de hielo en el interior de las células, o de la rápida rehidratación después de la contracción originada por el frío. En el caso de frío más intenso, la muerte celular parece deberse a la precipitación de coloides del protoplasma sin recuperación posible.

En general, los efectos del frío sobre cada árbol dependen del estado fisiológico y nutricional del mismo, así como de la intensidad y duración de la helada, lo que explica como las mismas temperaturas pueden tener efectos absolutamente distintos, según las circunstancias en las que se produzcan (BALDINI, 1992).

2.4. Daños en paltos:

2.4.1. Antecedentes generales

El palto o aguacate es originario de las regiones tropicales y, por tanto, cuanto más se aleja del paralelo 23 norte o sur, tanto más su biología comienza a experimentar alteraciones o trastornos. Tanto el ritmo de crecimiento como la propia fisiología de la floración y la fructificación pueden afectarse al respecto. Sin embargo, el desarrollo de los brotes vegetativos tiene lugar a temperaturas relativamente bajas.

En los climas subtropicales la mayor limitación suelen constituir la las heladas y la insuficiencia térmica durante el período de la floración o el cuajado del fruto (CALABRESE, 1992).

La temperatura es la principal limitante, ya que el palto por ser un frutal de hoja persistente, está expuesto a las bajas temperaturas que pueden ocurrir en otoño, invierno e incluso a comienzos de primavera, heladas, que provocan daños en la fruta e incluso en los árboles. En relación a las heladas, es necesario señalar que es tan importante el grado a que haya llegado la temperatura, como la duración de este fenómeno; esto puede determinar la sobrevivencia o muerte de un huerto de esta especie (GARDIAZABAL, 1998).

2.4.2. Temperaturas críticas

El palto se divide en tres razas, con diversos orígenes geográficos, y ello supone el que las caídas térmicas por debajo de cero grados son toleradas de distinta forma según las características genéticas. Los paltos de raza mejicana, por ejemplo, son los más resistentes, pudiendo, algunos de los cultivares de dicha raza, resistir bien heladas próximas a -5° C, mientras que, a dichas temperaturas, las plantas de origen guatemalteco son severamente dañadas (no resisten menos de -3° C) y las de raza antillana todavía más (límite de resistencia -1° C). Es difícil, sin embargo, tratar de precisar y delimitar condiciones térmicas ideales para cada uno de los individuos de una misma raza. Por otra parte, no hay que olvidar que la mayoría de las variedades cultivadas hoy son de naturaleza híbrida (CALABRESE, 1992).

GARDIAZABAL (1998) señala la resistencia al frío de las distintas razas, que se muestran en el Cuadro 1, tomando en cuenta la edad de los árboles.

CUADRO 1. Resistencia al frío de los árboles de las tres razas de paltos

TIPO DE PLANTA	RAZA		
	Antillana	Guatemalteca	Mexicana
Jóvenes	-1° a - 2°C	- 2° a - 4°C	- 3° a - 4°C
Adultas	-1° a - 4°C	- 3° a - 5°C	- 4° a - 7°C

En el Cuadro 2 se muestra la resistencia al frío de fruta de algunas variedades y su raza, según GARDIAZABAL (1998)

CUADRO 2. Resistencia al frío de frutas de distintas variedades de paltos

VARIEDAD	RAZA	RESISTENCIA AL FRÍO
Hass	Mayormente Guatemalteca	-1,1 °C
Fuerte	Mexicana x Guatemalteca	- 2,7°C
Zutano	Mayormente Mexicana	- 3,3°C
Edranol	Guatemalteca x Mexicana	- 3,3°C
Bacon	Mayormente Mexicana	- 4,4°C
Negra de la Cruz	Mayormente Mexicana	- 4,4°C

CALABRESE (1992) presenta algunas diferencias con lo señalado anteriormente, ya que establece resistencia al frío para la variedad Hass de -1° C, para Fuerte de sólo - 2° C, Zutano con - 3,5° C y Bacon con - 4,5° C (diferencia de sólo 1 décima de grado, al igual que Hass).

2.4.3. Nivel de daño

Las heladas pueden provocar daños muy graves en los árboles, dependiendo del momento en que se presenten, siendo menores si tienen lugar durante el período de reposo de las plantas, que cuando está comenzando o terminando el período vegetativo.

Las bajas temperaturas son nocivas, ya que un elevado porcentaje de flores no abrirán nunca o sólo abrirán al estado femenino o masculino, perdiéndose una gran cantidad.

Temperaturas irregulares y frías al comienzo de primavera prolongan la floración, provocando cuajas a lo largo de ésta y presentando los frutos diferencias de dos a tres meses en su edad, pudiendo ser la causa de problemas en la exportación, esto es más importante en áreas cálidas, donde el crecimiento de los frutos es más rápido.

Estas bajas temperaturas en épocas de floración (menores a 20°C en el día y bajo 10°C en la noche) pueden provocar una reducción considerable de la cuaja, hecho que se registra periódicamente en las principales zonas productoras de paltas en nuestro país y que afecta mayormente a los huertos que están muy cercanos al mar. Muchas veces sucede que en el día no hace mucho frío, pero al bajar la temperatura en la noche, ocasiona la muerte del tubo polínico, el que no alcanza a llegar al ovario para fecundar el óvulo.

Puede ser que la temperatura no sea tan fría, pero que exista, como es frecuente en Quillota y en otras áreas de producción del país, un viento costero fuerte, esta velocidad del aire hace que la temperatura baje y que también falle la polinización (GARDIAZABAL, 1998).

Los cultivares del grupo b se ven más afectados por efectos de las bajas temperaturas durante la floración, en el sentido que, no sólo, la doble apertura floral es más desordenada (hasta darse sólo la fase masculina), sino también el alargamiento del tubo polínico tiene lugar más lentamente (CALABRESE, 1992).

GARDIAZABAL (1998) señala que las heladas en paltos se pueden caracterizar según su intensidad, lo cual da niveles de daño distinto:

- helada leve: implica caída de frutos y quemadura de yemas florales, pero no hay daño en hojas y ramas. Esto ocurre en agosto y provoca pérdida de producción por dos años, especialmente en Hass.

- helada media: Implica pérdida de frutos, yemas florales y además se ven comprometidas hojas, ramas madres y estructura del árbol.

- helada severa: se afectan ramas principales y sólo hay brotes a nivel del tronco y portainjerto, como también puede morir la planta.

También establece que los factores que predisponen al daño son árboles enfermos, con carga excesiva, alta fertilización nitrogenada y ataque fuerte de arañita.

2.5. Control de heladas:

Hoy en día existen diversas formas de proteger los huertos contra las heladas ; incluso algunas de éstas se deben tener presentes antes de implantar el cultivo para disminuir la incidencia. También se deben tomar en cuenta los sistemas activos de control para huertos ya establecidos y cultivos o variedades más susceptibles al daño.

2.5.1. Métodos indirectos

BALDINI (1992) señala medidas de control preventivas y curativas, en distintos cultivos y en el caso de heladas invernales. Esto debido que las posibilidades de prevención de los daños son muy limitadas y consisten esencialmente en poner los medios para conseguir una mayor resistencia de los árboles a las bajas temperaturas.

Si las mínimas térmicas son tales como para justificar la expectativa de graves daños a las yemas o a los ramos es conveniente retrasar la poda para comprobar el verdadero alcance de dichos daños y regular la intensidad de los cortes.

Para las lesiones en las ramas y en el tronco se puede proceder a intervenciones terapéuticas (ataduras, aplicación de sustancias cicatrizantes), con el fin de

acelerar los procesos de reparación que por otra parte son bastante problemáticos cuando las heridas son muy grandes y afectan también al cambium.

BENDER (1995) menciona que la equivocación más común en huertos de paltos con daño por frío, es la poda inmediata. Ninguna poda debería realizarse hasta que el daño sea visible (medio verano). Si la parte superior del árbol está muerta, se debe podar completa. Experiencias demuestran que esperar para podar los árboles, permite recuperar la producción 1 a 2 años antes que podando inmediatamente sin daño visible. En este caso, los cortes de poda deben ser pintados para reducir quemaduras por sol y entrada de patógenos.

Si el daño es muy severo y la mayoría de la corteza interior y el cambium está muerto, el árbol debería cortarse sobre la unión, dejando retoños para el rebrote. Cuando se realicen podas severas, se debe recordar que los árboles no usarán la misma cantidad de agua y fertilizante que árboles sanos, por lo que se deberían bloquear los emisores de agua hasta que el suelo demuestre sequedad. En este momento, se pueden poner emisores de menor tamaño para que el árbol reciba menos cantidad de agua, ya que su área foliar ha disminuido considerablemente.

Mientras tanto, GARDIAZABAL (1998) señala que para escapar de las heladas en paltos, existen varios métodos de defensa, tanto activos como pasivos. Estos últimos corresponden a tomar medidas preventivas para evitar o disminuir la intensidad de una helada y entre ellos destaca :

- Evitar la implantación de variedades de palto muy sensibles al frío, como Hass, Gwen y Esther, en zonas donde existen muy altas probabilidades que ocurran heladas. En este caso preferir variedades como Negra de La Cruz, Bacon, Zutano o Edranol.

- Preferir suelos ubicados en faldeos de cerros y hasta suelos con pendientes de 100%. Es preferible, pero no indispensable, tener una exposición norte de estos suelos.

- Eliminar barreras, como por ejemplo una cortina cortavientos demasiado densa, como eucaliptos, donde el peligro de heladas es mayor hacia el lado de arriba de la pendiente.

- Mantener el suelo libre de malezas, sin hacer laboreo ni dejar mucho de paja u otro material en el suelo, ya que éstos aíslan tanto el calor recibido en el día como el que escurre de las capas más profundas del suelo y que se debe liberar en la noche.

