

UNIVERSIDAD CATOLICA DE CUYO
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES



Proyecto de Inversión: “Evaluación de factibilidad y conveniencia para la implementación de sistema de protección ante heladas, mediante aspersion de agua sobre plantas, en cultivo de almendras”.

TRABAJO FINAL CONTADOR PÚBLICO

Elaborado por Lloret, Leonardo.

Director de tesis: C.P. Grasset, María Belén.

Metodólogo: Gallego, Gustavo.

San Juan, X 2024

UNIVERSIDAD CATOLICA DE CUYO

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES

Proyecto de Inversión: “Evaluación de factibilidad y conveniencia para la implementación de sistema de protección ante heladas, mediante aspersion de agua sobre plantas, en cultivo de almendras”.

Tesis de Grado en Contador Público

Lloret, Leonardo.

Director: CP Grasset, María Belén.

San Juan, X 2024

Trabajo Final de la Carrera de Contador Público

Aprobada por el tribunal examinador reunido al efecto en San Juan, de
..... de 2024

Calificación obtenida:

Certificación de los integrantes del Jurado		
Director de Trabajo Final	Apellido y Nombre	Firma
Jurado		
Jurado		
Jurado		

.....

Firma del Alumno

Observaciones (Puede ser recomendada para publicación, para presentación en congresos, para obtención de patente, para utilización en organismos públicos, entre otros).

Dedicatoria

A Dios.

A Florencia, mi amada esposa.

A Emilia y Santiago, mis adorados hijos.

A Martha y Evaristo, mis queridos padres.

A Verónica, mi incondicional hermana y Tobías.

A Nelly y Carlos, mis generosos suegros.

A Julia y Juan, mis entrañables cuñados.

A Augusta, mi cariñosa abuela.

A mis amigos.

A todos ellos, durante años más preocupados que yo por la realización de este trabajo, les dedico la finalización del mismo.

Contenido

RESUMEN	1
INTRODUCCION	2
Capítulo I: Marco metodológico	4
I.1 Justificación	4
I.2 Marco Teórico.....	5
I.3 Objetivos.....	9
I.3.1 Objetivo general.....	9
I.3.2 Objetivos específicos	9
I.4 Metodología.....	9
Capítulo II: Heladas: Conceptos generales e implicancias en el cultivo de almendras	11
II.1 Concepto de helada.....	11
II.2 Tipos de helada	13
II.2.1 Heladas advectivas.....	13
II.2.2 Heladas radiativas	¡Error! Marcador no definido.
II.3 Congelación y daño en cultivos	¡Error! Marcador no definido.
II.4 Cultivo de almendras, aspectos relevantes.....	17
II.4.1 Endurecimiento invernal.....	17
II.4.2 Estados fenológicos de los almendros y temperaturas críticas.....	19
Capítulo III: Métodos de protección ante heladas	27
III.1 Clasificación.....	27
III.2 Aspersión de agua sobre plantas.....	29
III.2.1 Descripción y funcionamiento.....	29
III.2.2 Fenómeno físico.....	31
III.2.3 Puesta en marcha, precauciones funcionamiento y apagado.....	¡Error! Marcador no definido.
III.2.4 Pluviometría.....	36
Capítulo IV: Provincia de San Juan: datos históricos y cultivo modelo	40
IV.1 Descripción del clima de la Provincia de San Juan.....	40
IV.2 Características y frecuencia de heladas en la provincia	43
IV.3 Descripción y datos estadísticos del cultivo modelo	45

IV.4 Análisis de infraestructura existente y adaptabilidad del sistema	47
IV.5 Diseño del sistema para el cultivo modelo	48
Capítulo V: Evaluación financiera	50
V.1 Conceptualización de evaluación financiera	50
V.1.1 Valor actual neto (VAN)	51
V.1.2 Tasa interna de retorno (TIR)	¡Error! Marcador no definido.
V.1.3 Periodo de recuperación	¡Error! Marcador no definido.
V.2 Inversión inicial	53
V.3 Ingresos	55
V.4 Egresos	¡Error! Marcador no definido.
V.5 Flujo de fondos	¡Error! Marcador no definido.
V.6 Conclusión	¡Error! Marcador no definido.
Bibliografía	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Abrigo meteorológico	12
Figura 2:	Interior abrigo meteorológico	12
Figura 3:	Helada de advección	13
Figura 4:	Inversión térmica	15
Figura 5:	Temperaturas críticas para ciertos cultivos	¡Error! Marcador no definido.
Figura 6:	Yemas en reposo	¡Error! Marcador no definido.
Figura 7:	Botón rosa	20
Figura 8:	Plena floración	21
Figura 9:	Fruto recién cuajado 1	22
Figura 10:	Fruto recién cuajado 2	22
Figura 11:	Fruto en desarrollo	23

Figura 12:	Anatomía del fruto del almendro	23
Figura 13:	Capota abierta 1	24
Figura 14:	Capota abierta 2	25
Figura 15:	Temperaturas críticas almendro según estado fenológico	¡Error! Marcador no definido.
Figura 16:	Clasificación métodos de protección contra heladas	¡Error! Marcador no definido.
Figura 17:	Hielo sobre ramas y floreses	¡Error! Marcador no definido.
Figura 18:	Aspersión de agua con cobertura total	30
Figura 19:	Estados del agua	32
Figura 20:	Termómetros de bulbo seco y húmedo	34
Figura 21:	Necesidades calóricas por convección	¡Error! Marcador no definido.
Figura 22:	Necesidades calóricas por compensación déficit de humedad	¡Error! Marcador no definido.
Figura 23:	Necesidades calóricas totales. Ejemplo	38
Figura 24:	Distribución climas Argentina	41
Figura 25: ..	Valores medios de temperatura y precipitación 1991-2020, estación San Juan AERO	¡Error! Marcador no definido.
Figura 26:	Ubicación estación meteorológica San Juan AERO	54
Figura 27:	Datos estadísticos Estación San Juan AERO 1967-2012	¡Error! Marcador no definido.
Figura 28:	Probabilidad acumulada temperaturas 3°	¡Error! Marcador no definido.
Figura 29:	Evolución temporal de períodos con heladas 1967-2012	¡Error! Marcador no definido.
Figura 30:	Aspersor Rivulis Hadar 7110	¡Error! Marcador no definido.
Figura 31:	Inversión inicial	54

Figura 32:	Ingresos esperados	55
Figura 33:	Determinación de egresos	57
Figura 34:	Flujo de fondos	¡Error! Marcador no definido.
Figura 35:	Resultados obtenidos	¡Error! Marcador no definido.

ANEXOS

Anexo A – Entrevista Sr. Leonardo Evaristo Lloret.	63
Anexo B – Entrevista Ing. Fernando Garadi.....	Error! Marcador no definido.

RESUMEN

Habiendo realizado una breve investigación preliminar que me permitió conocer la frecuencia con la que ocurren las denominadas heladas en la provincia de San Juan, el daño significativo que provocan en cultivos tales como la plantación de almendras que ha sido elegida como modelo de este trabajo, sumado a los prometedores resultados obtenidos en diferentes partes del mundo por la aspersion de agua como mecanismo de protección y la casi nula aplicación de tecnologías de este tipo a nivel local, es que he decidido, a través de la utilización de herramientas tales como la consulta de bibliografía específica, recopilación de datos estadísticos y entrevistas, entre otros, conocer el funcionamiento del sistema mencionado y evaluar tanto la posibilidad técnica como la conveniencia económica de concretar la inversión proyectada, mediante la estimación de un flujo de fondos y cálculo del Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno. Esperando no solo encontrar una solución para el caso particular analizado sino también acercar de manera empírica una tecnología auspiciosa para el sector agrícola.

INTRODUCCION

Esta tesis consta de distintos capítulos donde se abarcan temas necesarios para un completo desarrollo de un proyecto de inversión.

El capítulo 1 abarca los aspectos teóricos metodológicos que sustentan la tesis, dónde se definen los conceptos fundamentales que hacen a la comprensión de esta, sus objetivos y la metodología que se utiliza.

El capítulo 2 contiene elementos necesarios para conocer el fenómeno de las heladas, sus variantes, el daño que causan en los cultivos en general y a las plantas de almendras en particular.

El capítulo 3 analiza los distintos métodos que se han desarrollado para mitigar el daño por heladas y su clasificación. Abordando en detalle la descripción del método de aspersión de agua sobre plantas, su funcionamiento y aspectos particulares de la protección de almendros con dicho sistema.

El capítulo 4 consiste en una breve descripción del clima sanjuanino para luego recopilar datos estadísticos tanto acerca de la ocurrencia de heladas en la provincia como relacionados al cultivo modelo, con el fin de medir las pérdidas que podrían evitarse con la implementación del sistema, lo que permitirá asignar posteriormente su expresión económica como ingresos esperados. Por otro lado, se analiza si es factible instalar el sistema en el cultivo modelo usando la infraestructura existente.

El capítulo 5 desarrolla la evaluación financiera del proyecto, se estiman aquí tanto los ingresos esperados como los costos que suponen la inversión inicial y el posterior mantenimiento del sistema. Se determinará también la rentabilidad y viabilidad económica mediante la fórmula del Valor Actual Neto (VAN) y de la tasa interna de retorno (TIR).

Por último, este trabajo contiene una conclusión general sobre el análisis realizado, dónde se evalúan los datos recopilados y los resultados obtenidos.

Capítulo I: Marco metodológico

I.1 Justificación

Año tras año, prácticamente sin excepción, los productores agrícolas de la Provincia de San Juan, Argentina, se enfrentan a un evento natural que en la mayoría de las oportunidades provoca mermas en la producción que cada parcela es capaz de brindar. Mermas cuya magnitud puede comprender desde pequeños porcentajes hasta pérdidas totales según la intensidad del fenómeno. Hablamos de las denominadas “heladas”, es decir, descensos de la temperatura ambiente por debajo de cero grados, hasta un nivel perjudicial para el cultivo según su etapa de desarrollo.

Está claro que la problemática señalada no es reciente ni es exclusiva de nuestra región, lo que permite inferir que se ha desarrollado en el mundo, a lo largo de años, una gran cantidad de alternativas en cuanto a métodos de protección de cultivos ante heladas se refiere, siendo la aspersión de agua sobre las plantas una de las más sofisticadas y eficaces.

Pese a lo mencionado, llama la atención la casi nula indagación por parte de los actores de la actividad agrícola de la provincia en los diversos sistemas existentes, limitándose el accionar de los productores a métodos rudimentarios y probadamente ineficientes como ser el encendido de pequeñas hogueras esparcidas en una plantación. Esto constituye una motivación adicional para mí a la hora de evaluar la posible implementación de esta tecnología: se trata de un concepto firmemente adoptado en otras partes del mundo y su aplicación en la provincia podría significar un punto de partida para la tecnificación agrícola local en un aspecto que se considera muy significativo.

El análisis que se desarrollará a lo largo del presente trabajo tendrá como objeto de estudio el cultivo emprendido por el Sr. Leonardo Evaristo Lloret, ya que su caso en particular se torna sumamente interesante por las siguientes características:

- Se trata de una extensión de tierra relativamente pequeña, lo que facilita todos los aspectos de la evaluación que tienen que ver con cuestiones de escala. Ejemplo de ello es la simplicidad en el cálculo preciso de materiales y mano de obra necesarios para la implementación del sistema.
- El cultivo ha sido atendido, desde hace un tiempo pertinente, de una manera que invita a pensar que las plantas están en condiciones de producir frutos en cantidad cercana al rendimiento máximo de su especie. Podemos mencionar, a modo de ejemplo que:
 1. La totalidad de la extensión cuenta con riego por goteo, por lo que la cantidad de agua suministrada es suficiente en cada época del año, minimizando los efectos nocivos del estrés hídrico.
 2. Las labores culturales, como ser tareas de poda, abono, desmalezado, entre otras, se llevan a cabo en tiempo y forma, por lo que cada planta cuenta con los recursos necesarios para estar en buenas condiciones de salud.
- Al contar el emprendimiento con riego por goteo y, por lo tanto, con un reservorio de agua y un sistema de bombeo ya instalado y funcionando hace años (elementos necesarios y, se estima, suficientes para abastecer la tecnología evaluada), podremos atribuir con gran precisión a la instalación del sistema propiamente dicho los ingresos futuros esperados.
- El productor cuenta con detallados registros de cada campaña, por lo que pueden conocerse variables cruciales para el análisis, tales como:
 1. Cantidad de kilos obtenidos por año.
 2. Ocurrencia de fenómenos climáticos o de otra índole que puedan haber incidido en las cantidades obtenidas.

I.2 MARCO TEÓRICO

A fin de establecer bases sólidas sobre las cuales llevar a cabo el presente trabajo, donde se analizará la conveniencia de llevar a cabo un proyecto de inversión, conviene reunir en este apartado ciertas definiciones que servirán de guía para no apartarse de los objetivos que se plantearán.