- Evitar las praderas, cereales o arbustos en la cercanía de los huertos ya que también actúan como aislantes del calor que proviene de las capas profundas del suelo, enfriando el contorno.

También CALABRESE (1992) señala que el patrón no tiene ninguna influencia en la planta injertada por lo que respecta a la tolerancia al frío. Es inútil, por tanto, pensar que patrones de raza mejicana van a proteger de las heladas cuando las condiciones son adversas, ya que sólo la elección del cultivar más apropiado puede ofrecer buenos resultados al respecto.

El hecho de existir temperaturas propicias para el correcto desarrollo de las funciones biológicas de la planta de palto, se detecta básicamente durante la floración y el cuajado del fruto. Esto es algo importante a tener en cuenta de forma prioritaria en la elección de la ubicación de una plantación, pues para que la floración y la fecundación tengan lugar en condiciones óptimas, es necesario que las temperaturas no descendan por debajo de ciertos valores.

2.5.2. Métodos directos

Otros autores, como YURI (1991) se refieren específicamente a los métodos activos o directos de control entre los que destaca :

2.5.2.1. Emisión de humo

Consiste en crear una nube de humo que impida la pérdida de calor hacia la atmósfera (humos o nieblas artificiales de efecto anti-irradiante). Esta práctica sólo

tiene validez para el caso de helada por radiación. Se puede utilizar cualquier material crudo capaz de ser quemado, debiendo evitarse que éste se encuentre demasiado seco.

Este efecto puede conseguirse de manera empírica quemando materiales muy productores de humo (paja, neumáticos viejos, etc.), o mejor por medio de turbomezcladores o de candelas antihelada que provocan la formación de densas nieblas químicas {BALDINI, 1992}.

El uso de petróleo no tiene el efecto deseado, ya que éste entregaría mayoritariamente calor, pero no produciría humo.

Sin embargo la eficacia de este método es relativa, es necesario que la helada no sea muy intensa, que no haya viento, que la niebla se haya extendido sobre una gran superficie y que se haya establecido al menos una hora antes de que la temperatura descienda bajo cero y sólo permite tener aumentos de la temperatura del orden de 2-3°C (YURI, 1991).

2.5.2.2. Emisión de calor

- Calefactores a petróleo :

Mediante la quema de combustible se pretende entregar calor directamente a la atmósfera, en presencia de heladas advectivas. El sistema es más rentable

mientras más grande sea el sector a proteger. Así, para huertos menores de 5 ha se requieren del orden de 200 calefactores/ha; para aquellos mayores de 5 ha serían necesarios sólo 150 calefactores/ha.

Es fundamental que estos calefactores puedan emitir calor no sólo hacia arriba, sino que también hacia los lados y abajo. Los calefactores deben tener una capacidad tal, que les permita mantenerse encendidos al menos durante 10 horas, ininterrumpidamente. Su consumo fluctúa entre 1-2 l de petróleo/hora.

Para este tipo de control, se debe utilizar petróleo y no aceite, debido a que éste último libera fundamentalmente humo y no calor. Con el uso de calefactores se pueden lograr aumentos de temperatura de 5-7°C.

BALDINI (1992) señala en este caso, que en una típica noche de helada las pérdidas horarias de calor pueden llegar hasta los 1.500 millones de calorías/hectárea. El suelo puede ceder cada hora a las capas de la atmósfera próximas a él unos 750 millones de calorías/hectárea, en función de su textura, de su humedad y del grado de insolación diurna. Ello significa que, para mantener constante la temperatura del aire, es necesaria una aportación de 750 millones de calorías por hora y hectárea; esta aportación puede ser suministrada mediante estufas antihelada alimentadas por gasolina o petróleo.

Este método de defensa es tanto más eficaz cuanto más baja esté la capa de inversión térmica y cuanto más tranquila esté la atmósfera: en estas condiciones la protección es válida para heladas en que la temperatura no desciende de los 5-7°C bajo cero (YURI, 1991).

Supuesto un rendimiento de las estufas de aproximadamente el 30 %, el déficit arriba indicado de 750 millones de calorías por hora y hectárea puede ser compensado quemando 250 litros de combustible; como cada estufa consume de 4 a 7 litros/hora, el número de estufas necesarias oscila de 70 a 120 por hectárea, distribuidas adecuadamente a lo largo de las calles. Las estufas deberán encenderse cuando la temperatura del aire comienza a descender por debajo de los 0° C, empezando por las más exteriores para llegar después a las más centrales de la zona a proteger (BALDINI, 1992).

TURREL (1973) indica que los calefactores a petróleo son muy efectivos en largas heladas advectivas, dado que son fáciles de rellenar y son muy adaptables al uso repetido, además, son más fáciles de regular que otras fuentes de calor (Figura 4).

Para que estos calefactores sean eficientes, deben presentar características específicas como :

- capacidad suficiente para quemar toda la noche sin ser rellenados
- capacidad de producción y mantención de calor igual, cuando el combustible está en baja cantidad

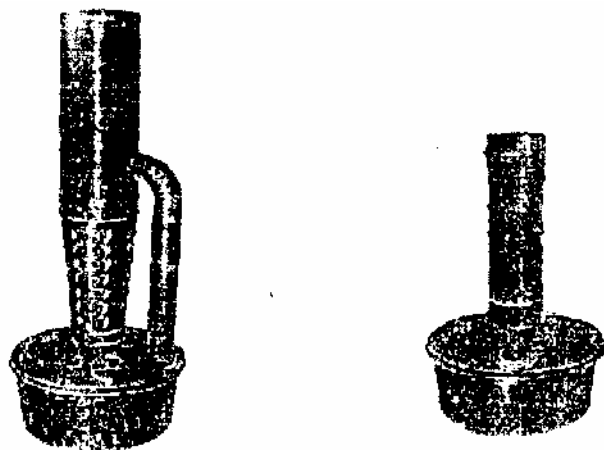


FIGURA 4. Calefactores de predio modelo Lazy-Flame y Hy-Lo.

- precio razonable
- fácil de desmontar, limpiar y almacenar
- estar diseñados para no producir daños por quemaduras
- fácil de encender bajo condiciones severas de tiempo
- capacidad de entregar el calor bastante cerca del terreno
- capacidad de usar todo el combustible disponible sin producir demasiado humo o dejar un residuo pesado.

El último requisito es de importancia creciente a causa del amplio interés mundial sobre la contaminación del aire.

Tomando en cuenta estas características, hoy en día existen diversos tipos de calefactores, algunos con alimentación de combustible por gravedad, otros con sistemas de vacío o a presión.

La alimentación por gravedad presenta la desventaja que el combustible es entregado directamente al quemador, tanto cuando el combustible está en alta cantidad, como en baja. Así, estos deben rellenarse todos los días.

Las condiciones económicas en general, especialmente la falta de disponibilidad y el costo alto de labor, junto con la preocupación por la contaminación del aire, actualmente obliga a los agricultores más y más a automatizar sus sistemas de protección de heladas. Por ésto, se diseñaron en California sistemas

automatizados de alimentación de petróleo a baja presión (20 a 120 psi), dando como resultado sistemas donde 40 calefactores, con una producción de 70.000 a 140.000 BTU/hr, pueden operarse automáticamente desde un tanque único de combustible y una estación de control.

Pero en el caso de los paltos, BENDER (1995) destaca que su uso tiene poco sentido. El primer problema es el costo; por el alto consumo de combustible y la cantidad de calefactores necesarios para este cultivo. Segundo, los calefactores son muy peligrosos en un huerto, debido a que cuando se prenden, comúnmente se derrama combustible alrededor de éste. A menos que se tenga gran cuidado, es muy fácil que se prendan las hojas que forman el mulch, provocando un incendio.

- Calefactores a gas :

La dificultad en asegurar personal adecuado para encender, recambiar, y atender los calentadores, y los costos de labor es una de las desventajas más serias en muchos sistemas calentadores de huertos. Una manera de resolver este problema está en instalar un sistema automatizado o semiautomatizado de tubería de gas.

TURREL (1973) señala que con un sistema de tubería de gas, aproximadamente cuatrocientos calentadores pueden encenderse simultáneamente. También se debe tener presente que el gas natural es uno de los combustibles de menor costo en este momento.

Los calentadores de gas son simples, fácilmente operados, y aproximadamente fumívoros (despiden poco humo). Ellos requieren poca limpieza, y poco mantenimiento para que trabajen y pueden programarse cuando se realizan otros trabajos.

Algunas desventajas de un sistema de tubería de gas son el costo relativamente alto de instalación, la dependencia de la cooperación de una compañía de gas para reserva, para asegurar el abastecimiento adecuado durante períodos fríos y la posibilidad de tuberías enterradas que interfieran con otras operaciones de arboleda.

Aunque la botella portátil de gas se comercializa, el interés principal en calentadores de gas yace con sistemas de tubería permanentemente instalada.

2.5.2.3. Movimiento de aire

Consiste en mover masas de aire, mezclando zonas con diferente temperatura. El sistema sólo es aplicable en presencia de heladas por radiación. Para lograr estos objetivos se pueden utilizar turbinas o helicópteros (Figura 5).

BALDINI (1992) señala que los ventiladores o turbinas están constituidos por grandes hélices instaladas en el extremo de pilares metálicos de una altura de aproximadamente 10 m, inclinados unos 15°, y girando a una velocidad de 900-

1.300 vueltas por minuto, accionadas por motores eléctricos o de combustión interna de por lo menos 75 kw (Figura 6). Las hélices realizan también una rotación completa alrededor del eje del pilar de soporte en 23 minutos. Cada ventilador protege, como media, una superficie de 2-3 hectáreas.

El principio en el que se basa este sistema de defensa es el de provocar una circulación forzada en sentido vertical del aire más frío cercano al suelo y del más caliente de la capa de inversión térmica; los mejores resultados se consiguen, por tanto, cuando esta capa está baja y cuando la atmósfera está en calma.

El propósito de la máquina de viento está en producir turbulencia suficiente para romper arriba la inversión de temperatura del aire, mezclar los componentes cálidos y fríos, transportar la mezcla, y a la vez empujar el aire frío fuera del área.

El empujón y alcance de hélices en relación a la fuente de poder son las características importantes que determinan la eficiencia de las máquinas de viento para realizar este propósito (TURREL, 1973).

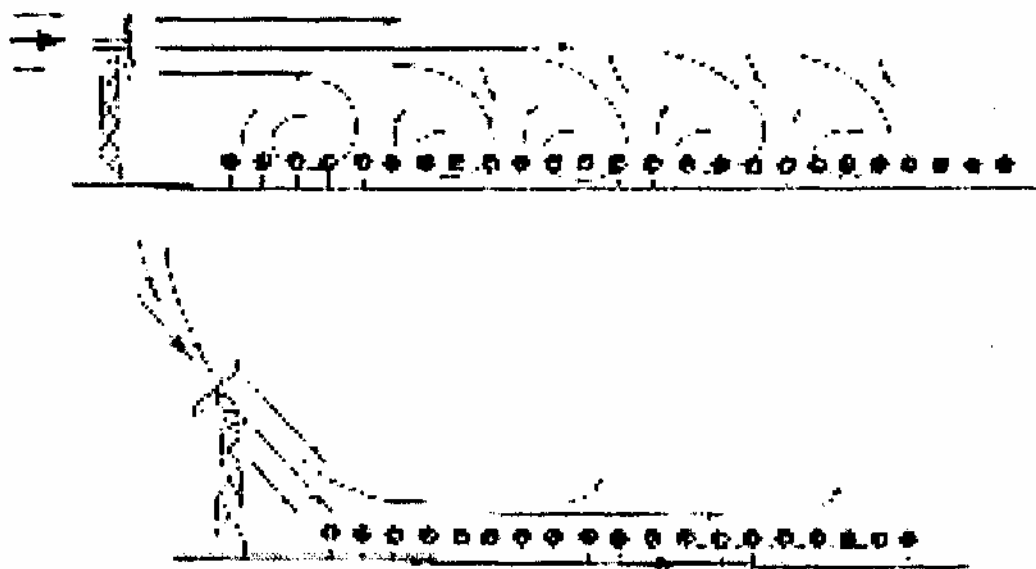


FIGURA 5. Esquema representando el control de heladas por movimiento de aire con ventiladores de alta potencia. La dirección en que éstos dirijan el movimiento del aire puede ser variada, dependiendo de las condiciones dadas por la inversión térmica.

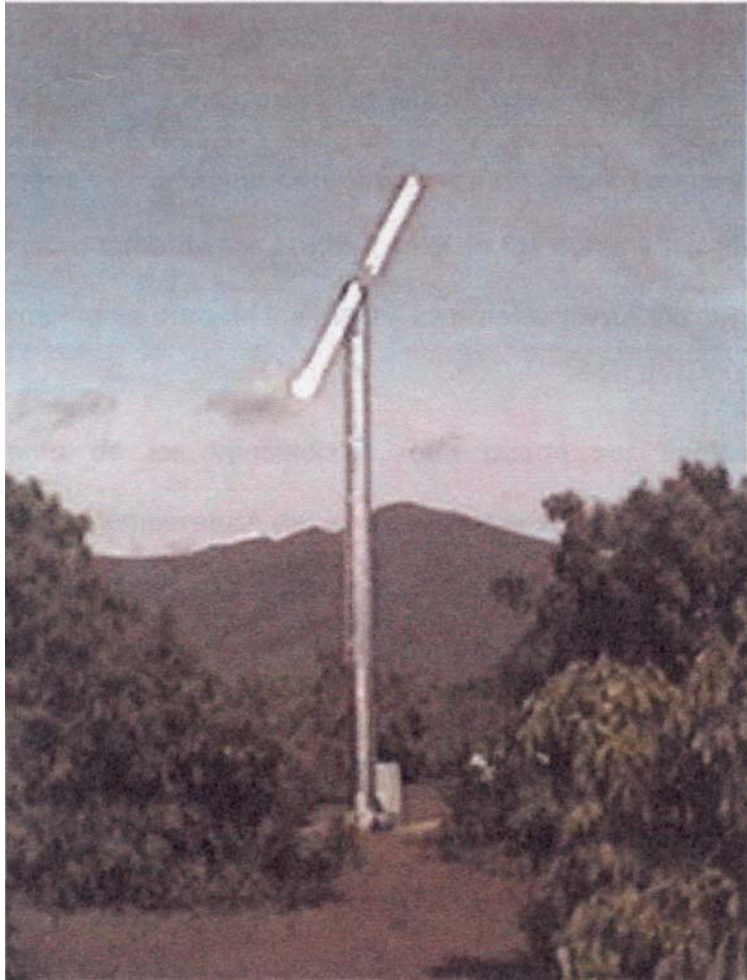


FIGURA 6. Máquina de viento (ventilador) para protección contra heladas

Este sistema de defensa se ha consolidado en las plantaciones de cítricos, en las que no es posible emplear el riego por aspersión antihelada dado que el abundante follaje de los árboles crearía problemas respecto a la formación del hielo y a la consiguiente sobrecarga de ramos y ramas que podrían quebrarse (al igual que en paltos).

En las plantaciones de cítricos la defensa contra las bajas temperaturas tiene por objeto la protección, tanto de los brotes como de las flores y los frutos por lo que también debe emplearse durante los meses invernales (BALDINI, 1992).

El funcionamiento de los ventiladores, que puede ser automatizado, debe comenzar cuando la temperatura del aire desciende a un umbral establecido para las distintas variedades.

Recientemente se ha aportado un perfeccionamiento interesante a los ventiladores antihelada mediante la aplicación de un dispositivo especial de riego (sistema Polyquárd-AID) que permite realizar también tratamientos antiparasitarios en un radio amplio (cerca de 100 m) y el riego estival climatizante. Un dispositivo de bombeo, capaz de una presión de unos 20 bar, permite distribuir en menos de una hora, sobre una superficie de unas tres hectáreas, de 60 a 90 hectolitros de agua o de solución antiparasitaria (TURREL, 1973).

Por otra parte, YURI (1991) destaca que para que una hélice cubra 100 m, se requiere una potencia de 25 caballos de fuerza. Con 125-150 caballos de fuerza se alcanza a cubrir 5560 m de diámetro de protección total.

Con este método se logra proteger heladas de hasta -3°C . Si el movimiento de aire se combina con el sistema de emisión de calor, el proceso se desarrolla de una mejor forma, pudiéndose reducir el requerimiento de calefactores/ha en $2/3$.

2.5.2.4. Sistema combinado

A partir de lo anterior, se diseñó en el país una máquina que combina ambos sistemas, en forma de un ventilador centrífugo de dos salidas, con un quemador que funciona a gas licuado, montado sobre el sistema hidráulico de un tractor, y conectado al toma fuerza, que lanza dos chorros de aire caliente aerodinámicamente muy limpio, hacia ambos costados, a medida que el vehículo se desplaza por el campo (Figura 7).

Los chorros cubren cerca de 130 metros hacia cada lado: en los primeros 50 m, la temperatura se eleva en $0,5^{\circ}\text{C}$; mientras que a 120 m, en $0,3^{\circ}\text{C}$.



FIGURA 7. Turbina para entregar calor al medio al momento de heladas.

Se ha concluido que la temperatura agregada con la máquina se pierde en 10-12 minutos, por tanto en este lapso de tiempo hay que volver a pasar por el mismo lugar. Con esto, una máquina es capaz de controlar 10 ha aproximadamente.

Esta máquina es capaz de contrarrestar los efectos de las heladas por radiación y también las de advección, dado que para lograr su objetivo de aumentar la temperatura no depende de la capa de inversión térmica del ambiente, sino que crea una propia (LAZO, 1998).

2.5.2.5. Aspersión de agua al cultivo

Consiste, frente a una situación de helada advectiva, en la aspersión de agua al follaje del cultivo. El principio físico en el que se basa el sistema es el de la reacción exotérmica que se produce cuando el agua pasa del estado líquido al estado sólido (congelación): al funcionar sin interrupción la instalación de riego durante todo el tiempo que la temperatura del aire está bajo cero, el agua que llega a la planta se congela irradiando calor (80 cal/g) y manteniendo de esa manera la temperatura de los diferentes órganos cubiertos por el hielo a niveles no perjudiciales. Si a pesar de todo cesa la formación de hielo cuando la temperatura ambiente es todavía negativa, las flores y los brotes se enfrían instantáneamente y quedan dañados. De este modo, se puede proteger las plantaciones en estado de flor contra heladas de - 5 a - 7°C.

Condición absoluta para que el sistema cumpla su objetivo es el constante mojamiento del follaje mientras dure la helada. Si se interrumpe el periodo de riego antes que pase la helada, el efecto puede ser más perjudicial. Así, 1 minuto de interrupción durante el mojamiento bastaría para producir daño de tejidos.

Con temperaturas inferiores a -5°C debe aplicarse al menos 3,5 mm de agua ($30\text{-}35\text{ m}^3/\text{ha}$). El sistema de aspersión de agua debe activarse antes que la temperatura baje los $+1^{\circ}\text{C}$.