Conviene, en primer lugar, establecer con claridad lo que es un proyecto de inversión: nos referimos a aquel conjunto de actividades o propuesta de acciones que requieren de una serie de recursos económicos y humanos para su concreción y ejecución y sobre los cuales se considera factible obtener ganancias futuras.¹

Dado que será necesario establecer pautas claras a la hora de evaluar si es ventajoso realizar el proyecto, se desarrollarán a continuación definiciones y conceptos acerca de herramientas que permitan realizar dicha evaluación:

El VAN (Valor Actual Neto) es un indicador financiero que se determina mediante la actualización de los flujos de gastos e ingresos futuros del proyecto, menos la inversión inicial. Si el resultado de esta operación es positivo, es decir, si refleja ganancia se puede decir que el proyecto es viable.²

La TIR (Tasa Interna de Retorno) es definida como el valor de la tasa de descuento que iguala el VAN a cero, para un determinado proyecto de inversión. Su resultado viene expresado en valor porcentual. Es sumamente confiable cuando la empresa quiere determinar la rentabilidad y viabilidad de un proyecto de inversión determinado pero esa confiabilidad se ve disminuida si se compara la rentabilidad de dos proyectos diferentes, debido a que no toma en cuenta la variación entre las dimensiones de ambos. En conclusión, TIR es el porcentaje de beneficio o pérdida que se puede obtener de una inversión.³

A continuación, teniendo en cuenta que la cuestión fundamental que origina la problemática que inspira este proyecto es un fenómeno climático vulgarmente conocido como “helada”, se expondrán algunas definiciones:

Desde el punto de vista meteorológico se considera helada a todo descenso térmico igual o inferior a 0 °C medido en abrigo meteorológico.⁴

¹ Fuente: <https://www.esic.edu/rethink/management/que-son-los-proyectos-de-inversion-y-su-evaluacion>

² Fuente: <https://economia3.com/van-tir-concepto-diferencias-como-calcularlos/>

³ Fuente: <https://economia3.com/van-tir-concepto-diferencias-como-calcularlos/>

⁴ Fuente: <https://heladas.agro.uba.ar//definiciones.htm>

Se define helada agrometeorológica a todo descenso térmico igual o inferior a 3 °C medido en el abrigo meteorológico, lo que equivaldría a 0 °C o menos a la intemperie en superficie.⁵

El Abrigo Meteorológico es una estructura de madera en forma de caja, de aproximadamente 85 centímetros de frente por 60 centímetros de fondo y 80 centímetros de alto, con una puerta al frente, pintada de color blanco esmalte, siendo diseñada para proteger a los instrumentos que miden la temperatura de la radiación directa del sol, de la radiación terrestre nocturna, precipitación y condensación, mientras que al mismo tiempo permiten una adecuada ventilación.⁶

Las “heladas” pueden subdividirse en dos tipos:

Las heladas de radiación son acontecimientos usuales. Se caracterizan por un cielo despejado, en calma o con poco viento, inversión de temperatura, temperaturas del punto de rocío bajas y temperaturas del aire que normalmente caen por debajo de 0 °C durante la noche pero que están por encima de 0 °C durante el día. La temperatura del punto de rocío es la temperatura que se alcanza cuando el aire se enfría hasta que alcanza una humedad relativa del 100%, y es una medida directa del contenido de vapor de agua del aire.⁷

Las heladas de advección se producen cuando el aire frío fluye en un área para reemplazar el aire más caliente que estaba presente antes del cambio meteorológico. Está asociada con condiciones de nubosidad, vientos de moderados a fuertes, sin inversión de temperatura y baja humedad. A menudo las temperaturas caerán por debajo del punto de fusión (0 °C) y permanecerán así todo el día. Como muchos de los métodos de protección activos trabajan mejor con la presencia de una inversión, las heladas de advección son difíciles de combatir. En muchos casos, una serie de noches bajo cero empiezan como una helada de advección y cambiarán más tarde a noches con heladas de radiación⁸

⁵ Fuente: <https://heladas.agro.uba.ar//definiciones.htm>

⁶ Fuente: <https://www.tutiempo.net/meteorologia/abrigo-meteorologico-y-psirometro.html>

⁷ Fuente: <https://www.fao.org/4/y7223s/y7223s02.pdf>

⁸ Fuente: <https://www.fao.org/4/y7223s/y7223s02.pdf>

A continuación, se hará una breve descripción de lo que se conoce como “daño por helada”, el mismo se clasifica en “directo” e “indirecto”: El daño directo por helada ocurre cuando se forman cristales de hielo dentro del protoplasma de las células (congelación o helada intracelular), mientras que el daño indirecto puede ocurrir cuando se forma hielo dentro de las plantas, pero fuera de las células (i.e. congelación o helada extracelular). Lo que realmente daña las plantas no son las temperaturas frías sino la formación de hielo. Se cree que la formación de hielo intracelular causa una ruptura mecánica de la estructura protoplásmica. La extensión del daño debido a la congelación intracelular depende principalmente de la rapidez del enfriamiento y la intensidad del enfriamiento antes de congelarse. Hay poca o ninguna evidencia de que la duración de la congelación afecte al daño.⁹

Por último, se hará una breve descripción del sistema seleccionado para analizar, es decir, aspersión de agua sobre las plantas:

Este sistema de protección tiene como finalidad mantener los cultivos por encima de su temperatura crítica. El hielo que recubre las plantas las mantiene a 0 °C, pero el cultivo debe ser capaz de soportar las cargas del hielo. Este sistema proporciona un alto nivel de protección a un costo razonable. Necesita de un suministro elevado de agua a presión complementario que permita el funcionamiento conjunto de toda la instalación. La tendencia en aspersión anti helada es utilizar micro aspersión localizada debido a los grandes caudales necesarios.¹⁰

⁹ Fuente: <https://www.fao.org/4/y7223s/y7223s05.pdf>

¹⁰ Fuente: <https://enolife.com.ar/es/riego-por-aspersion-y-pivotes-soluciones-contra-las-heladas-y-la-crisis-hidrica/>

I.3 Objetivos

I.3.1 Objetivo general

Analizar la viabilidad técnica y económica de implementar un sistema de protección ante heladas, mediante aspersión de agua sobre plantas, en cultivo de almendras de la provincia de San Juan.

I.3.2 Objetivos específicos

- Conocer acerca del evento climático llamado “helada” y sus implicancias en los cultivos.
- Comprender el mecanismo a través del cual funciona el sistema de protección seleccionado y el fenómeno físico por el que el cultivo se encuentra protegido durante su funcionamiento.
- Estudiar si es posible instalar el sistema usando la infraestructura existente en el cultivo elegido.
- Identificar los costos de materiales y mano de obra a incurrirse para la instalación y puesta a punto del sistema, así como su posterior mantenimiento.
- Analizar la conveniencia económica de implementar el sistema considerando costos, producción potencial del cultivo, los registros de producción obtenida y frecuencia en la ocurrencia de fenómenos climáticos relevantes.

I.4 Metodología

Según Neil J. Salkind, metodología es el estudio sistemático de los métodos utilizados por una ciencia en su investigación de la realidad, lo cual abarca por un lado el análisis lógico del procedimiento de la investigación y, por el otro lado, el examen de los principios y supuestos que la guían.

Con respecto al tipo de investigación, Tamayo y Tamayo (2003), expresa lo siguiente: cuando se va a resolver un problema en forma científica, es muy conveniente tener un conocimiento detallado de los posibles tipos de investigación que se pueden seguir. Este conocimiento hace posible evitar

equivocaciones en la elección del método adecuado para un procedimiento específico. Conviene anotar que los tipos de investigación difícilmente se presentan puros; generalmente se combinan entre sí y obedecen sistemáticamente a la aplicación de la investigación.

El presente trabajo se circunscribe a un estudio Descriptivo-Analítico, dado que por un lado se pretende conocer y examinar un fenómeno o situación concreta, como ser en este caso la ocurrencia de un fenómeno climático perjudicial para los cultivos y una manera en particular de abordarlo, y por otro se busca analizar la posibilidad de implementar una tecnología determinada en un lugar determinado para, finalmente, evaluar la conveniencia económica de hacerlo.

La principal técnica de recolección de datos secundarios será la consulta de bibliografía especializada, publicaciones académicas e informes suministrados por entidades como el Instituto de Tecnología Agropecuaria (INTA), la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires (FAUBA) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la agricultura (FAO por sus siglas en inglés).

Además, se captarán datos que constituirán información primaria, que servirá de respaldo y sustento teórico y metodológico de este trabajo, al tiempo que ayudará a ampliar el conocimiento sobre el tema en estudio. Dichos datos se captarán mediante entrevistas con profesionales y técnicos que se desempeñan en la actividad agrícola y principalmente con el Sr. Leonardo Evaristo Lloret, productor agrícola y propietario del emprendimiento que servirá de modelo para el análisis.

Por último, para evaluar la conveniencia económica de llevar a cabo el proyecto, se efectuará un análisis de Fondos Proyectados con determinación de Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR).

Capítulo II: Heladas

II.1 Concepto de helada y generalidades

Resulta fundamental conocer y comprender en profundidad de qué se trata el fenómeno que nos ocupa, sus variantes, los efectos que produce, entre otros aspectos, ya que de esta forma se dispondrá de elementos de juicio para calificar la utilidad de implementar un sistema de protección contra el mismo.

Las definiciones sobre este fenómeno climático en los diccionarios y en la literatura son variadas. Sin embargo, se ha decidido que las siguientes definiciones son adecuadas y serán utilizadas en este trabajo:

Desde el punto de vista meteorológico se considera helada a todo descenso térmico igual o inferior a 0 °C medido en abrigo meteorológico.¹¹

Se considera helada agro-meteorológica a todo descenso térmico igual o inferior a 3 °C medido en el abrigo meteorológico, lo que equivaldría a 0 °C o menos a la intemperie en superficie.¹²

La medición de las variables climáticas se lleva a cabo en el Abrigo Meteorológico, que es una estructura de madera en forma de caja, de aproximadamente 85 centímetros de frente por 60 centímetros de fondo y 80 centímetros de alto, con una puerta al frente, pintada de color blanco esmalte, siendo diseñada para proteger a los instrumentos que miden la temperatura de la radiación directa del sol, de la radiación terrestre nocturna, precipitación y condensación, mientras que al mismo tiempo permiten una adecuada ventilación.¹³

¹¹ Fuente: <https://heladas.agro.uba.ar//definiciones.htm>

¹² Fuente: <https://heladas.agro.uba.ar//definiciones.htm>

¹³ Fuente: <https://www.tutiempo.net/meteorologia/abrigo-meteorologico-y-psirometro.html>



Figura 1 “Abrigo Meteorológico” - Fuente: <http://www.inia.uy/gras/Clima/Estaciones-agroclim%C3%A1ticas-INIA/Ubicaci%C3%B3n-e-informaci%C3%B3n/descripci%C3%B3n-estaciones-e-instrumentos>



Figura 2 “Interior Abrigo Meteorológico” -

Fuente: <http://www.inia.uy/gras/Clima/Estaciones-agroclim%C3%A1ticas-INIA/Ubicaci%C3%B3n-e-informaci%C3%B3n/descripci%C3%B3n-estaciones-e-instrumentos>

De lo mencionado se puede concluir que, dado el daño enorme que puede sufrir un cultivo en cuestión de minutos durante el transcurso de una helada, un pronóstico de temperatura inferior a 5° suministrado por los servicios meteorológicos, teniendo en cuenta que dichos pronósticos se definen con márgenes de error, debería ser suficiente para suponer riesgo de daño en cultivos en zonas propensas a presentar heladas.

Por otro lado, manteniendo el enfoque agrícola, se torna relevante el concepto de “helada tardía”, es decir, aquella ocurrida después del 15 de Julio. Si en un año en particular no ocurrieran temperaturas menores a 0°C (ó 3°C , en el caso de heladas agro meteorológicas) después del 15 de Julio,

se considera que para ese año y en esa localidad no hubo heladas tardías.

¹⁴ La fecha mencionada es relevante ya que, a partir de allí, los cultivos en general comienzan a entrar en las etapas de su desarrollo cíclico donde pueden sufrir daños por temperaturas inferiores a 0°.

II.2 Tipos de helada

Según los sucesos que las originan, las heladas pueden clasificarse en dos grandes grupos:

II.2.1 Heladas advectivas

También llamada helada de advección, se produce cuando una masa de aire frío fluye en un área para reemplazar el aire más caliente que estaba presente antes del cambio meteorológico. Está asociada con condiciones de nubosidad, vientos de moderados a fuertes, sin inversión de temperatura y baja humedad. A menudo las temperaturas caen por debajo del punto de fusión (0 °C) y permanecen así durante días.¹⁵



Figura 3 “Helada de advección” – Fuente:

<https://revistaelagro.com.ar/2021/06/heladas-hay-dos-tipos-que-producen-danos-a-las-plantas/>

¹⁴ Fuente: <https://heladas.agro.uba.ar//definiciones.htm>

¹⁵ Fuente: <https://www.fao.org/4/y7223s/y7223s02.pdf>

Es importante destacar que el aire frío que produce el descenso de temperatura fluye de manera horizontal en este tipo de heladas.