El exceso de hielo acumulado en el follaje podría constituir un severo riesgo para la plantación, debido al peligro de desganche de ramas y estructuras de sostén. Debe tenerse en cuenta que una lluvia de 35 mm equivale a una carga de $35\text{ m}^3(\text{ton})$ de agua/ha, la que deberá ser sostenida por el cultivo (YURI, 1991).

BALDINI (1992) destaca que el riego por aspersión antihelada requiere instalaciones sobre la copa constituidas por aspersores colocados a una distancia bastante próxima (unos 30 m) y graduados para un caudal correspondiente a una precipitación de $1,0\text{-}3,5\text{ mm/hora}$ ($=10\text{-}35\text{ m}^3/\text{ha/hora}$), coincidiendo con lo mencionado en el párrafo anterior.

El riego antihelada es también eficaz en el caso de heladas por convección y con mínimas térmicas bastante bajas. La distribución del agua puede automatizarse por

medio de termostatos conectados al circuito de alimentación eléctrica de la estación de bombeo del agua.

Los mayores inconvenientes del riego antihelada son la excesiva aportación de agua al suelo, con el consiguiente peligro de encharcamiento y la sobrecarga de hielo en la estructura esquelético de los árboles con el riesgo de rotura de ramos y de ramas. Si la humedad relativa del aire es bastante baja o hay viento (humedad relativa bajo 80% y vientos sobre 1,5 m/s) existe además el riesgo de una excesiva y rápida evaporación con dispersión de una cantidad de calorías superior a la aportada por la congelación del agua que puede suministrar la instalación de riego. También el riego bajo la copa puede resultar eficaz en el caso de mínimas térmicas de modesta entidad ($-2/3^{\circ}\text{C}$). Aspersión de agua a nivel del suelo constituye una alternativa que permite controlar heladas en menores rangos de temperatura ($1,5^{\circ}\text{C}$), debido a la liberación de calor que se produciría en la superficie del suelo por congelamiento de ésta.

En heladas muy severas, las prácticas culturales que abastecen volúmenes grandes de agua, y las mayores cantidades de calor, como inundación y riego por surcos, son más efectivas que el riego regular donde un volumen limitado de agua corre en canales regulares de riego (TURREL, 1973).

2.5.2.6. Retraso de la brotación por medio de mojamiento.

Consiste en la aspersión de agua a las ramas de los árboles, a fin de mantener la temperatura del árbol bajo 4,5°C, para que éste retrase su brotación (YURI, 1991).

BALDINI (1992) destaca esencialmente el retraso de la floración, al suponer que cuanto más tardía sea ésta tanto menores son las probabilidades de heladas. En este sentido se ha intentado, sin mucho éxito práctico, la aplicación de varios reguladores de crecimiento, en particular: hidracida maleica, SADH (2,2-metilhidracida del ácido succínico), CEPA (ácido cloroetilfosfónico), CCC (cloruro de clorocolina), etc. Los tratamientos no han dado más que una modesta eficacia, y la mayoría de las veces acompañados de efectos colaterales negativos (menor productividad al año siguiente, manifestaciones de fitotoxicidad, etc.).

Tampoco ha tenido mucho éxito el riego de preantesis con efecto climatizante, a pesar que retrasa la floración hasta más de 20 días.

El suministro del agua (obviamente por aspersión sobre la copa), se inicia cuando las yemas han superado el estado de quiescencia y cuando la temperatura atmosférica ha superado los 7 - 10° C; el suministro del agua debe ser intermitente para conseguir el máximo enfriamiento de las yemas y debe tender a disminuir la acumulación de las unidades de calor, manteniendo la temperatura de las plantas lo más baja posible.

Sin embargo, el riego pre-antesis con efecto climatizante no está exento de inconvenientes; en particular, éstos están relacionados con las cantidades de agua que debe aplicarse a las plantas, y por tanto también al suelo, en un período en el que éste tiene generalmente un contenido hídrico muy elevado. El riego climatizante puede producir también la falta de apertura o el aborto de los órganos florales y por tanto un menor cuajado de frutos; en el manzano se puede producir además una disminución del número de flores, debido a la falta o al desarrollo reducido de la flor central de los corimbos, probablemente como consecuencia de alteraciones nutricionales y hormonales provocadas por la excesiva aportación de agua.

El retraso de la floración inducido por el riego climatizante o con medios químicos comporta también un desfase en el ritmo de desarrollo de los frutos que se prolonga hasta la maduración, retrasando su terminación.

2.5.2.7. Uso de crioprotectores

Los crioprotectores son compuestos que se aplican a las plantas a fin de protegerlas contra los efectos de las heladas. Estos se pueden dividir en dos grupos:

a) aquellos que penetran en los tejidos, con acción a alta concentración molar y protección contra heladas leves,

b) aquellos no penetrantes, con acción a baja concentración molar y protección contra descensos bruscos y severos de temperatura.

Entre los mecanismos de acción de estas sustancias figuran la capacidad de formación de enlaces de hidrógeno y su directa acción como solutos, disminuir el potencial hídrico de los tejidos y con ello su punto de congelación.

Entre los productos crioprotectores utilizados figuran: Glicerol, Etilenglicol, Polietilenglicol, Urea, Dimetil - sulfóxido, etc.

La formación de hielo es un prerequisite para que el daño por congelamiento de los tejidos ocurra. Bacterias, comúnmente epifíticas en las plantaciones frutales, pueden provocar el fenómeno de formación de núcleos de hielo ("ice nucleation"), hecho que puede ser suficiente para causar daño por heladas en tejidos susceptibles. Formaciones de núcleos de hielo, los que naturalmente se deberían formar a -5°C en la planta, se observan a temperaturas de -2° en presencia de bacterias (*Erwinia*, *Pseudomonas*). La posibilidad de reducir el daño por heladas a través del control bacterial es discutida (YURI, 1991).

BENDER (1995) señala que se podrían también realizar aplicaciones de cobre, para eliminar las bacterias sobre frutos y hojas. Esto permitirá a la fruta resistir temperaturas de 2 a 3 grados más fríos, antes que el hielo se comience a formar.

Idealmente, el cobre debería aplicarse en abril, para permitir la muerte de las bacterias y que éstas sean lavadas de las hojas.

2.5.2.8. Cubiertas en árboles

El propósito de sombrear, cubrir o poner escudos de radiación es el de proteger la planta de temperaturas muy bajas, resultantes de la pérdida de calor desde el suelo por radiación. Esta protección se necesita a la vez cuando el aire se seca mucho.

La radiación desde objetos terrestres escapa muy rápidamente a la atmósfera exterior. Posteriormente, se pierde a causa de la carencia de vapor suficiente de agua en la atmósfera para absorber y mantener el dorso infrarrojo en la tierra (TURREL, 1973).

Por ello, BENDER (1995) señala que en árboles jóvenes de palto, puede construirse un marco sobre los árboles para reducir la pérdida. Para esto puede usarse mantas, lonas de arpillera, pero deben apoyarse arriba del ramaje en la noche, y deben ser retirados de día para permitir la entrada de luz y calor al árbol. Si la arpillera se pone sólo en la parte alta del árbol, el calor se conducirá fácilmente por el paño y el ramaje se puede congelar.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar la evaluación económica de los diferentes métodos de control de heladas, se utilizaron los pasos descritos a continuación.

3.1. Sistemas de control:

A través de revisión bibliográfica y consultas, se determinaron los sistemas de control que técnicamente fuesen factibles de utilizar en un huerto de paltos. Por medio de consultas a empresas, profesionales del rubro y productores se obtuvo los datos de costos de los sistemas, costo de implantación, de mantención, como también los costos de operación en caso de una helada para cada uno de los sistemas.

3.2. Selección del flujo de fondos:

Luego se seleccionó un proyecto de plantación de palto Hass, del cual se utilizó su flujo de fondos (WILHELMY, 1998), el cual presenta un proyecto de plantación de 10 ha de palto Hass en terreno plano, sin incluir el costo de la tierra, ya que éste varía mucho de acuerdo a la localidad en que se desarrolle el proyecto (Cuadro 3).

CUADRO 3: Flujo de fondos original.