II.2.2 Heladas radiativas

O heladas por radiación, se caracterizan por un cielo despejado, en calma o con poco viento, inversión de temperatura y temperaturas del aire que normalmente caen por debajo de 0 °C durante la noche pero que están por encima de 0 °C durante el día.¹⁶

Están relacionadas con la fuga intensa, durante la noche, por radiación, del calor que se ha acumulado en el suelo durante el día (fuga que es menos intensa en días nublados), provocando un enfriamiento de las capas bajas de la atmósfera próxima a la superficie.¹⁷

La inversión térmica o inversión de temperatura, característica en este tipo de heladas, es un fenómeno atmosférico en el cual la temperatura aumenta con la altitud en lugar de disminuir, como es típico en la atmósfera. Normalmente, la temperatura disminuye a medida que subimos en la atmósfera, pero en una inversión térmica, hay una capa de aire cálido que se encuentra sobre una capa de aire más frío cerca de la superficie de la Tierra. El viento dificulta la ocurrencia de este fenómeno ya que propicia la mezcla de las capas de aire, elevando la temperatura cerca del suelo.¹⁸

¹⁶ Fuente: <https://www.fao.org/4/y7223s/y7223s02.pdf>

¹⁷ Fuente: <https://www.portalfruticola.com/noticias/2017/08/30/heladas-tipos-medidas-prevencion-manejos-posteriores-al-dano/>

¹⁸ Fuente: <https://www.ecologiaverde.com/inversion-termica-que-es-y-por-que-se-produce-4762.html>

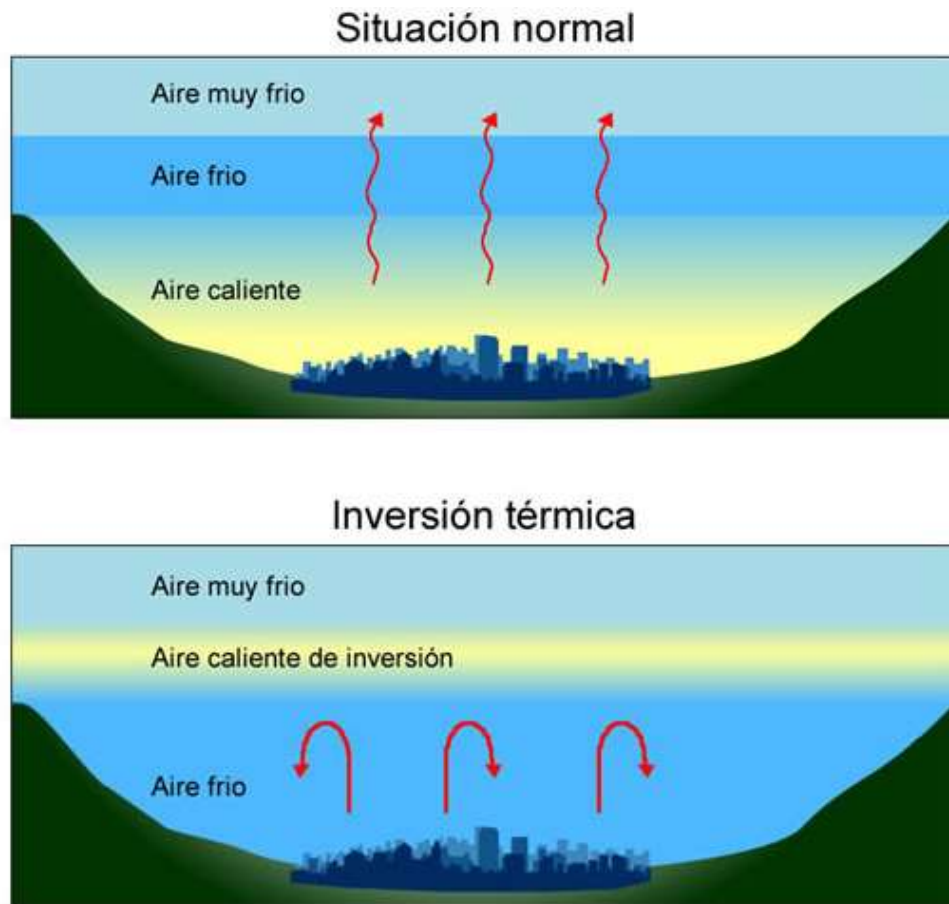


Figura 4 “Inversión Térmica” Fuente: <https://www.epalife.com/inversion-termica/>

Cabe destacar que, al producirse el fenómeno descrito en el párrafo anterior, en este tipo de heladas el aire frío fluye de manera vertical, empujado hacia abajo por el aire caliente que se acumula en la llamada “capa de inversión”.

II.3 Congelación y daño en cultivos

La palabra “helada” es ampliamente utilizada por el público para describir un evento meteorológico cuando los cultivos y otras plantas experimentan daño por congelación. Los agricultores a menudo utilizan los términos “helada” y “congelación” de forma indistinta, con la definición vaga de “una temperatura del aire inferior o igual a 0 °C”.¹⁹ Sin embargo, lo que realmente provoca daño en los cultivos es la congelación, que ocurre cuando el agua

¹⁹ Fuente: <https://www.fao.org/4/y7223s/y7223s02.pdf>

extracelular dentro de la planta se congela (cambia de estado líquido a sólido). Esto puede o no dañar el tejido de la planta, según diversos factores de tolerancia. El daño por congelación ocurre cuando la temperatura del tejido de las plantas cae por debajo de un valor crítico donde hay condición fisiológica irreversible que conduce a la muerte o al funcionamiento incorrecto de las células de las plantas. Se habla de congelación extracelular ya que en la naturaleza no hay evidencia de que ocurra congelación intracelular²⁰ (formación de hielo en el agua del interior de las células), fenómeno que ha sido logrado en laboratorio, bajo condiciones específicas. Durante la congelación las células mueren de forma gradual como resultado del crecimiento de la masa de hielo extracelular. Se recuerda que la presión de vapor a saturación es más baja sobre hielo que sobre el agua líquida. Como resultado de la formación de hielo extracelular, el agua se evaporará desde el agua líquida dentro de las células y pasará a través de las membranas semipermeables de las células y se depositará sobre los cristales de hielo fuera de las células. Conforme el agua sale de las células, la concentración de solutos aumenta y reduce el riesgo de congelación. Sin embargo, a medida que el hielo continúa creciendo, las células se desecan más. Normalmente, en las plantas dañadas, los cristales de hielo extracelular son mucho más grandes que las células muertas de alrededor, que han colapsado debido a la deshidratación. En consecuencia, la principal causa en la naturaleza del daño por helada a las plantas es la formación de hielo extracelular, que produce un estrés de agua secundario a las células adyacentes. De hecho, hay una estrecha relación entre las plantas tolerantes a la sequía y las plantas tolerantes a la congelación.²¹

La temperatura que produce el daño de los tejidos se correlaciona con las temperaturas del aire denominadas “temperaturas críticas”,²² o temperaturas de resistencia al frío del estado fenológico predominante en el cultivo en cada momento.

²⁰ Fuente: <https://www.fao.org/4/y7223s/y7223s05.pdf>

²¹ Fuente: <https://www.fao.org/4/y7223s/y7223s05.pdf>

²² Fuente: <https://www.fao.org/4/y7223s/y7223s02.pdf>

II.4 Cultivo de almendras, aspectos relevantes

II.4.1 Endurecimiento o Reposo Invernal

Durante el invierno las plantas en general, y los almendros no son excepción, experimentan un proceso llamado “Endurecimiento” o “Reposo invernal”, que les permite evitar la congelación ante bajas temperaturas. El mismo está relacionado con el aumento del contenido de solutos en el tejido de las plantas. Durante los períodos cálidos, las plantas exhiben crecimiento, el cual reduce la concentración de solutos, los mismos se diluyen, haciendo las plantas menos resistentes.²³ Es por ello que en nuestro país la fecha a partir de la cual se ha convenido considerar como “tardía” a una helada, es el 15 de Julio, fecha a partir de la cual algunos cultivos comienzan a mostrar, luego de algunos días cálidos, signos de perder la condición mencionada para dar lugar a las etapas de desarrollo fenológico que originan y provocan el crecimiento de los frutos y, por ende, de producirse un evento de congelación, ello se traduciría en pérdidas económicas.

En sus distintas etapas fenológicas los cultivos muestran diferente tolerancia a las bajas temperaturas, aumentando su sensibilidad a medida que se suceden las distintas etapas de su desarrollo, pudiendo soportar sin sufrir daños, temperaturas cada vez mayores y siendo su etapa más vulnerable la de floración y cuajado, entendiéndose por ello el proceso en el cual la flor es polinizada y fecundada para que luego el fruto comience su formación y crecimiento.²⁴

A modo de ejemplo, se muestra a continuación una serie de cultivos con las temperaturas críticas de algunas etapas de su desarrollo:

²³ Fuente: <https://www.fao.org/4/y7223s/y7223s05.pdf>

²⁴ Fuente: <https://sembralia.com/blogs/blog/cuajado-de-frutos-bioestimulantes#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20el%20cuajado%20o,las%20condiciones%20s on%20las%20correctas.>

Intervalo de temperaturas críticas (°C) que dañan a los cultivos forrajeros y a los cultivos para ensilar

CULTIVO	GERMINACION	FLORACION	FRUCTIFICACION
Trigo de primavera	-9; -10	-1; -2	-2; -4
Avenas	-8; -9	-1; -2	-2; -4
Cebada	-7; -8	-1; -2	-2; -4
Guisantes	-7; -8	-2; -3	-3; -4
Lentejas	-7; -8	-2; -3	-2; -4
Almorta	-7; -8	-2; -3	-2; -4
Cilantro (Coriander)	-8; -10	-2; -3	-3; -4
Amapolas	-7; -10	-2; -3	-2; -3
Diente de león	-8; -10	-3; -4	-3; -4
Altramuz	-6; -8	-3; -4	-3; -4
Veza de primavera	-6; -7	-3; -4	-2; -4
Judías	-5; -6	-2; -3	-3; -4
Girasol	-5; -6	-2; -3	-2; -3
Cártamo	-4; -6	-2; -3	-3; -4
Mostaza blanca	-4; -6	-2; -3	-3; -4
Lino	-5; -7	-2; -3	-2; -4
Cáñamo	-5; -7	-2; -3	-2; -4
Remolacha azucarera	-6; -7	-2; -3	-
Remolacha pienso	-6; -7	-	-
Zanahoria	-6; -7	-	-
Nabo	-6; -7	-	-
Col	-5; -7	-2; -3	-6; -9
Soja	-3; -4	-2; -3	-2; -3
Mijo de Italia	-3; -4	-1; -2	-2; -3
Altramuz amarillo	-4; -5	-2; -3	-
Maíz	-2; -3	-1; -2	-2; -3
Mijo	-2; -3	-1; -2	-2; -3
Pasto del Sudan	-2; -3	-1; -2	-2; -3
Sorgo	-2; -3	-1; -2	-2; -3
Patatas	-2; -3	-1; -2	-1; -2
Tabaco rústico	-2; -3	-	-2; -3
Trigo sarraceno	-1; -2	-1; -2	-0,5; -2
Castor (higuerillo)	-1; -1,5	-0,5; -1	-2
Algodón	-1; -2	-1; -2	-2; -3
Melón	-0,5; -1	-0,5; -1	-1
Arroz	-0,5; -1	-0,5; -1	-0,5; -1
Sésamo	-0,5; -1	-0,5; -1	-
Kenaf	-0,5; -1	-	-
Cacahuete	-0,5; -1	-	-
Pepino	-0,5; -1	-	-
Tomate	0; -1	0; -1	0; -1
Tabaco	0; -1	0; -1	0; -1

Figura 5 “Temperaturas críticas para ciertos cultivos según su desarrollo fenológico”

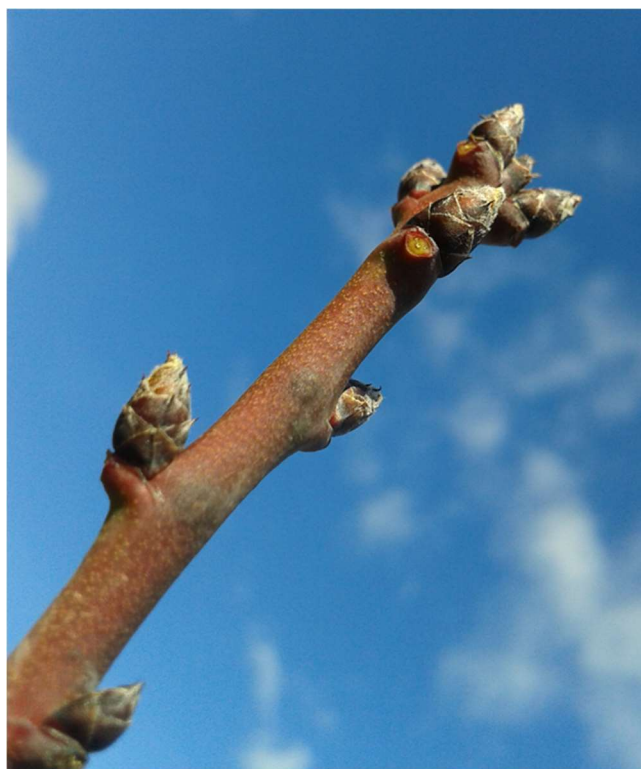
Fuente: <https://www.fao.org/4/y7223s/y7223s05.pdf>

De lo expuesto se desprende la necesidad de conocer a fondo los estados fenológicos de los almendros en particular y sus correspondientes temperaturas críticas para luego observar el comportamiento histórico del cultivo modelo y del clima de la provincia.

II.4.2 Estados fenológicos de los almendros y temperaturas críticas

Si bien a nivel de estudio botánico pueden identificarse decenas de estados por los que pasa un cultivo perenne en cada ciclo, a los fines de este trabajo, éstos serán agrupados en cinco estados bien diferenciados unos de otros, fácilmente identificables en la práctica, y se hará de cada uno de ellos una descripción detallada, acompañando imágenes nítidas y ampliadas de una planta de almendra en cada estado en cuestión.

Yemas en reposo: las denominadas “yemas” son formaciones ovaladas y de punta cónica que brotan de las ramas mientras los frutos de la campaña anterior todavía están madurando. Contienen en su interior los “meristemas florales”, que son pequeñas estructuras donde se diferencian las partes de lo que en su madurez serán las flores. Las Yemas entran en reposo cuando las temperaturas comienzan a bajar en otoño, pausando el desarrollo de las flores y permanecen así hasta fines del invierno, cuando las temperaturas se elevan²⁵.



²⁵ Fuente: <https://citarea.cita-aragon.es/bitstream/10532/6484/3/reposo.pdf>

Figura 6 “Yemas en reposo” Fuente:

<https://www.larioja.org/agricultura/es/agricultura/fenologicos/fenologicos-almendro-9c47e>

Botón Rosa: Esta etapa debe su nombre al hecho de que comienzan a asomar a la vista los pétalos de las flores que se han desarrollado en el interior de las yemas, con un característico color rosa. Ello ocurre durante el llamado “desborre de yemas”, que es el hinchamiento de las mismas y la separación gradual de las escamas protectoras cuando la temperatura ambiental asciende lo suficiente.²⁶



Figura 7 “Botón Rosa” Fuente:

<https://www.larioja.org/agricultura/es/agricultura/fenologicos/fenologicos-almendro-9c486>

²⁶ Fuente: <https://www.maset.com/es/blog/el-desborre#:~:text=El%20desborre%20o%20brotaci%C3%B3n%20es,el%20comienzo%20de%20la%20primavera.>

Plena floración: es la etapa en la que la mayoría de las flores están abiertas. Para algunas especies, se considera plena floración al primer día en el que más del 50% de las flores están abiertas en al menos el 70% de las plantas. Para especies que toman la forma de árboles (caso de los almendros), la plena floración es el punto medio entre el primer día en que las flores abiertas son más abundantes y la caída de los pétalos.²⁷



Figura 8 “Plena Floración” Fuente:

<https://www.larioja.org/agricultura/es/agricultura/fenologicos/fenologicos-almendro-9c48b>

²⁷ Fuente: <https://www.oliveoilsource.com/olictionary/full-bloom>

Fruto recién cuajado: El cuajado es una fase de transición del ovario desde la flor a fruto en desarrollo, y tiene lugar a los pocos días de la apertura floral. El ovario inicia su desarrollo después de la polinización y la fecundación.²⁸



Figura 9 “Fruto recién cuajado 1” Fuente: <https://www.larioja.org/agricultura/es/agricultura/fenologicos/fenologicos-almendro-9c4a4>



Figura 10 “Fruto recién cuajado 2” Fuente: <https://bioterra.es/2021/02/25/la-floracion-del-almendro-al-detalle/>

²⁸ Fuente: <https://www.cultifort.com/cuajado-primera-fase-desarrollo-fruto/#:~:text=El%20cuajado%20es%20una%20fase,a%20trav%C3%A9s%20de%20la%20partenocarpia.>

Fruto en desarrollo: Desde el cuajado hasta la maduración, los frutos presentan cambios externos que son una manifestación de las variaciones internas que se están produciendo en la almendra.²⁹



Figura 11 “Fruto en desarrollo” Fuente:

<https://www.larioja.org/agricultura/es/agricultura/fenologicos/fenologicos-almendro-9c4a8>

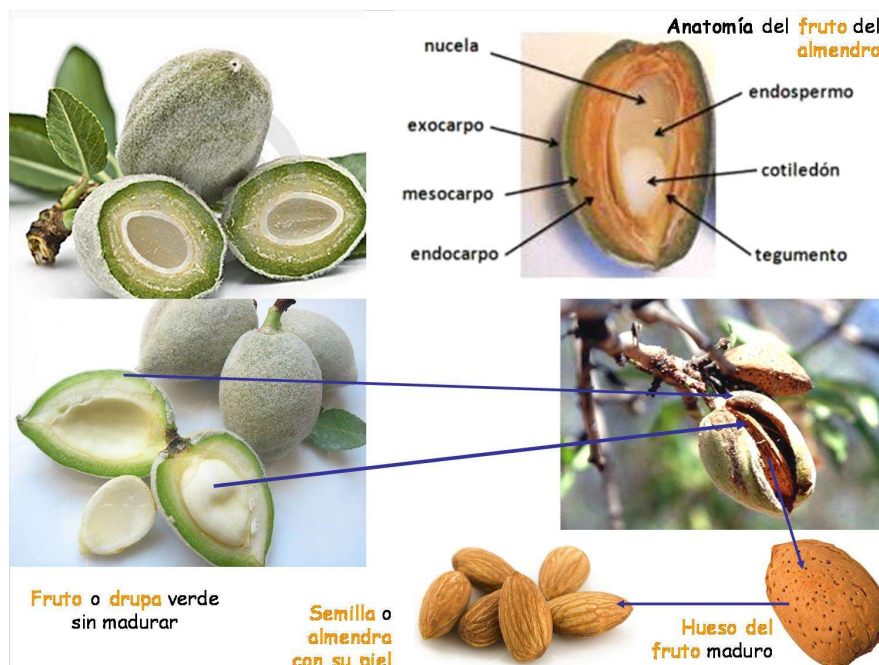


Figura 12 “Anatomía del fruto del almendro” Fuente:

<https://juanpacomarsilla.blogspot.com/>

²⁹ Fuente: <https://synergynuts.upct.es/almendro/fruto-cuajado-maduracion-almendro/>

El desarrollo del fruto concluye cuando alcanza su madurez y está listo para ser cosechado. El primer síntoma que puede apreciarse de la maduración es la apertura del mesocarpio (corteza verde) también conocido como dehiscencia, o lo que es lo mismo: la apertura de la «capota».³⁰

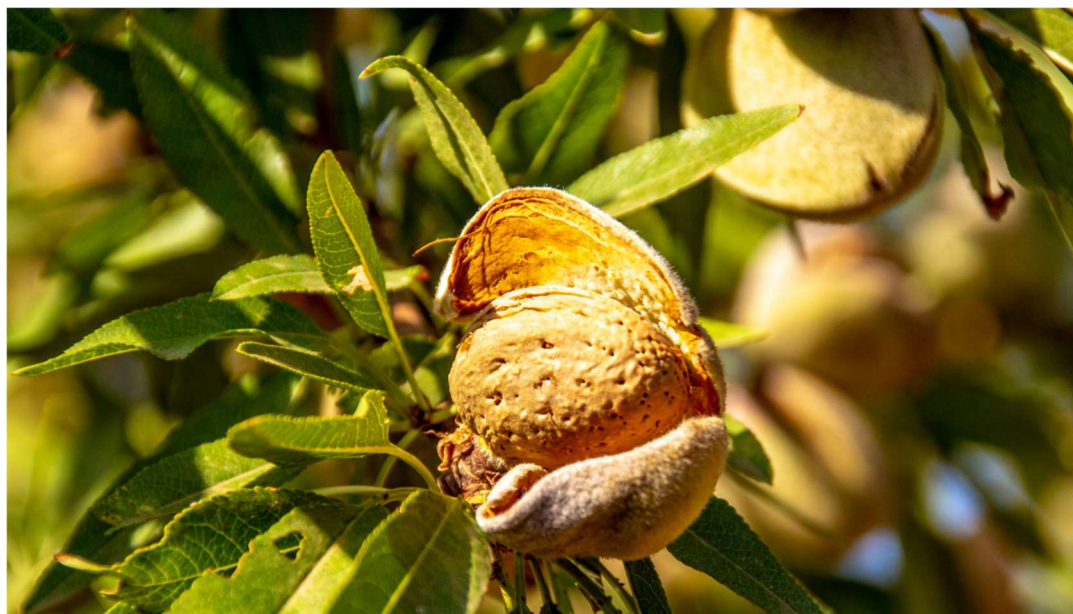


Figura 13 “Capota abierta 1” Fuente:

<https://almendraschirlata.com/almendras-chirlata-2022/>

En cuanto a la finalización de la maduración, es decir, el momento óptimo para cosechar, lo ideal es que el árbol retenga el fruto hasta la recolección pero que se desprenda sin dificultad, para que se dañe lo menos posible. La zona donde se encuentren los frutos en la copa dificultará definir el momento más adecuado para la recolección, ya que los frutos de la zona externa maduran antes que los de la parte interior.³¹

³⁰ Fuente: <https://synergynuts.upct.es/almendro/fruto-cuajado-maduracion-almendro/>

³¹ Fuente: <https://synergynuts.upct.es/almendro/fruto-cuajado-maduracion-almendro/>



Figura 14 “Capota abierta 2” Fuente: <https://agbaragriculture.com/primeros-resultados-de-recoleccion-de-almendra-en-espana-descensos-del-30-50-respecto-a-las-cifras-previstas/>

Temperaturas críticas según estado fenológico: El almendro es una de las especies frutales más resistentes al frío en el periodo de parada vegetativa invernal, pudiendo soportar temperaturas inferiores a los -15°C tratándose de supervivencia de la planta. En cuanto a las temperaturas que soportan las estructuras que darán origen a los frutos, se puede afirmar que las yemas en reposo pueden resistir temperaturas de -7°C y conforme se suceden los distintos estados fenológicos las temperaturas críticas van aumentando, siendo los frutos recién cuajado los órganos más sensibles a las heladas (-1°C), seguidos de las flores en plena floración (-2°C) y yemas hinchadas o botón rosa (-3°C).³²

³² Fuente: <https://www.cultifort.com/almendro-cultivo-material-vegetal-nutricion/#:~:text=El%20almendro%20es%20una%20de,las%20flores%20y%20yemas%20hinchadas.>

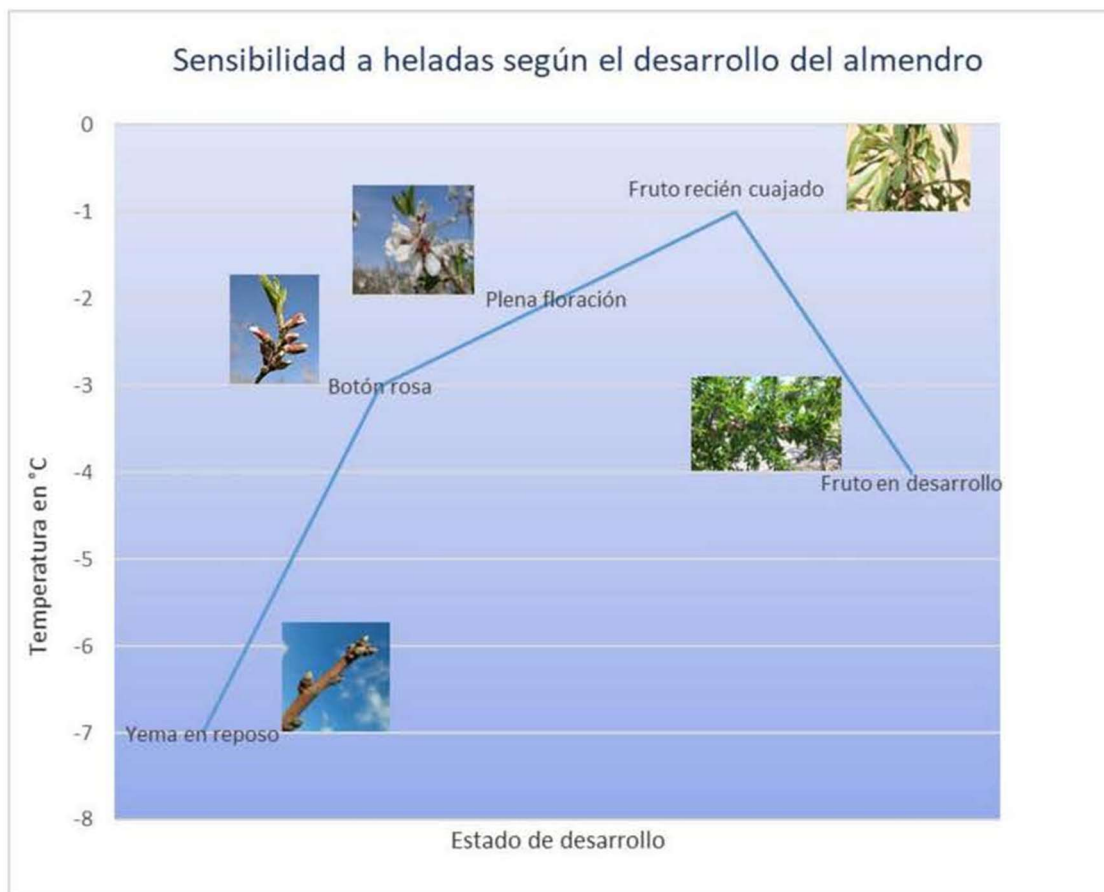


Figura 15 “Temperaturas críticas almendro según estado fenológico” Fuente: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-heladas_en_almendro_2016-2017_0.pdf

Capítulo III: Métodos de protección ante heladas

III.1 Clasificación

Las técnicas de protección contra heladas normalmente se dividen en métodos indirectos y directos o en métodos pasivos y activos. Los métodos pasivos son los que actúan en términos de prevención, normalmente para un periodo largo de tiempo y cuyas acciones son particularmente beneficiosas cuando se producen las condiciones de helada. Los métodos activos son temporales y requieren intensamente energía o trabajo, o ambos. Los métodos pasivos se relacionan con técnicas biológicas y ecológicas, e incluyen prácticas llevadas a cabo antes de las noches de helada para reducir el potencial de daño. Los métodos activos se basan en métodos físicos e intensivos desde el punto de vista energético. Requieren esfuerzo en el día previo o durante la noche de la helada. La protección activa incluye estufas, aspersores y máquinas de viento, que se usan durante la noche de helada para reemplazar las pérdidas de energía natural.³³

Si se observa la tabla a continuación, puede señalarse que, de tratarse de un caso como el del emprendimiento agrícola estudiado en este trabajo, es decir, un cultivo ya construido y en etapa de producción, con especies determinadas de plantas, deberá optarse por uno de los denominados métodos activos. Por otro lado, al encontrarse instalado en el lugar que nos ocupa, un sistema de riego compuesto por reservorio de agua y mecanismo de bombeo para riego por goteo, se concluyó que el método ideal para investigar y evaluar era la aspersion de agua sobre plantas, ya que, como se verá en los capítulos siguientes, implementado correctamente, supone uno de los métodos más sofisticados y efectivos para proteger los cultivos ante la congelación y, además, los costos de mantenimiento y operación (no así la inversión inicial que supone) son reducidos en comparación a los demás métodos activos.