ITEM	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
FLUJO DE FONDOS DEL CULTIVO DE PALTO HASS											
ENTRADAS POR VENTA DE PALTA HASS											
VALOR DE SALVAMENTO PLANTACION											
VALOR DE SALVAMENTO INFRAESTRUCTURA											
VALOR DE SALVAMENTO MAQUINARIA											
TOTAL INGRESOS	\$ 0	\$ 7.388.160	\$ 14.510.080	\$ 27.965.200	\$ 41.932.800	\$ 52.416.000	\$ 52.416.000	\$ 52.416.000	\$ 52.416.000	\$ 52.416.000	\$ 52.416.000
OBTENCIÓN DEL AGUA											
CERCO	\$ 10.812.500										
MANEJO DEL SUELO	\$ 3.552.000										
INSTALACION ELÉCTRICA	\$ 5.260.000										
SISTEMA DE RIEGO	\$ 3.250.000										
MANO DE OBRA	\$ 15.986.000										
PLANTACION	\$ 3.300.000										
VARIOS E IMPREVISTOS	\$ 12.166.755										
COSTO DE IMPLANTACIÓN	\$ 2.551.363										
	\$ 56.878.618										
COSTO DE LA MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS											
COSTO DE LA MANO DE OBRA	\$ 636.130	\$ 9.438.280	\$ 790.845	\$ 2.407.187	\$ 388.072	\$ 461.372	\$ 431.633	\$ 348.223	\$ 319.752	\$ 294.028	\$ 294.028
COSTO FERTILIZACIÓN	\$ 5.180.000	\$ 5.180.000	\$ 6.620.000	\$ 6.620.000	\$ 6.658.143	\$ 6.905.000	\$ 6.905.000	\$ 6.985.000	\$ 6.985.000	\$ 6.985.000	\$ 6.985.000
COSTO DEL CONTROL DE MALEZAS	\$ 254.512	\$ 151.227	\$ 486.204	\$ 758.107	\$ 887.217	\$ 963.751	\$ 966.372	\$ 966.372	\$ 966.372	\$ 966.372	\$ 966.372
CONTROL PLAGAS Y ENFERMEDADES	\$ 439.630	\$ 282.950	\$ 256.950	\$ 187.290	\$ 187.290	\$ 187.290	\$ 187.290	\$ 187.290	\$ 187.290	\$ 187.290	\$ 187.290
OTROS COSTOS	\$ 198.368	\$ 396.787	\$ 651.566	\$ 364.237	\$ 438.825	\$ 438.825	\$ 438.825	\$ 438.825	\$ 438.825	\$ 438.825	\$ 438.825
VARIOS (5% DE LOS COSTOS)	\$ 910.860	\$ 1.308.050	\$ 1.494.360	\$ 1.724.360	\$ 1.854.360	\$ 1.867.720	\$ 1.867.720	\$ 1.867.720	\$ 1.867.720	\$ 1.867.720	\$ 1.867.720
GASTO DE PRODUCCIÓN POR ha	\$ 380.977	\$ 837.866	\$ 515.486	\$ 803.059	\$ 520.195	\$ 541.198	\$ 539.842	\$ 539.672	\$ 538.248	\$ 536.962	\$ 536.962
GASTO DE PRODUCCIÓN	\$ 800.051	\$ 1.759.518	\$ 1.082.521	\$ 1.266.424	\$ 1.082.410	\$ 1.136.516	\$ 1.133.688	\$ 1.133.310	\$ 1.130.321	\$ 1.127.620	\$ 1.127.620
TOTAL GASTOS	\$ 8.000.507	\$ 17.595.180	\$ 10.825.211	\$ 12.664.240	\$ 10.924.102	\$ 11.365.156	\$ 11.336.682	\$ 11.333.102	\$ 11.303.207	\$ 11.276.197	\$ 11.276.197
UTIL. (PÉRD.) A IMPUESTO	\$ 56.878.618	\$ 8.000.507	\$ 17.595.180	\$ 10.825.211	\$ 12.664.240	\$ 10.924.102	\$ 11.365.156	\$ 11.336.682	\$ 11.303.207	\$ 11.276.197	\$ 11.276.197
(-) DEPRECIACIONES	\$ 1.351.620	\$ 2.338.110	\$ 2.338.110	\$ 2.563.110	\$ 2.563.110	\$ 2.563.110	\$ 2.563.110	\$ 2.563.110	\$ 2.563.110	\$ 2.563.110	\$ 2.563.110
IMPUESTO A LA RENTA EFECTIVA			\$ 202.014	\$ 1.909.178	\$ 4.286.838	\$ 5.773.160	\$ 5.777.431	\$ 5.777.968	\$ 5.782.452	\$ 5.782.452	\$ 5.782.452
(+) DEPRECIACIONES	\$ 1.351.620	\$ 2.338.110	\$ 2.338.110	\$ 2.563.110	\$ 2.563.110	\$ 2.563.110	\$ 2.563.110	\$ 2.563.110	\$ 2.563.110	\$ 2.563.110	\$ 2.563.110
UTIL. (PÉRD.) NETA	\$ 56.878.618	\$ 8.000.507	\$ 10.207.020	\$ 3.482.855	\$ 13.381.783	\$ 26.741.860	\$ 35.277.684	\$ 35.301.887	\$ 35.304.930	\$ 35.330.341	\$ 35.330.341
VAN(15%)											
TIR											

FUENTE: WILHELMY, 1998

\$ 38.875.965

22,92%

Para los sistemas de control, los costos de ellos o inversión se ingresan en el flujo, incluyéndolos como costo de implantación; como también los costos de mantención anual en el conjunto de gastos de producción.

3.3. Nivel de daño

A continuación y tomando en cuenta que una helada en paltos afecta la producción de dos años, se establecieron niveles de daño para tres grados de incidencia de heladas, como se muestra en el Cuadro 4.

CUADRO 4. Niveles de daño (disminución de la producción), por helada en diferentes grados de incidencia, en los dos años que afectan la producción.

Incidencia / Año	1	2
Leve	25%	40%
Media	55%	70%
Severa	85%	100%

GARDIAZABAL (1999)* señala que en heladas leves se tiene una considerable disminución en la producción al primer año, y una pérdida total al segundo, para luego, al tercer año tener una producción normal; en heladas medias se pierde la

* GARDIAZABAL, F. Ing.Agr.. 1999 Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía.

producción de los dos años y al tercer año se tiene una producción regular o inferior a lo normal; y en el caso de heladas severas, se pierde la producción de los dos años, y la producción del tercer año es similar a la obtenida en el segundo año normal después de una plantación. Pero estos niveles de daño no fueron utilizados, ya que los datos presentados son más representativos de la realidad de la Estación Experimental La Palma de la Universidad Católica de Valparaíso (MIDDLETON, 1999)*.

Estos valores representan disminuciones porcentuales en el rendimiento estimado en el proyecto para el año de incidencia de la helada y el siguiente. Esta curva de producción (Cuadro 5) corresponde al promedio de rendimientos de productores con un nivel técnico aceptable. Esto no significa que no sea posible mejorar estos rendimientos, pero constituye una meta real y alcanzable.

CUADRO 5. Rendimiento de paltas Hass en un huerto de 10 ha, para cada año.

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kilos	0	16.640	33.280	66.560	99.840	124.800	124.800	124.800	124.800	124.800

* MIDDLETON, E. Ing.Agr. 1999. Administrador Estación Experimental). Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. Comunicación Personal.

3.4. Incremento del precio:

Estas disminuciones en la producción hacen que la oferta de paltas en el mercado disminuya, lo cual provoca un aumento del precio de éstas, según sea la magnitud de la disminución (Cuadro 6). Cabe mencionar que el precio normal de venta utilizado en el flujo es de \$460 por kilo de palta exportada y de \$300 por kilo a mercado interno. Los porcentajes de exportación corresponden a un 90% al segundo año, un 85% al tercer año y luego éste se estabiliza en 75% de la producción para los siguientes años.

CUADRO 6. Valores porcentuales de aumento de precio de palta Hass, después de una helada, relacionados con el nivel de incidencia.

Incidencia / Año	1	2
Leve	15%	18%
Media	30%	45%
Severa	75%	100%

Estos valores representan una curva de tipo exponencial, la cual, a medida que disminuye la producción, aumentan en mayor proporción los precios. Este factor fue tomado en cuenta, debido a las alzas alcanzadas en temporadas anteriores, con posterioridad a una helada, además de la estimada para esta temporada, luego de la helada de julio de 1999 (MIDLETTON, 1999)*.

MIDLETTON, E. Ing.Agr.. 1999. Administrador Testación Hxpcrimontal. Universidad Católica de Valparaíso.

Facultad de Agronomía. Comunicación Personal.

3.5. Diseño de software:

Teniendo en cuenta estos datos, se diseñó un software el cual reemplaza la probabilidad de heladas en la zona, modificando el flujo de fondos en el año que se desee y con el nivel de incidencia elegido. Así, se pueden combinar los tres e incluso establecer heladas en los diez años del proyecto.

Para esto se tomaron los porcentajes de daño, para transformarlos en factores de producción (1 - daño), los que luego son multiplicados por los valores que simulan el aumento de precio en la producción restante.

Luego se obtiene un coeficiente (Ver ejemplo), que hace variar los ingresos por ventas en el flujo de fondos del año afectado, del año siguiente y luego los demás valores incluyendo la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Valor Actual Neto (VAN).

Ejemplo :

Para una helada severa, los coeficientes serían :

Año 1 : Coeficiente = (1 - daño) x coeficiente de incremento de precio

Donde coeficiente de incremento de precio = 1 + incremento en tantos por uno

$$= (1 - 0,85) \times 1,75$$

$$= 0,2625$$

$$\begin{aligned}\text{Año 2 : Coeficiente} &= (1 - 1) \times 2 \\ &= 0\end{aligned}$$

En el caso de los sistemas de control, este coeficiente se multiplica también por un coeficiente de ajuste (1- eficiencia de control) dependiendo del grado de incidencia, lo cual simula las considerables disminuciones en las pérdidas al contar con éstos.

El software también incluye los costos operacionales en cada uno de los sistemas, en el año seleccionado, para lo cual se asume el funcionamiento del sistema por 8 horas continuadas.

4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Flujo sin control de heladas:

Para representar los cambios económicos dentro del flujo, se supuso para todos los casos la incidencia de tres heladas dentro de los diez años, de las cuales, dos son de incidencia leve en los años 3 y 8, y una de tipo severo en el año 5, ya que el daño económico es mayor al producirse en este año o el siguiente (WILHELMY, 1998), por ser estos los años en que se estabiliza la producción y los ingresos (Cuadro 7).

El supuesto de tres heladas de estos tipos se basa en lo ocurrido regularmente en la zona (MIDLETTON, 1999)*.

En las evaluaciones de todos los sistemas se utilizó diferentes eficiencias para los niveles de incidencia, los que se detallan en cada caso.

Los sistemas no evaluados corresponden a sistemas técnicamente poco factibles de usar en el cultivo, o de una inversión inicial demasiado grande, que afectaría la rentabilidad del proyecto desde un principio.

* MIDLETTON, E. Ing.Agr. 1999. Universidad Católica de Valparaíso.