³³ Fuente: <https://www.fao.org/4/y7223s/y7223s02.pdf>

Categorías y subcategorías para los métodos de protección contra heladas

CATEGORIA	SUB-CATEGORIA	METODOS DE PROTECCION
Pasiva	Biológica (evitación o resistencia)	Inducción de resistencia a la congelación sin modificar la genética de las plantas Tratamiento de las semillas con agroquímicos Selección de plantas y mejora genética Selección de especies por el momento de desarrollo fenológico Selección de fechas de plantación para cultivos anuales una vez la probabilidad de helada en primavera ha disminuido Reguladores del crecimiento y otras sustancias químicas
	Ecológica	Selección de emplazamiento para cultivar Modificación del paisaje y microclima Control del estado nutritivo Manejo del suelo Control de la cobertura del cultivo (malas hierbas) y otras coberturas
Activa	Coberturas y Radiación	Materiales orgánicos Coberturas con soporte Coberturas sin soporte
	Agua	Aspersores sobre las plantas Aspersores bajo las plantas Micro-aspersores Riego por superficie Niebla artificial
	Estufas	Combustible sólido Combustible líquido Propano
	Máquinas de viento	Horizontal Vertical Helicópteros
	Combinaciones	Ventiladores y estufas Ventiladores y agua

Figura 16 “Clasificación métodos de protección contra heladas” Fuente:

<https://www.fao.org/4/y7223s/y7223s02.pdf>

III.2 Aspersión de agua sobre plantas

III.2.1 Descripción y funcionamiento

Este sistema consiste en rociar agua sobre los árboles durante las horas de heladas. El agua se congela y libera calor latente, lo que ayuda a mantener una temperatura más alta alrededor de los tejidos vegetales y protege las flores y los órganos reproductivos del daño por congelación. Las ventajas de este sistema son su alta eficacia, aún ante heladas de advección, simplicidad y bajo costo operativo en comparación con otros sistemas. Sin embargo, es importante tener en cuenta que es necesario disponer de una fuente de agua suficiente y confiable en el momento adecuado.³⁴



Figura 17 “Hielo sobre ramas y flores” Fuente: <https://www.fumex.cl/control-de-heladas/>

A su vez, existen dos variantes de este método: el denominado “Cobertura total” diseñado para cubrir toda de la superficie de la finca cultivada,

³⁴ Fuente: <https://agbaragriculture.com/heladas-durante-la-floracion-del-almendro/>

cubriendo de agua todo lo emplazado allí. Este sistema cuenta con una serie de desventajas a tener en cuenta como un consumo de agua elevado, el riesgo de encharcamiento y escorrentías, una degradación de la estructura del suelo por erosión o inundación y, el lavado de nutrientes. Y el denominado “Aspersión localizada sobre el árbol”, diseñado para proteger únicamente las plantas, dejando las calles secas. La principal ventaja de este sistema es la reducción (del 30% al 70%) de la aplicación de agua en comparación con la aspersión de cobertura total sobre el cultivo. También cuenta con una serie de desventajas como un mayor riesgo de enfriamiento de las plantas por evaporación del hielo en caso de baja humedad (al producirse una saturación menor en el ambiente), y una eficiencia más limitada en condiciones de viento.³⁵



³⁵ Fuente: <https://www.agromillora.com/olint/el-riego-antihelada-por-aspersion-evito-perder-la-cosecha-de-almendro-en-las-heladas-de-primavera/>

Figura 18 “Aspersión de agua con cobertura total” Fuente:
<https://www.agromillora.com/olint/el-riego-antihelada-por-aspersion-evito-perder-la-cosecha-de-almendro-en-las-heladas-de-primavera/>

Avanzaremos ahora con la descripción de los elementos que componen el sistema de aspersión. Encontramos, primeramente, una fuente de agua que generalmente es un reservorio artificial, es decir, una excavación impermeabilizada que contiene el agua abastecida por la red de riego (contar con esta infraestructura es crucial para la implementación de esta tecnología ya que permite conocer de antemano de cuánta agua se dispone y, por lo tanto, durante cuánto tiempo podrá mantenerse el flujo de agua sobre las plantas, dado un caudal determinado). Luego, una estación de filtrado asegura que no ingresen a los estrechos conductos de aspersión impurezas que puedan afectar el suministro de agua. Una bomba centrífuga permite succionar el agua fuera del reservorio, hacerla circular por los filtros y empujarla hacia la red de mangueras con destino a los aspersores. Estos últimos, en el caso estudiado, ubicados uno sobre cada planta, dosifican el agua según la presión generada por la bomba y la apertura de sus boquillas.

III.2.2 Fenómeno físico

Cuando el agua se congela libera calor a su entorno. Para cualquier sustancia o material, un estado sólido siempre se encuentra en un nivel de energía más bajo, ya que el movimiento (energía) de sus partículas es menor. Como ejemplo podemos mencionar que mover el agua de un estado líquido a un estado gaseoso significa elevarla a un nivel de energía más alto, por lo que se requiere el uso de energía (aplicación de calor). Lo mismo ocurre al revés. La transición del agua de estado líquido a sólido significa reducir el nivel de energía. El exceso de energía que se libera se irradia al medio ambiente en forma de calor, este es el concepto de “calor latente”. Se ha establecido que 1 gramo de agua líquida contiene calor latente equivalente a 80 calorías, es decir que para pasar de estado líquido a sólido

debe “desprenderse” de esas 80 calorías, cediéndolas a su entorno.³⁶ Se puede agregar a este concepto que las 80 calorías mencionadas se calculan, según se observa en la imagen siguiente, con el agua líquida enfriada a cerca de 0° (el enfriamiento desde el punto de ebullición hasta el punto de congelación libera 100 calorías por gramo de agua), por lo que a las 80 calorías liberadas para lograr el congelamiento del agua se deben sumar las necesarias para enfriar el agua líquida usada hasta los 0°.

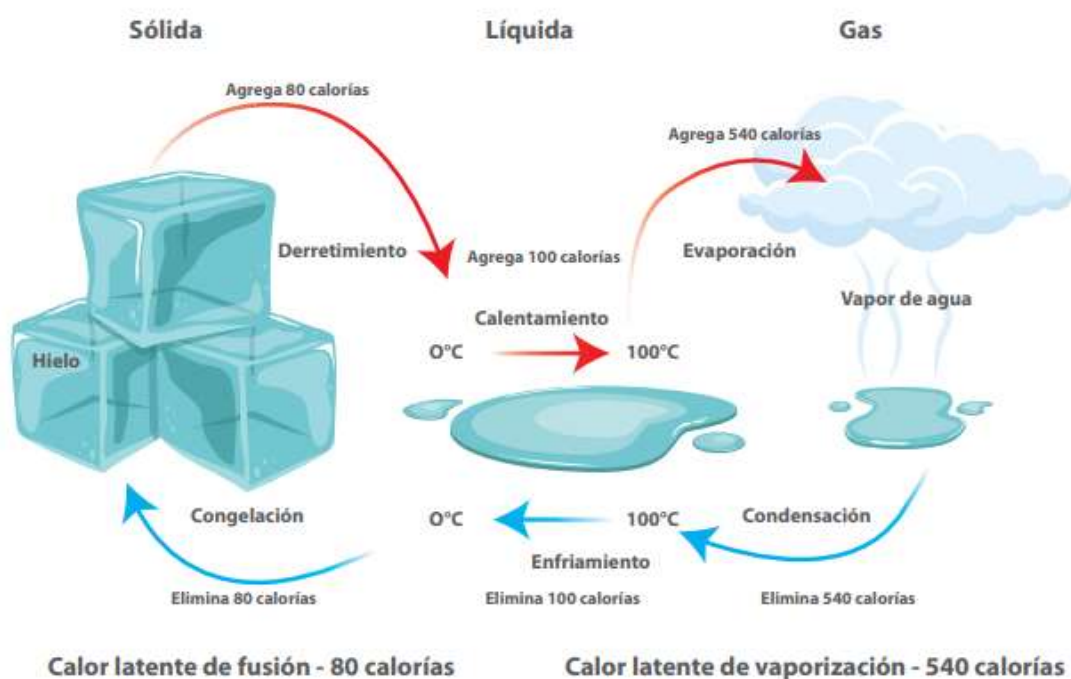


Figura 19 “Estados del agua” Fuente:

https://www.rivulis.com/solutionfiles/frost-protection/RIV_Frost-Protection_Spanish_LATAM_20240325_Web.pdf?_gl=1*8mhfan*_gcl_au*Nzg5ODY5ODc0LjE3MjYwNzY1NjM_

³⁶ Fuente: <https://sanfernandocollege.cl/wp-content/uploads/2020/05/Guia-6-termodinamica-Cuarto-medio.pdf>

III.2.3 Puesta en marcha, observaciones durante el funcionamiento, apagado

Para decidir la puesta en marcha del sistema es necesario conocer un fenómeno que se da por interacción del agua con el ambiente. Ocurre que el agua difundida inicialmente contribuirá a saturar el aire con agua (vapor) y a bajar la temperatura de las plantas hasta la llamada “temperatura de bulbo húmedo”. La pulverización posterior a ello es la que permitirá mantener la temperatura de las plantas oscilando en un rango de pocas décimas de grado, cerca de 0°C. Se entiende por temperatura de bulbo húmedo a la temperatura medida por un termómetro de mercurio cuyo bulbo se cubre con un paño empapado en agua a través del cual pasa una corriente de aire. La corriente de aire hace que el agua de la tela se evapore, enfriando el aire que rodea al bulbo. Por eso la temperatura de bulbo húmedo es siempre inferior a la temperatura de bulbo seco. Todo esto explica el motivo por el cual debe usarse este tipo de termómetros en campo para tomar la decisión de poner en marcha el sistema.³⁷

³⁷ Fuente: <https://faq.sencrop.com/es/articles/4323187-que-es-la-temperatura-humeda-que-interes-suscita-su-medicion>