CUADRO 7: Flujo de fondos sin control de heladas, afectado por heladas en los años 3, 5, 8.

[illegible]

Cabe mencionar que para todos los casos se utilizaron los siguientes valores:

Dólar: US\$ 513,63 (5/8/99)

Petróleo diesel. \$ 170

Gas propano: \$ 151,6 Todos los valores presentan IVA incluido.

4.1.1. Análisis

Según esto, se puede observar las pérdidas (Cuadro 7) al tener esta incidencia, para así comparar con los diferentes sistemas. En el año 3, los ingresos disminuyen alrededor de dos millones de pesos, en cambio la utilidad disminuye a casi la mitad, pero al año siguiente las pérdidas en los ingresos son de ocho millones, mientras la utilidad disminuye en la misma proporción al año anterior. Las pérdidas en los ingresos en el año 8 son similares al año 4 (\$ 7.208.000), con una disminución en la utilidad de seis millones aproximadamente; y como en el caso anterior, las pérdidas al año siguiente son de mayor proporción. En el año 5, afectado por una helada severa, se puede observar el grave daño económico provocado, dejando incluso al año siguiente con una utilidad negativa al final de ese período.

Analizando los indicadores financieros, se puede notar la gran disminución en el VAN de \$ 37.491.261 dejando al proyecto con muy pocas utilidades, pero aún existe creación de valor; en cuanto al TIR, disminuyó en 7,6% con respecto al flujo original.

4.2. Ventiladores Amarillo W.C.:

Representados en Chile por la empresa Agro-Riego. Ofrecen distintos modelos con motores a gas propano, gasolina, diesel, eléctricos y con conexión al tractor. Para este caso, se escogió el primero, dado su bajo costo de operación, baja contaminación y sistema expedito de abastecimiento de gas. En este caso se utilizó una eficiencia de 100% para heladas leves, y 90% para medias y severas.

4.2.1. Especificaciones

- Motor : Ford V8 industrial de 460 pulgadas
- Consumo : 45 l gas propano /hr
- Hélice : Aluminio o Fibra de vidrio de 5,6 m de largo
- Radio : 115 a 125 m
- Cobertura : 4 a 5 ha aproximadamente
- Giro : 1 vuelta cada 4,5 minutos
- Altura torre : 34 pies o 10,4 m
40 pies o 12,2 m
- Base : 2,4 m largo x 2,4 m ancho x 1m. profundidad

4.2.2. Costos

4.2.2.1. Inversión

Según recomendación de la empresa, para 10 ha se requieren 3 ventiladores, donde:

- US\$ 21.000 cada uno (\$ 32.358.690 los tres)
- \$ 750.000 por instalación y conexión de estanque (\$ 2.250.000)

Total inversión = \$ 34.608.690

4.2.2.2. Mantención

En cuanto a los costos de mantención, la empresa realiza anualmente o cada 100 hrs. de funcionamiento un cambio de aceite y engrases a los engranajes, donde:

Mantención = \$ 60.180 x 3 ventiladores
= \$ 180.540 (mano de obra incluida)

4.2.2.3. Costos operacionales

Los costos operacionales corresponden a:

c.o. = (8 hrs. x 45 lt gas/hr x \$ 151,6) x 3
= \$ 54.576 x 3
= \$ 163.728

4.2.3. Depreciación

Esto corresponde a la pérdida de valor del sistema, a lo largo de los años, tomando en cuenta un valor residual (10%) que quedará al finalizar el período. En este caso, el sistema se deprecia a 25 años.

$$\text{Depreciación} = \frac{\text{Valor inicial} - \text{Valor residual}}{25 \text{ años}}$$

$$\text{Depreciación} = \$ \frac{34.608.690 - \$ 3.460.869}{25} = \$ 1.245.913$$

Todos estos valores aparecen ingresados en el flujo de fondos del Cuadro 8.

4.2.4. Análisis

En el Cuadro 8, se pueden apreciar las diferencias existentes al tener un sistema de control de heladas, en donde el flujo se ve afectado levemente por ellas y favorecido con los incrementos de precio, dando como resultado un VAN notablemente superior al del flujo sin control de heladas (Cuadro 7) y levemente inferior al del flujo original (Cuadro 3). En cuanto al TIR, se observan las mismas variaciones, estando un 5,53% sobre el TIR del flujo sin control y un 2,09% bajo el del flujo original. Estas variaciones se deben a que el sistema presenta un alto costo inicial, pero costos operacionales bajos, lo que en conjunto con el alza de precios y una baja pérdida de producción, hacen que el VAN se acerque bastante al del flujo original.

4.3. Ventiladores Orchard Rite:

Representados en Chile por la empresa Tecknipack. También presentan diferentes modelos, pero se recomienda el uso de gas propano como combustible.

4.3.1. Especificaciones

- Radio de cobertura : 145 metros
- Superficie instalación : 6,6 hectáreas
- Potencia motriz : 160 HP a 2400 RPM
- Fuerza de empuje : 2000 libras fuerza
- Potencia hélice : 125 HP a 600 RPM
- Consumo medio de combustible: 67 litros de propano / hora

4.3.2. Costos

4.3.2.1. Inversión

Estos ventiladores presentan una superficie de cobertura mayor, por lo que sólo se requieren dos. Por lo tanto:

- U\$ 22.000 cada uno (\$22.599.720 los dos)
- \$ 500.000 instalación y conexión con estanque (\$1.000.000)

Total inversión = \$ 23.599.720

4.3.2.2. Mantenimiento

Presenta los mismos costos que el sistema anterior, en este punto.

$$\text{Mantenimiento} = \$ 60.180 \times 2 = \$ 120.360$$

4.3.2.3. Costos operacionales

Estos corresponden al funcionamiento del sistema, durante una helada por 8 hr.

$$\text{c.o.} = (8 \text{ hrs.} \times 67 \text{ lt gas/hr} \times \$ 151,6) \times 2 = \$162.515$$

4.3.3. Depreciación

En este caso, el sistema se deprecia a 25 años.

$$\text{Depreciación} = \frac{\$ 23599720 - \$ 2359972}{25} = \$ 849.590$$

Todos estos valores se presentan dentro del flujo del Cuadro 9

ITEM	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
FLUJO DE FONDOS DEL CULTIVO DE PALTO HASS											
ENTRADAS POR VENTA DE PALTA HASS			\$ 7,383,160	\$ 16,686,592	\$ 32,987,136	\$ 67,144,896	\$ 94,348,800	\$ 52,416,000	\$ 60,278,400	\$ 61,850,880	\$ 52,416,000
VALOR DE SALVAMENTO PLANTACION											\$ 140,000,000
VALOR DE SALVAMENTO INFRAESTRUCTURA											\$ 21,379,800
VALOR DE SALVAMENTO MAQUINARIA											\$ 1,291,800
TOTAL INGRESOS		\$ 0	\$ 7,383,160	\$ 16,686,592	\$ 32,987,136	\$ 67,144,896	\$ 94,348,800	\$ 52,416,000	\$ 60,278,400	\$ 61,850,880	\$ 215,087,600

[illegible]

4.3.4. Análisis

En este caso, los incrementos en el precio en los años con daño hacen que se obtengan utilidades aún mayores que el flujo original, incluso con costos iniciales superiores en al menos \$ 23.000.000, lo cual indica que el sistema se autofinancia y además crea utilidades. Esto se ve al obtener un VAN de \$ 47.770.754 superior al original y casi 35 veces más alto que sin control. El TIR se presenta inferior en solo 0,1% con respecto al flujo original, pero 7,52% superior al TIR del flujo sin control de heladas. Nuevamente se aprecia un alto costo inicial del sistema, pero con costos operacionales bajos, y un sistema que no requiere mayor control en su funcionamiento.

4.4. Calefactores modelo Lazv Flame:

Producto de la empresa Tecknipack.

4.4.1 Especificaciones generales:

Tipo:	Calefactor radiante exterior
Potencia:	70000 a 200000 BTU/hora
Consumo:	1.9 a 5.5 litros/hora
Régimen:	2.2 litros/hora a 80000 BTU/hora
Emisión:	0.21 gr/minuto de humos a régimen
Gases escape:	transparentes, baja toxicidad

Combustible: Petróleo Diesel, #1 o #2

Kerosene #1 o #2 (parafina)

Capacidad: 37.6 litros

Acabado: Superficies doblemente galvanizadas

Durabilidad: Aproximadamente 10 años

4.4.2. Costos

4.4.2.1. Inversión

Estos calefactores se utilizan en una cantidad que aseguren una entrega de calor adecuada. Para ello, según la empresa se requieren 90 por ha, donde:

- U\$ 55 cada uno (U\$ 4.950 /ha)

Total inversión = U\$ 49.500 = \$ 25.424.685

4.4.2.2. Mantenimiento

No presentan costo de mantenimiento, sólo se debe golpear con cuidado la base del cañón y la cubierta de la olla para desprender el carbón. Esto cada 100 horas de uso.

4.4.2.3. Costos operacionales

En este caso se debe tomar en cuenta a operarios para encender y apagar los calefactores. Si cada operario alcanza a cubrir 1,5 ha, se requerirán 7 operarios y una hora para encender y apagar. Entonces:

- 7 operarios a \$ 2.500 /hr = \$ 17.500

y luego:

c.o. = 900 calefactores x 2,2 lt/hr x \$ 170 x 8 ha

= \$2.692.800 (+17.500)

= \$2.710.300

4.4.3. Depreciación

En este caso, el sistema se deprecia a 10 años (vida útil).

Depreciación
$$\frac{= \$ 25.424.685 - \$ 2.542.469}{10} = \$ 2.288.223$$

Todos estos valores aplicados en el flujo, se observan en el Cuadro 10.