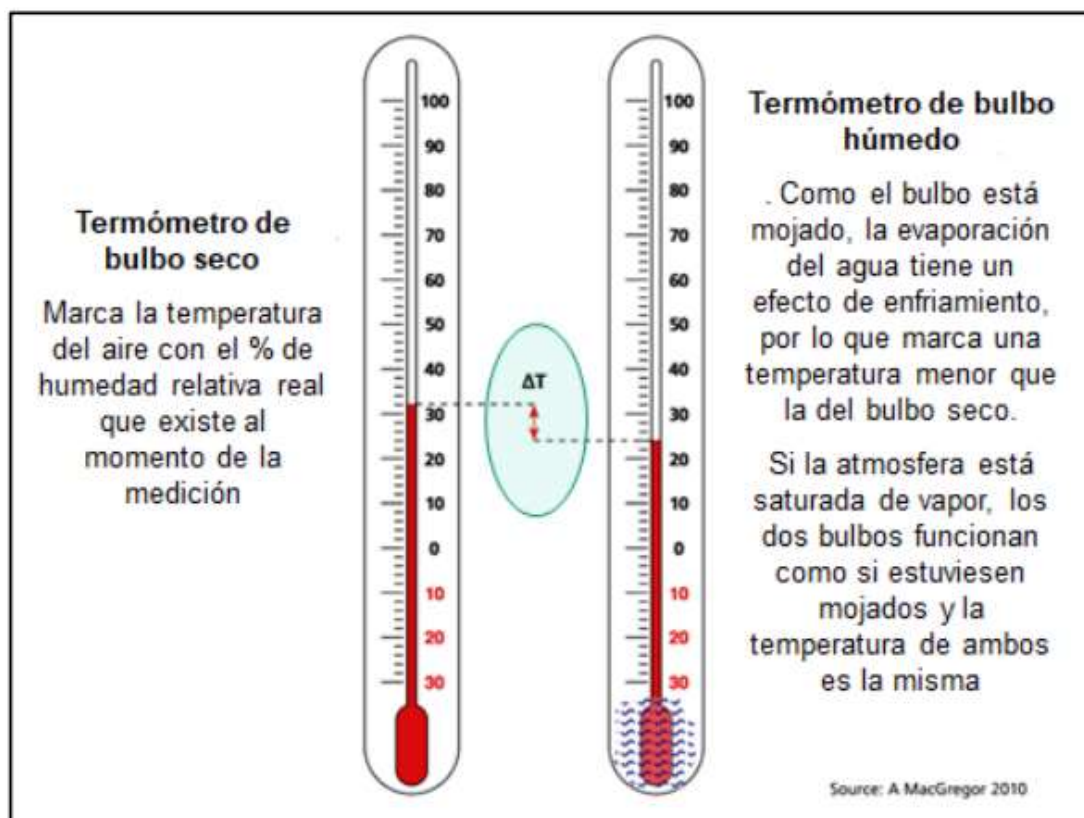


Figura 20 “Termómetros de bulbo seco y húmedo” Fuente:

https://aws.agroconsultasonline.com.ar/documento.html?op=d&documento_id=1135

En conclusión, la temperatura de bulbo húmedo en la que se pondrá en marcha el sistema dependerá entonces del estado fenológico que transite el cultivo al momento de la helada, las condiciones climáticas particulares del momento y del riesgo que esté dispuesto a tomar el productor considerando problemáticas asociadas tales como el encharcamiento, lavado de nutrientes, agua disponible y costos.³⁸ Como regla general, Cuando el descenso térmico es brusco, con caídas del orden de 2° c/hora o aún más pronunciadas, se deberá poner en marcha con 1° C por encima de la temperatura crítica de daño. Este brusco descenso térmico se produce generalmente cuando calma el viento, luego de un periodo persistente de uno o varios días con viento frío. Si el descenso térmico es lento, con caídas de temperatura del orden de 1° C /hora o inferiores, se pone en marcha

³⁸ Fuente: <https://www.fao.org/4/y7223s/y7223s06.pdf>

cuando se llega a la temperatura de daño indicada para el estado fenológico. Por otro lado, el viento constituye otro factor a observar antes de tomar la decisión de iniciar el riego. Es necesario verificar que haya "calma" o que la brisa sea muy suave, es decir, inferior a 1 m/seg (3.6Km/h). Si la observación del viento muestra una tendencia al incremento de la velocidad, no se debe comenzar a regar, aunque se haya llegado a la temperatura de daño del vegetal, ya que el hielo se evaporará, enfriando las plantas.³⁹

Una vez funcionando el sistema es prudente realizar una serie de observaciones y tener en cuenta algunos aspectos para maximizar la eficiencia de la protección. Un termómetro común, instalado dentro del monte frutal, sobre cuyo bulbo caerá agua de los aspersores y se formará también hielo, indicará la misma temperatura que las plantas durante el funcionamiento. En caso de una interrupción obligada del equipo durante la noche, este termómetro mostrará el descenso térmico que se producirá en las plantas, al interrumpirse el aporte de agua líquida. El hielo ya formado sobre las plantas comenzará a sublimarse, es decir, a pasar del estado de hielo al de vapor de agua provocando un rápido enfriamiento. El tiempo que puede permanecer el equipo sin funcionar, sin que se produzcan daños, dependerá de la temperatura y la humedad atmosférica en el área sin aspersión.

Por otro lado, durante el funcionamiento, deben constatarse gotas de agua en el extremo inferior de las velas de hielo. Esto indica que sobra agua en ese momento de la noche y que la temperatura por lo tanto es cercana a 0° C.

Además, si se produce brisa durante el funcionamiento (lo que favorece la sublimación) la única posibilidad para contrarrestar el rápido enfriamiento es elevar la presión de trabajo para aumentar el volumen de agua.⁴⁰

Por último, es conveniente analizar cuándo es seguro detener el suministro de agua. Para ello, al amanecer, se debe comenzar a observar el aumento

³⁹ Fuente: Revista "Fruticultura y diversificación" Año 11, Nº 45

⁴⁰ Fuente: Revista "Fruticultura y diversificación" Año 11, Nº 45

de la temperatura del termómetro húmedo en el área testigo, fuera del monte frutal. En días normales con sol, el aumento térmico es sostenido a partir del amanecer. En general es superior a 2° C por hora. Se puede finalizar el riego cuando se llega a la misma temperatura que se utilizó para la puesta en marcha. No es necesario esperar a que se derrita todo el hielo formado sobre la planta para apagar el equipo ya que los rayos solares atraviesan el hielo y calientan directamente la planta. Prueba de esto es que las vainas que recubren las ramas, flores etc. se licúan o "funden" desde el interior del hielo que está en contacto con las ramas. El viento o las brisas son los factores que condicionan el apagado del equipo. Si hay brisas, no se puede apagar el equipo. Este fenómeno se pone de manifiesto por el descenso de la temperatura en el termómetro húmedo. No se debe basar el manejo de los equipos propios en el proceder de los vecinos, porque las condiciones micro climáticas de las chacras o cuadros son distintas.⁴¹

III.2.4 Pluviometría

En climatología se entiende por pluviometría a la medición de la precipitación de lluvia, su valor indica el espesor de la lámina de agua que se formaría sobre una superficie horizontal durante un periodo de observación si nada de esta lámina de agua se escurriese, evaporase o infiltrase. El espesor de una lámina de agua de 1 mm equivale a una cantidad de líquido igual a 1 litro sobre 1 m² de superficie.⁴²

En el caso que nos ocupa, el término "pluviometría" hace referencia a la cantidad de agua que hay que aplicar por hora sobre el cultivo para que la protección ante la helada sea efectiva teniendo en cuenta diversos factores que en última instancia son los que determinan las necesidades de energía a ser aportada. En primer lugar, debemos tener en cuenta que las pérdidas de energía que se producen en un ambiente vegetal, en las plantas y en el suelo, son proporcionales a sus temperaturas. En noches claras, cuando la

⁴¹ Fuente: Revista "Fruticultura y diversificación" Año 11, Nº 45

⁴² Fuente: <https://www.graf.info/es-es/depositos-soterrados/como-recuperar-agua-de-lluvia/lexico/pluviometria.html#:~:text=La%20pluviometr%C3%ADa%20indica%20el%20espesor,se%20escurriese%2C%20evaporase%20o%20infiltrase.>

temperatura es de 0° C, las pérdidas energéticas se calculan de manera estándar en un valor de 900.000 Kcal/ha/hora. Son las **necesidades calóricas por radiación**. Cuando se protege un área con métodos activos de defensa (en este caso mediante aspersión de agua sobre plantas), se produce una diferencia de temperatura entre la zona defendida que se mantiene más caliente y las áreas adyacentes sin defensa con menor temperatura. En este caso es necesario incrementar los aportes en calorías de la zona protegida a medida que se intensifiquen las diferencias de temperatura $\Delta t^{\circ}\text{C}$ entre ambas áreas. Estas son las **necesidades calóricas por convección**.⁴³

PÉRDIDAS POR CONVECCIÓN (Kcal /ha/h)							
Higrometría: 100 % HR							
$\Delta T^{\circ}\text{C}$	1	2	3	4	5	6	7
Viento (m/seg)							
0	16.000	32.000	48.000	96.000	120.000	160.000	200.000
1	345.600	691.200	1.036.800	1.382.400	1.728.000	2.073.600	2.419.200
2	691.200	1.382.400	2.073.600	2.764.800	3.456.000	4.147.200	4.838.400

Figura 21 “Necesidades calóricas por convección” Fuente: Revista “Fruticultura y diversificación” Año 11, Nº 45

Además, en el caso de riego por aspersión, también debe considerarse la energía complementaria necesaria para saturar la atmósfera por el **déficit de humedad**.

COMPENSACIÓN POR DÉFICIT DE HUMEDAD (Kcal /ha/h)			
Higrometría: HR %			
Viento (m/seg.)	90 %	80 %	70 %
0	1.672	3.344	5.434
1	63.536	127.490	191.026
2	127.490	254.980	382.052

⁴³ Fuente: Revista “Fruticultura y diversificación” Año 11, Nº 45

Figura 22 “Necesidades calóricas por compensación déficit de humedad”

Fuente: Revista “Fruticultura y diversificación” Año 11, Nº 45

Ejemplo: Para el caso de riego por aspersión, para una temperatura de 4° C (diferencia entre temperatura del equipo y testigo), una brisa de 1m/seg y una HR del 80%	
Energía de radiación:	900.000 kcal/ha/h
(Cuadro 1) Energía de convección:	1382000 kcal/ha/h
(Cuadro 2) Energía de déficit de humedad:	127490 kcal/ha/h
	TOTAL: 2409490 kcal/ha/h
Es necesario aportar una lámina de agua de 3 mm/hora para compensar la pérdida energética total.	

Figura 23 “Necesidades calóricas. Ejemplo” Fuente: Revista “Fruticultura y diversificación” Año 11, Nº 45

En línea con lo consultado en otras fuentes que no vale la pena citar, pero que sugieren una pluviometría de entre 2,5 y 3,5 mm/h para la superficie que se intenta proteger, se encuentra este esquema de variables propuesto en el ejemplo anterior, publicado en 2011 en la revista referida, que sugiere 3 mm/h para una combinación de factores que, según surge de la entrevista con el Sr. Leonardo Evaristo Lloret anexada, sería considerada severa y excepcional para el cultivo modelo ya que, por un lado, es muy extraño registrar temperaturas menores a -2° en fechas críticas y por otro, según observaciones efectuadas en el lugar, la más mínima brisa impide que las temperaturas desciendan al punto de congelación, lo que coincide con lo expuesto en el apartado de clasificación de heladas según su origen para heladas radiativas, ya que el viento impide que se produzca la llamada “inversión térmica”.

Considero oportuno en este punto realizar comprobaciones que permitan asegurar que los datos obtenidos de las distintas fuentes son coherentes entre sí y que la comprensión de la información es adecuada. Sabemos, por distintas fuentes, lo siguiente:

- Que 1 mm de precipitación equivale a 1 litro de agua en 1m²
- Que 1 litro de agua pesa 1kg ⁴⁴
- Que 1 gramo de agua aporta 80 calorías
- Que se necesitan aproximadamente **2.400.000 kilo-calorías** por hectárea por hora para proteger cultivos ante heladas severas (cobertura total)
- Que 1 hectárea equivale a 10.000m²

Entonces:

- Se necesitan 30.000 litros o kgs de agua por hectárea por hora (1mm x 10.000m² x 3) para lograr 3mm de precipitación (cobertura total).
- 30.000 kgrs de agua contienen 2.400.000.000 calorías (80cal x 30.000.000 gramos de agua) lo que equivale a **2.400.000 kilo-calorías.**

Ahora podemos reemplazar en el ejemplo la variable de 4 grados a cubrir desde 0° por los 2 grados de extremo mínimo observado frecuentemente por el Sr. Leonardo Evaristo Lloret, lo que arroja el siguiente resultado:

$$900.000 + 691.200 + 127.490 = 1.718.690 \text{ kcal/ha/h}$$

Lo que, aplicando regla de 3 da un resultado de 2,14 mm/ha/h (cobertura total)

Como puede deducirse, el concepto de pluviometría y el resultado de aproximadamente 2mm/hora (2 litros de agua por metro cuadrado / hora) obtenido en el ejemplo planteado cobran gran importancia para el análisis en desarrollo ya que una vez que se establezcan en el capítulo siguiente ciertas variables gozaremos de elementos de juicio cruciales para definir si el proyecto es factible desde el punto de vista técnico.

⁴⁴ Fuente: <https://www.smartick.es/blog/matematicas/medidas-y-datos/medidas-de-capacidad-medidas-de-masa/#:~:text=La%20relaci%C3%B3n%20entre%20masa%20y,masa%20justo%20de%201%20kilogramo.>

Capítulo IV: Provincia de San Juan: clima, datos históricos y cultivo modelo

IV.1 Descripción del clima de la Provincia de San Juan

La provincia de San Juan está incluida en la gran Diagonal Árida Sudamericana, que se prolonga desde el norte del Perú (5° latitud sur) hasta el estrecho de Magallanes (52° latitud sur) abarcando la mayor parte del oeste argentino, a sotavento de la Cordillera de Los Andes. El denominado grupo climático “Árido de Sierras y Campos” es el que predomina en el espacio sanjuanino. Cubre una extensión que alcanza el 89,3% del territorio centro-este de la provincia e incluye los principales centros poblacionales u oasis como el valle del Tulum, Jáchal, Ullum-Zonda. Iglesia-Rodeo y Calingasta-Barreal. En este tipo de clima la evaporación excede la precipitación media anual, es decir que existe una marcada deficiencia hídrica, en consecuencia, no hay cursos permanentes alimentados por precipitaciones pluviales, sino que son típicos los arroyos temporarios en la región. Las precipitaciones pluviales se concentran en el verano, preferentemente. Los ríos más importantes y caudalosos de la provincia, el San Juan y el Jáchal, son alimentados por procesos nivo-glaciales de cordillera.

A su vez, a lo largo del año ocurren en la provincia eventos climáticos significativos que se repiten cada año en un porcentaje alto, mayor al 70% de probabilidad de ocurrencia. Entre ellos se destaca el enfriamiento de fines de abril y principios de mayo, el calentamiento de fines de junio o principios de julio, conocido popularmente como “el veranito de San Juan”, la tormenta de “Santa Rosa” en fechas cercanas al 30 de agosto, el período inestable húmedo y frío de mediados de setiembre, los días ventosos de octubre, la ola de calor de Navidad y Año Nuevo y el enfriamiento de Reyes.⁴⁵ También en cuanto a heladas el clima de la provincia presenta características que se repiten año tras año con un porcentaje alto de probabilidad de ocurrencia, como se graficará en páginas siguientes.

⁴⁵ Fuente: <https://www.mendoza-conicet.gob.ar/ladyot/catalogo/cdandes/cap10.htm#inhalt>



Figura 24 “Distribución climas Argentina” Fuente:

[http://contenidosdigitales.ulp.edu.ar/exe/geografia de san luis/el clima de san_luis.html](http://contenidosdigitales.ulp.edu.ar/exe/geografia_de_san_luis/el_clima_de_san_luis.html)

En cuanto a temperaturas, teniendo en cuenta datos de la estación meteorológica situada en el Aeropuerto Internacional Domingo Faustino Sarmiento, las medias de máximas y mínimas mensuales, desde 1991 hasta 2020 fueron las expuestas en el gráfico siguiente:

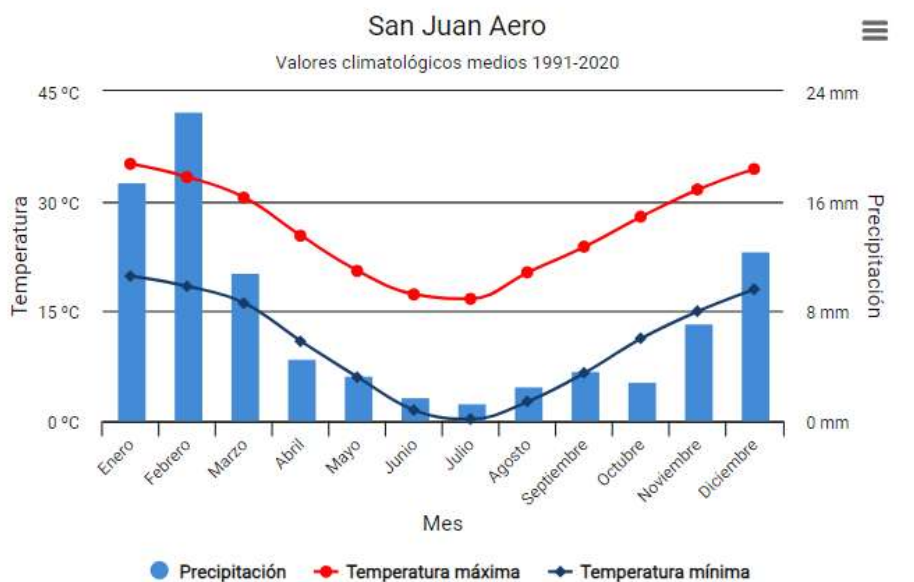


Figura 25 “Valores medios de temperatura y precipitación 1991-2020, estación San Juan AERO” Fuente:

https://www.smn.gov.ar/estadisticas#collapse1526668780_0

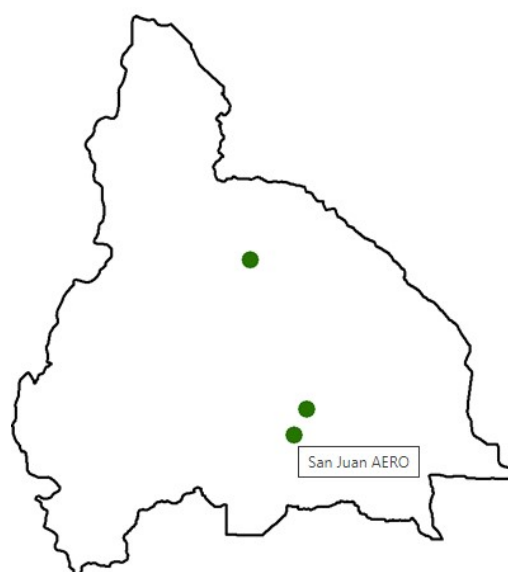


Figura 26 “Ubicación estación meteorológica San Juan AERO” Fuente:

https://heladas.agro.uba.ar/sanjuan_3.htm

IV.2 Características y frecuencia de heladas en la Provincia

Como resultado del análisis de los conceptos plasmados en los capítulos anteriores y de los datos obtenidos en la entrevista con el Sr. Leonardo Evaristo Lloret (anexada al final de este trabajo), podemos concluir que las heladas que tienen lugar en las áreas agrícolas de la Provincia son del tipo “Radiativas” o “de Radiación”, ocurren en horario nocturno y se extienden como máximo hasta la aparición de los primeros rayos solares, su duración se reduce a unas cuantas horas (no se extienden durante días) y las temperaturas que se registran rara vez son inferiores a -3° . Por otro lado, suelen producirse en completa calma, con cielos despejados y sin viento. No se observan en la provincia eventos del tipo “advectivo”.

En cuanto a la frecuencia y fechas de ocurrencia, se cuenta con información detallada de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires (FAUBA) que recopila datos de las distintas estaciones meteorológicas instaladas en la provincia. Tomaremos como referencia, nuevamente, la estación del Aeropuerto Internacional Domingo Faustino Sarmiento, según la cual, evaluando datos obtenidos durante el período 1967-2012, los episodios de helada comienzan a ocurrir a principios de mayo y se extienden hasta mediados de septiembre, con una media de 144 días al año en que se observan temperaturas iguales o inferiores a 3° (recordar concepto de helada Agrometeorológica), siendo el valor medio de la temperatura mínima registrada en cada año de $-6,1^{\circ}$. Por otro lado, como puede observarse en los gráficos a continuación, la probabilidad diaria de registrarse temperaturas iguales o inferiores a 3° grados entre el 1 de Junio y el 31 de Agosto es cercana al 100% (lo que no implica que se alcancen temperaturas dañinas para el cultivo).

Heladas Agrometeorológicas (3 °C)

San Juan AERO		Período analizado: 1967 - 2012			
	FPH	FUH	PER	Tabs	FH
Valores medios	2-may	22-sep	144	-6,1	79
Desvío estándar	14	16	23	1,6	12
Valores con probabilidad (20 %):	21-abr	11-oct	174	-7,5	89
Extremos	31-mar	9-nov	219	-9,2	109
Año de ocurrencia de los extremos	1977	1979	1979	1967	1971
Nº de años utilizados	46	45	45	46	46
Nº de años sin heladas	0	0	0	0	0

FPH = Fecha de primera helada
FUH = Fecha de última helada
PER = Período con heladas
Tabs = Temperatura mínima absoluta anual
FH = Frecuencia de días con heladas anuales

Figura 27 “Datos estadísticos Estación San Juan AERO 1967-2012” Fuente:

https://heladas.agro.uba.ar/sanjuan_aero_3.htm

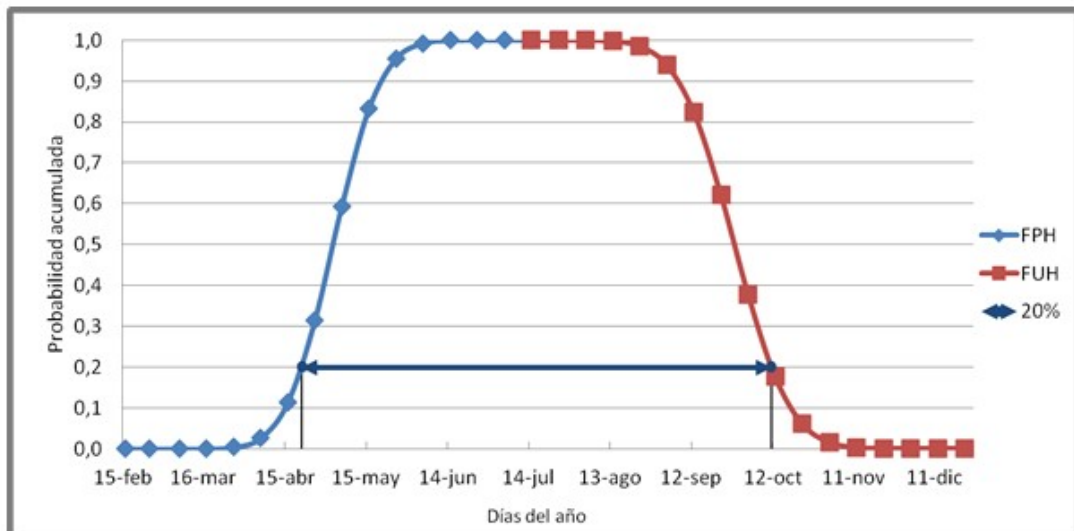


Figura 28 “Probabilidad acumulada temperaturas 3°” Fuente:

https://heladas.agro.uba.ar/sanjuan_aero_3.htm

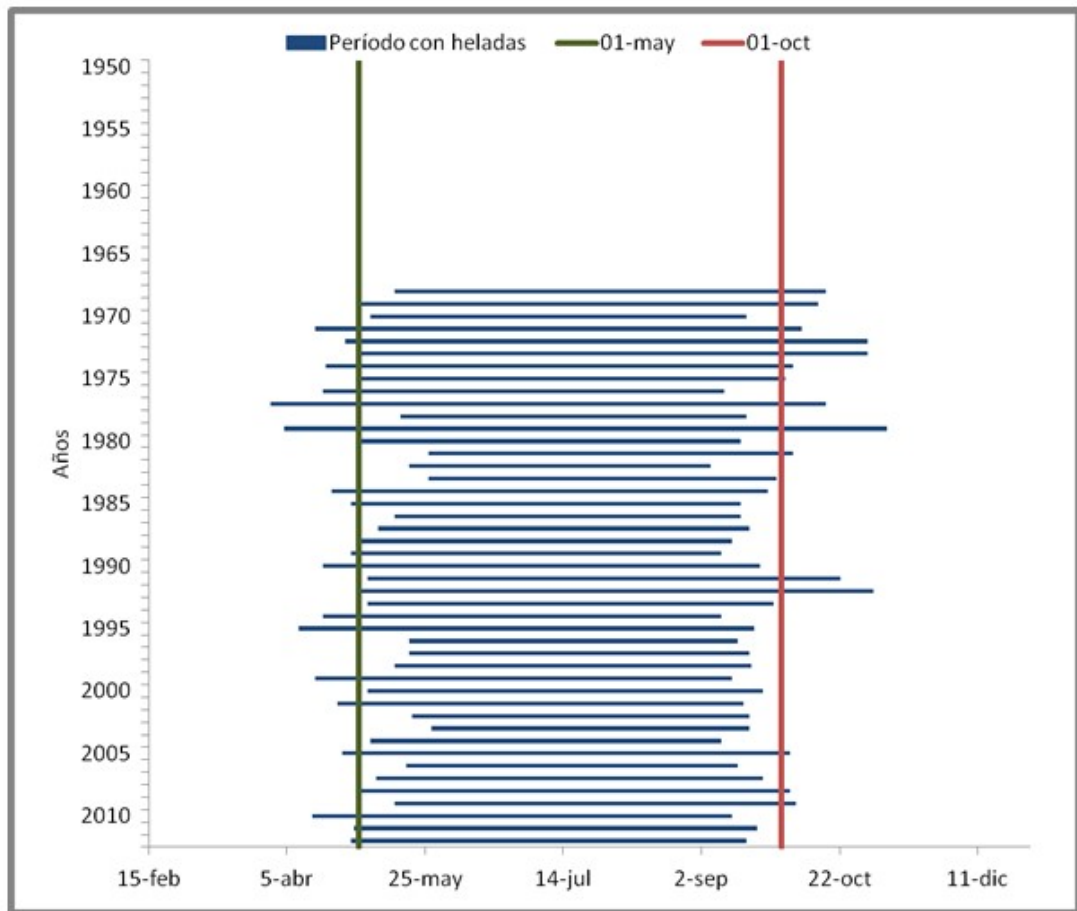


Figura 29 “Evolución temporal de períodos con heladas 1967-2012” Fuente: https://heladas.agro.uba.ar/sanjuan_aero_3.htm

IV.3 Descripción y datos estadísticos del cultivo modelo

El cultivo que es objeto de análisis se encuentra ubicado en el departamento Pocito, dentro de la localidad conocida como Quinto Cuartel, a la altura de calle 9, sector oeste de lo que es esa zona de cultivos, a unos 4.500 metros del pie de la Sierra Chica de Zonda, formación montañosa que divide los departamentos de Zonda y Pocito. La zona mencionada es considerada elevada ya que la altura desciende a medida que se avanza hacia el Este, lo que constituye una característica que puede encuadrarse dentro de los métodos pasivos de defensa ante heladas (selección de emplazamiento para cultivar), dato no menor a la hora de evaluar las condiciones climáticas que deberán enfrentarse ya que en promedio se registran en este lugar

temperaturas 1° más elevadas durante los eventos de helada respecto a zonas más bajas.