4.4.4. Análisis

A diferencia del sistema anterior, el uso de calefactores en la evaluación presenta un VAN inferior al original, pero superior al sin control. Presenta un TIR inferior al

CUADRO 10: Flujo de fondos con sistema de control (calefactores Lazy-Flame)

ITEM	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
FLUJO DE FONDOS DEL CULTIVO DE PALTO HASS											
ENTRADAS POR VENTA DE PALTA HASS			\$ 7.368.160	\$ 16.259.427	\$ 31.667.651	\$ 54.669.888	\$ 73.382.400	\$ 52.416.000	\$ 58.771.440	\$ 59.378.845	\$ 52.416.000
VALOR DE SALVAMENTO PLANTACION											\$ 140.000.000
VALOR DE SALVAMENTO INFRAESTRUCTURA											\$ 21.379.800
VALOR DE SALVAMENTO MAQUINARIA											\$ 1.291.800
TOTAL INGRESOS		\$ 0	\$ 7.368.160	\$ 16.259.427	\$ 31.667.651	\$ 54.669.888	\$ 73.382.400	\$ 52.416.000	\$ 58.771.440	\$ 59.378.845	\$ 215.081.600
OBTENCION DEL AGUA	\$ 10.812.500										
CERCO	\$ 3.552.000										
MANEJO DEL SUELO	\$ 5.260.000										
INSTALACION ELECTRICA	\$ 3.250.000										
SISTEMA DE RIEGO	\$ 15.986.000										
SISTEMA DE CONTROL DE HELADAS	\$ 25.424.685										
MANO DE OBRA	\$ 3.300.000										
PLANTACION	\$ 12.166.755										
VARIOS E IMPREVISTOS	\$ 2.551.363										
COSTO DE IMPLANTACION	\$ 82.303.303										
COSTO DE LA MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS											
COSTO DE LA MANO DE OBRA		\$ 5.180.000	\$ 9.438.280	\$ 730.645	\$ 2.407.187	\$ 368.072	\$ 461.372	\$ 431.633	\$ 348.223	\$ 319.752	\$ 294.028
COSTO FERTILIZACION		\$ 254.512	\$ 151.227	\$ 486.204	\$ 758.107	\$ 868.143	\$ 8.905.000	\$ 6.905.000	\$ 6.985.000	\$ 6.985.000	\$ 6.985.000
COSTO DEL CONTROL DE MALEZAS		\$ 439.530	\$ 282.960	\$ 256.950	\$ 137.290	\$ 187.290	\$ 187.290	\$ 187.290	\$ 187.290	\$ 187.290	\$ 187.290
CONTROL PLAGAS Y ENFERMEDADES		\$ 198.398	\$ 396.797	\$ 651.566	\$ 364.237	\$ 438.825	\$ 438.825	\$ 438.825	\$ 438.825	\$ 438.825	\$ 438.825
COSTO CONTROL DE HELADAS		\$ 0	\$ 0	\$ 2.710.300	\$ 0	\$ 2.710.300	\$ 0	\$ 0	\$ 2.710.300	\$ 0	\$ 0
OTROS COSTOS		\$ 910.860	\$ 1.308.060	\$ 1.494.360	\$ 1.724.360	\$ 1.854.360	\$ 1.867.720	\$ 1.867.720	\$ 1.867.720	\$ 1.867.720	\$ 1.867.720
VARIOS (5% DE LOS COSTOS)		\$ 380.977	\$ 837.866	\$ 651.001	\$ 603.059	\$ 665.710	\$ 541.198	\$ 539.842	\$ 675.187	\$ 538.248	\$ 536.962
COSTO DE PRODUCCION POR ha		\$ 800.051	\$ 1.759.518	\$ 1.357.103	\$ 1.266.424	\$ 1.376.992	\$ 1.136.516	\$ 1.133.668	\$ 1.417.892	\$ 1.130.321	\$ 1.127.620
COSTO DE PRODUCCION		\$ 8.000.507	\$ 17.595.180	\$ 13.671.026	\$ 12.664.240	\$ 13.769.917	\$ 11.365.156	\$ 11.336.682	\$ 14.178.917	\$ 11.303.207	\$ 11.276.197
TOTAL COSTOS		\$ 82.303.303	\$ 8.000.507	\$ 17.595.180	\$ 13.671.026	\$ 12.664.240	\$ 13.769.917	\$ 11.365.156	\$ 14.178.917	\$ 11.303.207	\$ 11.276.197
UTIL. (PERD.) AIMPUESTO		-\$ 82.303.303	-\$ 8.000.507	-\$ 10.207.020	\$ 2.598.401	\$ 19.003.411	\$ 40.399.971	\$ 62.017.244	\$ 41.079.318	\$ 44.592.524	\$ 203.811.403
(-) DEPRECIACIONES		\$ 3.639.843	\$ 4.626.333	\$ 4.626.333	\$ 4.626.333	\$ 4.651.333	\$ 4.651.333	\$ 4.651.333	\$ 4.651.333	\$ 4.651.333	\$ 4.651.333
IMPUESTO A LA RENTA EFECTIVA				\$ 304.190	\$ 2.122.812	\$ 5.407.296	\$ 8.574.867	\$ 5.434.198	\$ 5.961.179	\$ 6.483.346	\$ 29.844.011
(+) DEPRECIACIONES		\$ 3.639.843	\$ 4.626.333	\$ 4.626.333	\$ 4.651.333	\$ 4.651.333	\$ 4.651.333	\$ 4.651.333	\$ 4.651.333	\$ 4.651.333	\$ 4.651.333
UTIL. (PERD.) NETA		-\$ 82.303.303	-\$ 8.000.507	-\$ 10.207.020	\$ 2.284.211	\$ 16.880.599	\$ 35.492.875	\$ 53.442.357	\$ 35.645.120	\$ 38.631.345	\$ 41.590.292
VAN(15%)		\$ 31.118.374									
TIR											20,12%

original y 4,83% superior al TIR del flujo sin control. Pero estos valores son muy dependientes del fluctuante costo del petróleo diesel, lo cual puede hacer variar bastante los costos, y se debe tener presente que este sistema es el que presenta los más altos costos operacionales.

4.5. Calefactores Hv-Lo:

Ofrecidos por la empresa Tecknipack.

4.5.1. Especificaciones generales:

Tipo:	Calefactor radiante exterior
Potencia:	50000 a 140000 BTU/hora
Consumo:	1.5 a 3.5 litros/hora
Régimen:	2.0 litros/hora a 80000 BTU/hora
Emisión:	0. 12 gr/minuto de humos a régimen
Gases escape:	transparentes, baja toxicidad
Combustible:	Petróleo Diesel, #1 o #2 Kerosene #1 o #2 (parafina)
Capacidad:	37.6 litros
Acabado:	Superficies doblemente galvanizadas
Durabilidad:	Aproximadamente 10 años

4.5.2. Costos

4.5.2.1. Inversión

Las características y cantidad por ha es similar a los otros calefactores (90 por ha), cambiando su valor unitario y su consumo, donde:

- U\$ 34 cada uno (U\$ 3.060 /ha)

Total inversión = U\$ 30.600 = \$ 15.717.078

4.5.2.2. Mantención

No presentan costo de mantención, sólo se debe golpear con cuidado la base del cañón y la cubierta de la olla para desprender el carbón. Esto cada 100 horas de uso.

4.5.2.3. Costos operacionales

En este caso se debe tener la misma cantidad de operarios que en el anterior.

Entonces:

- 7 operarios a \$ 2.500 /hr = \$ 17.500

y luego:

c.o. = 900 calefactores x 2 lt/hr x \$ 170 x 8 hrs = \$

2.448.000 (+17.500) = \$ 2.465.500

4.5.3. Depreciación

En este caso, el sistema se deprecia a 10 años (vida útil).

$$\text{Depreciación} = \frac{\$ 15.717.078 - \$ 1.571.708}{10} = \$ 1.414.537$$

Todos estos valores se presentan dentro del flujo del Cuadro 11.

4.5.4. Análisis

El uso de los calefactores, da como resultado en la evaluación un VAN mayor al modelo de calefactores anteriores, y levemente superior al VAN original, esto debido a las diferencias de costos entre ellos. El TIR se presenta levemente menor al original, en 0,96 y superior al TIR del flujo sin control en 6,66. Pero al igual que al anterior, presentan altos costos operativos lo cual disminuye las utilidades.

4.6. Turbina:

En este caso, las especificaciones corresponden a las que aparecen en el punto

2.5.2.4. Sistema combinado

4.6.1 Costos

4.6.1.1. Inversión

Esta máquina presenta un costo de \$ 3.186.000, y se señala que abarca 10 ha, pero en el caso de paltos, por sus características de follaje y acción cortavientos, al menos se requieren tres. Por lo tanto: Total inversión = \$ 3.186.000 x 3 = \$ 9.558.000

4.6.1.2. Mantenimiento

No presentan costo de mantenimiento específico, salvo limpieza y revisión.

4.6.1.3. Costos operacionales

En este caso se debe tener un operario y un ayudante por máquina. Entonces:

- 3 operarios a \$ 2.500 /hr x 8 hr = \$ 60.000
- 3 ayudantes a \$ 2.000 /hr x 8 hr = \$48.000

Se debe tomar en cuenta también el consumo de petróleo del tractor (7 l/hr), durante este período.

$$\text{Costo} = 7 \text{ l/hr} \times \$ 170 \times 8 \text{ hr} = \$ 9.520 \times 3 = \$ 28.560$$

Y luego el consumo de la turbina:

$$\begin{aligned}\text{Costo} &= 45 \text{ Kg/hr gas propano (86,54 l/hr)} \times \$151,6 \times 8 \text{ hr} \\ &= \$104.936 \times 3 \\ &= \$ 314.808\end{aligned}$$

Entonces:

$$\begin{aligned}\text{Costos operacionales} &= \$ 108.000 + \$ 28.560 + \$ 451.368 \\ &= \$451.368\end{aligned}$$

4.6.2. Depreciación

En este caso, el sistema se deprecia a 10 años (vida útil).

$$\text{Depreciación} = \frac{\$ 9558000 - \$ 955800}{10} = \$ 860.220$$

Todos estos valores se presentan dentro del flujo del Cuadro 12.

CUADRO 12: Flujo de fondos con sistema de control (Turbina)

[illegible]

4.6.3. Análisis

El uso de la turbina, da como resultado en la evaluación un VAN al original, sobre los \$ 20.000.000 esto debido a las diferencias de costos, resultando ser el más alto de todos los sistemas. El TIR se presenta superior al original, en 2,9% siendo el único que lo supera. Presenta costos operativos de un valor intermedio, lo que no afecta mucho los resultados.

4.7. Cold Killer:

Este corresponde a un crioprotector, el cual es un complejo enzimático asociado a oligoelementos quelados, que aplicado a las plantas mantiene la permeabilidad de las membranas que rodean a las células cuando éstas se ven afectadas por bajas temperaturas. Estos oligoelementos asociados a sistemas enzimáticos específicos, permiten la producción de fitohormonas y azúcares, que impiden la nucleación y la formación de cristales de hielo al interior de las células, a la vez que otorgan una mayor elasticidad a las membranas celulares e impiden los daños que ocurren por exposición a bajas temperaturas.

4.7.1. Especificaciones

El producto se aplica vía foliar con un surfactante no iónico en dosis de 0,1% (100 ce/100 l de agua). No contiene cloro, y tiene una rápida y total solubilidad en agua.

Presenta el siguiente contenido por litro:

Boro	400 mg
Fierro	90 mg
Cobre	200 mg
Zinc	100mg
Molibdeno	30 mg
Cobalto	8mg
Magnesio	400 mg
Azufre	1000 mg
Enzimas	v/v

4.7.2. Costos

En este caso, el producto se aplica todos los años, para prevenir la incidencia de heladas. Por corresponder a una compra anual de producto, no se considera como activo, sino como un costo de producción, por lo que no se incluye en inversión.

4.7.2.1. Costo del producto

El producto se comercializa en locales de productos agrícolas, a un valor promedio de \$ 5.546. Se requieren de 16 l/ha y tiene un efecto de 15 días, por lo que se requiere de cuatro aplicaciones para cubrir el período de los meses fríos de julio y agosto. Entonces:

Costo del producto = \$ 5.546 x 16 l/ha x 10 ha = \$ 887.360 x 4 = \$ 3.549.440

4.7.2.2. Costos operacionales

En este caso se requieren para la aplicación del producto 22,5 jornadas hombre a un valor de \$ 5.000. También se debe considerar el consumo del tractor con la máquina nebulizadora (4 l/hra 1000 rpm). Entonces:

- 22,5 jornadas x\$ 5.000 = \$ 112.500
- Gasto tractor = 4 l/hr x\$170x 8 hr = \$ 5.440

Entonces:

$$\begin{aligned}\text{Costos operacionales} &= \$ 112.500 + \$ 5.440 \\ &= \$117.940 \times 4 \text{ aplicaciones} \\ &= \$471.760\end{aligned}$$

Este caso presenta una baja eficiencia de control, debido a que según pruebas realizadas con éste no dieron buenos resultados (GARDIAZABAL, 1999)*. Se utilizó una eficiencia de 60% en el caso de heladas leves y 50% para el caso de medias y severas.

Todos estos valores se presentan dentro del flujo del Cuadro 13.

* GARDIAZABAL, F. Ing.Agr.. 1999 Universidad Católica de Valparaíso.

4.7.3. Análisis

Este caso muestra un VAN de \$ 22.497.465, bastante inferior a los demás sistemas y también con respecto al original. El TIR también muestra un valor menor al 20%, pero siempre superior al del flujo sin control. Estas variaciones se deben a la baja eficiencia de control, la cual hace disminuir los ingresos al aumentar las pérdidas.

En el Cuadro 14 se presenta la comparación de los indicadores financieros de cada flujo para cada sistema.

CUADRO 14. Tabla comparativa de los indicadores financieros de diversos flujos.

FLUJO	VAN	TIR
Sin control	\$ 1.385.703	15.3%
Ventiladores Amarilo W.C.	\$ 38.156.460	20.83%
Ventiladores Orchard Rite	\$ 47.770.754	22.82%
Calefactores Lazy Flame	\$ 31.118.374	20.12%
Calefactores Hy lo	\$ 39.648.533	21.96%
Turbina	\$ 60.157.081	25.87%
Cold Killer	\$ 22.497.465	19.46%

5. CONCLUSIONES

- Las heladas en el cultivo del palto Hass son una importante limitante climática, provocando graves pérdidas en la producción, pudiendo hacer que la rentabilidad de un proyecto disminuya a niveles mínimos, e incluso, no hacerlo rentable. Por eso, este factor climático se debe tomar en cuenta como una variable muy importante en los proyectos de plantación, por la frecuencia de este fenómeno en la zona de cultivo.

- Todos los sistemas evaluados presentaron creación de valor o un VAN superior a 0. Además, todos presentaron VAN superior al obtenido en el caso de no contar con sistemas de control y estar en una situación normal de ocurrencia de heladas. Esto nos indica que los sistemas cumplen su función al otorgar utilidades al proyecto y en algunos casos superar las entregadas en un flujo original que no considera estos eventos climáticos (por el alza de precios que se produce al disminuir la oferta, por las pérdidas de los productores que no cuentan con estos sistemas).

- Los sistemas evaluados presentaron siempre VAN muy superior al flujo sin control de heladas. Es así, como los ventiladores Amarillo W.C. muestran un VAN 27,5 veces por sobre el sin control; ventiladores Orchard Rite 34 veces mayor; Calefactores Lazy Fíame 22,5 veces; Calefactores Hy lo 28,6 veces, el sistema combinado de turbina 43 veces, y el Cold Killer 16,2 veces superior. En cuanto al

TIR se observan variaciones mínimas de 4,16% en el caso del Cold Killer, y una máxima de 10,57% en el caso del sistema combinado.

6. RESUMEN

El palto (*Persea americana* Mili.) corresponde a un cultivo de zonas sub-tropicales, de buena rentabilidad y gran superficie en la zona central de Chile. En esta zona productora se ve afectado por bajas temperaturas, y dentro de sus variedades, el palto Hass (corresponde al de mayor superficie plantada) es el de mayor susceptibilidad a éstas.

Estas bajas temperaturas pueden mermar notoriamente la producción del cultivo, lo cual hace necesaria la implementación de métodos de control en huertos; los cuales presentan distintos fundamentos, funcionamiento, control y precio. Por esta razón se realizó una descripción y evaluación económica de métodos de control asociados a un huerto de paltos, para establecer diferencias técnicas y de costos.

En la evaluación económica se incorporaron los costos de los sistemas a un flujo de fondos anteriormente seleccionado. Luego mediante un software que reemplaza la probabilidad de heladas y simula un incremento de precio, se modifica el flujo pudiendo comparar los sistemas de control mediante los indicadores financieros TIR y VAN.

Así, todos los sistemas evaluados presentaron creación de valor o un VAN superior a 0. Además, todos presentaron VAN superior al obtenido en el caso de no contar con sistemas de control y estar en una situación normal de ocurrencia de heladas. Esto nos indica que los sistemas cumplen su función al otorgar utilidades y en algunos casos superar las entregas en un flujo original que no considera estos eventos climáticos (por el alza de precios que se produce al disminuir la oferta, por las pérdidas de los productores que no cuentan con estos sistemas).

7. LITERATURA CITADA

- BALDINI, E. 1992. Arboricultura general. Madrid, Mundiprensa. 379 p.
- BENDER, G. 1995. Protecting trees from frost. California Grower 21(1):17-18
- CALABRESE, F. 1992. El aguacate. Madrid, Mundiprensa. 249 p.
- DE FINA, A. 1985. Climatología y fenología agrícola. Buenos aires, Editorial Universitaria de Buenos Aires. 351 p.
- GARDIAZABAL, F. 1998. Factores agronómicos a considerar en la implantación de un huerto de paltos. Sociedad Gardiazabal y Magdahl Ltda. Seminario Internacional de paltos. Viña del Mar, 4-6 noviembre 1998. pp. 17-37.
- GARDIAZABAL, F. 1998. Floración en paltos. Sociedad Gardiazabal y Magdahl Ltda. Seminario Internacional de paltos. Viña del Mar, 4-6 noviembre 1998. pp. 17-37.
- GIL ALBERT, V. 1992. Tratado de arboricultura frutal. 3a. ed. Madrid, Mundiprensa. 249 p.
- LAZO, G. 1998. Folleto explicativo sistema combinado de control de heladas. Santiago. 3p.
- SANTIBAÑEZ, F. y MERLET, H. 1987. Los regímenes de heladas en la zona Central de Chile. Aconex (16) :20-27.
- TURREL, F. 1973. The Science and Tecnology of frost protection. In : Reuther, W. ed. The Citrus Industry. California, University of California, pp. 338-437.
- WILHELMY, 1998. Evaluación económica del palto. Sociedad Gardiazabal y Magdahl Ltda. Seminario Internacional de paltos. Viña del Mar, 4-6 noviembre 1998. pp. 17-37.
- YURI, J. 1991. Las heladas en fruticultura. Revista frutícola 13(2) :69-74.