El emprendimiento, donde solamente se producen almendras, cuenta con un área cultivada de poco menos de 4 hectáreas en las que se encuentran ubicadas 10 filas de almendros con 136 plantas cada una (1360 plantas) y 680 metros de largo. La separación entre plantas es de 5 metros en ambos sentidos.

El cultivo cuenta con un sistema de riego por goteo compuesto por un reservorio impermeabilizado, filtros adecuados, bombas centrífugas, una red de caños subterráneos que abarca toda la finca y mangueras con goteros al ras del suelo, abastecidas por la red subterránea, que llegan a cada planta.

El cultivo se encuentra en etapa de plena producción (lo que demanda alrededor de 5 años desde que los plantines de almendras son colocados) y goza de todos los cuidados necesarios para encontrarse en buen estado de salud. Tareas como poda, aplicación de fertilizantes, control de plagas, injerto de plantas defectuosas y desmalezado son llevadas a cabo en tiempo y forma según asesoramiento de profesionales.

En cuanto a la capacidad productiva teórica del emprendimiento, en condiciones climáticas favorables y teniendo en cuenta los cuidados y salud de las plantas, sería razonable obtener tres mil quinientos (3.500) kilogramos de producto neto por campaña, número que dista mucho de los magros aproximados mil (1.000) kilogramos de promedio obtenidos anualmente.

Los estados fenológicos críticos, en los que el cultivo puede sufrir daños por congelación, mencionados en capítulos anteriores, no ocurren de forma uniforme en todo el emprendimiento sino que van ocurriendo en tandas incluso en una misma planta, por lo que en cuanto a fechas se refiere es conveniente establecer un período crítico que comienza cerca del 10 de Agosto, con la apertura de las primeras yemas, y finaliza cerca del 20 de Septiembre, cuando el tamaño de los frutos menos desarrollados y los registros de heladas permiten suponer que no volverán a sufrirse temperaturas perjudiciales.

Mediante el registro de heladas llevado a cabo en el lugar a lo largo de los años se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- Todos los años sin excepción se registran temperaturas perjudiciales durante las fechas establecidas.
- La temperatura mínima que es razonable esperar durante estas fechas es de -2° , temperaturas menores son extremadamente inusuales.
- Es altamente probable que un evento climático perjudicial se extienda por varias horas, estableciéndose en 5 horas la duración límite que es razonable esperar.
- Es común que ocurran heladas en noches consecutivas, siendo 3 noches seguidas un valor pesimista, aunque observado en varias oportunidades.

Todos estos datos serán de gran importancia a la hora de definir el diseño del sistema que podría implementarse.

IV.4 Análisis de infraestructura existente y adaptabilidad del sistema

En primera instancia conviene mencionar que sin lugar a dudas puede utilizarse el agua contenida en el reservorio para ser bombeada al ritmo que permiten las bombas instaladas en el lugar con el objetivo que sea, en este caso para alimentar aspersores sobre las plantas. La dificultad del caso radica en que en principio la infraestructura existente, pensada como un sistema de riego por goteo, no puede ser modificada con facilidad ya que la misma fue concebida como un todo en su conjunto. Tanto el reservorio como las cañerías y las bombas instaladas dependen en sus características unos de otros y modificar un elemento implicaría adaptar los demás, lo que significaría incurrir en costos elevados y cuya evaluación excede los objetivos de este trabajo. Partiremos entonces del supuesto de que el diseño del sistema de protección ante heladas no será el óptimo sino el que permita cubrir la mayor área posible con los recursos disponibles, a saber:

- Reservorio de agua con capacidad para 1 millón de litros, que es el caudal asignado a la parcela en su turno de riego, el mismo se renueva cada 3 días.

-Filtro de agua apto para goteros de riego, lo que permite deducir que el agua circulante es apta también para el sistema bajo análisis ya que los aspersores requieren menor pureza que los goteros mencionados.

-2 Bombas centrífugas que entregan en su conjunto una capacidad de 45.000 litros por hora. Conviene mencionar aquí que dicha capacidad es distribuida de manera casi directa entre los aspersores según su propia capacidad. Ej: se podrían alimentar 900 aspersores de 50 l/h de capacidad.

Otro punto destacable es que el agua deberá ser elevada a mangueras que estarán suspendidas a unos 4 ó 5 metros de altura. La clave es que ello no constituye un problema ya que si bien la altura forma parte del cálculo que se realiza para determinar la potencia de la bomba centrífuga adecuada el verdadero desafío para la estación de bombeo de un sistema de riego es empujar el agua por las grandes distancias horizontales de un cultivo.

IV.5 Diseño del sistema para el cultivo modelo

El diseño del sistema está condicionado por el caudal de agua suministrado por las bombas centrífugas del sistema de riego instalado, el cual sabemos que es de 45.000 litros por hora. Habiendo establecido que será necesaria una precipitación de al menos 2 milímetros por hora para cubrir heladas de una intensidad observada frecuentemente se puede establecer de antemano que no será viable realizar una cobertura total del cultivo. Deberá optarse entonces por la aspersión de agua localizada sobre cada planta para evitar el desperdicio de agua que supondría mojar los callejones y espacios entre plantas. En este sentido se conoce, por la separación entre plantas, que el diámetro de la circunferencia que ocupa una planta con sus ramas desplegadas en todas direcciones es de 5 metros, por lo que el área que ocupa una planta es la siguiente:

$$\text{Área de la circunferencia} = \pi r^2 = 3,1416 \times 2,50^2 = 19,64\text{m}^2$$

Habiendo realizado una investigación acerca de los aspersores disponibles en el mercado, el que mejor se adecúa a las necesidades planteadas es el modelo "Rivulis/Naandanjain Hadar 7110" en su variante de 50 litros por

hora, el cual, colocado a la altura adecuada, provocará una precipitación de 2,55mm/h en el área mencionada (50 lts/h sobre 19,64m² – recordemos que 1mm de precipitación equivale a 1 litro en 1 m²).



Figura 30 “Aspersor Rivulis Hadar 7110” Fuente:

https://www.rivulis.com/products/sprinklers-jets/hadar-7110/Rivulis_Hadar7110_Spanish_10042024_Web.pdf?_gl=1*fuezoe*_gcl_a_u*Nzg5ODY5ODc0LjE3MjYwNzY1NjM.

Habiendo definido el caudal que insumirá cada aspersor (uno por planta), queda establecida la cantidad que puede ser instalada, la cual asciende a 900, lo que supone proteger contra heladas el 66,18% del total de plantas existentes. Los aspersores serán dispuestos cubriendo 6 filas completas de plantas (136 plantas cada fila) y 84 plantas de una séptima fila. Serán alimentados por una manguera negra de riego de ½ pulgada de diámetro que estará sujeta a una línea de cable galvanizado de alta resistencia (nº 14). El peso del cable, la manguera, los aspersores y el agua circulante será soportado por 3 postes de madera tratada de 25cm de diámetro (uno en cada extremo de las filas y uno al medio más postes adicionales de 12 cm de diámetro emplazados cada 60 metros. Llaves colocadas en las

mangueras que actualmente se utilizan para riego, a las cuales se acoplarán las mangueras verticales que elevarán el agua, servirán para desviar el agua bombeada hacia una u otra red de circulación.

De todo lo descrito se desprende que el sistema está compuesto por:

-900 aspersores Rivulis Hadar 7110 de 50 litros/hora.

-4.800 metros de manguera negra para riego de ½ pulgada (900 x 5 metros separación entre plantas más subidas).

-5.000 metros de alambre galvanizado nº 14 de alta resistencia (se estiman 500 metros adicionales para tensores, nudos, etc).

-21 postes de madera tratada de 25 cm de diámetro (3 postes x 7 filas de plantas).

-75 postes de madera tratada de 12 cm de diámetro (900 metros / 60 metros).

-Accesorios: llaves de paso, cinta adhesiva, herramientas, etc.

-Mano de obra.

Capítulo V: Evaluación financiera

V.1 Conceptualización de evaluación financiera

El objetivo de este capítulo es exponer y ordenar la información de carácter monetario relacionada con la implementación del sistema diseñado anteriormente, identificando y cuantificando de manera aproximada tanto la inversión inicial que debería realizarse como los gastos de mantenimiento necesarios durante un período determinado de tiempo en el futuro, así como los ingresos esperados (originados en el caso que nos ocupa en la expresión monetaria de las pérdidas evitadas estimadas), para de esta manera elaborar los análisis pertinentes y determinar la viabilidad o inviabilidad financiera del proyecto.

El estudio de viabilidad financiera de un proyecto determina, sin considerar aspectos de otra índole ajenos a lo estrictamente financiero, su aprobación o rechazo. Este mide la rentabilidad que retorna la inversión, y brinda una idea de qué tan conveniente puede resultar llevar a cabo un proyecto. Las principales herramientas que se utilizan a la hora de realizar la mencionada evaluación son el Valor Actual Neto, la Tasa Interna de Retorno y la determinación del período de recuperación, las cuales se desarrollan en detalle a continuación:

V.1.1 Valor Actual Neto (VAN)

El valor actual neto es un método de análisis financiero que plantea que el proyecto debe aceptarse si su resultado es igual o superior a cero, con esta herramienta se calcula la diferencia entre los ingresos y egresos futuros esperados expresados en moneda actual.

El VAN puede ser calculado mediante la siguiente formula:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

Dónde:

F_t son los flujos de dinero en cada periodo t .

I_0 es la inversión realiza en el momento inicial ($t=0$).

n es el número de periodos de tiempo.

k es el tipo de descuento o tipo de interés exigido a la inversión.

Los criterios de decisión van a ser los siguientes:

- $VAN > 0$: El valor actualizado de los cobros y pagos futuros de la inversión, a la tasa de descuento elegida generará beneficios.
- $VAN = 0$: El proyecto de inversión no generará ni beneficios ni pérdidas, siendo su realización, en principio, indiferente.

- VAN < 0: El proyecto de inversión generará pérdidas, por lo que deberá ser rechazado.⁴⁶

V.1.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)

La **Tasa Interna de Retorno** o **TIR** es la tasa de descuento que nos ofrece una inversión. Se puede decir que la Tasa Interna de Retorno es el porcentaje de beneficio o pérdida que conllevará cualquier inversión. Es una medida ampliamente utilizada para evaluar la rentabilidad de los proyectos de inversión.

Está muy relacionada con el Valor Actual Neto. La Tasa Interna de Retorno también está definida como el valor de la tasa de descuento cuando el Valor Actual Neto adquiere un valor igual a 0 para un proyecto de inversión concreto y determinado.

La TIR es calculada mediante la siguiente fórmula:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+TIR)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+TIR)} + \frac{F_2}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+TIR)^n} = 0$$

Dónde:

F_t son los flujos de dinero en cada periodo t .

I_0 es la inversión realizada en el momento inicial ($t=0$).

n es el número de periodos de tiempo.

Considerando a “ k ” como la tasa de descuento utilizada para calcular la VAN, el criterio de selección será el siguiente:

- Si $TIR > k$, el proyecto de inversión será aceptado. Siendo la tasa de rendimiento interno que obtenemos superior a la tasa mínima de rentabilidad exigida a la inversión.

⁴⁶ Fuente: <https://economipedia.com/definiciones/valor-actual-neto.html>

- Si $TIR = k$, estaríamos en una situación similar a la que se producía cuando el VAN era igual a cero. En esta situación, la inversión podrá llevarse a cabo si mejora la posición competitiva y no hay alternativas más favorables.
- Si $TIR < k$, el proyecto debe rechazarse. No se alcanza la rentabilidad mínima que le pedimos a la inversión.⁴⁷

V.1.3 Período de recuperación o Payback

Por medio del payback sabemos el número de periodos (normalmente años) que se tarda en recuperar el dinero desembolsado al comienzo de una inversión. Lo que es crucial a la hora de decidir si embarcarse en un proyecto o no. Si los flujos de caja no son iguales todos los periodos (por ejemplo, un año recibimos 100 de beneficio, al siguiente 200 y después 150), habrá que ir restando a la inversión inicial los flujos de caja de cada periodo, hasta que llegemos al periodo en que recuperamos la inversión.

Lógicamente será preferible una inversión en donde el plazo de recuperación sea menor.

La principal ventaja del criterio payback es que es muy fácil de calcular, aunque tiene la importante limitación de no tener en cuenta cualquier beneficio o pérdida que pueda surgir posteriormente al periodo de recuperación.⁴⁸

V.2 Inversión inicial

El monto de la inversión inicial resulta de cuantificar las erogaciones que deben efectuarse para adquirir los materiales necesarios, mencionados en el capítulo anterior y para remunerar la mano de obra que demande la instalación del sistema. Con la información ya recogida sumada a presupuestos obtenidos de parte de distintos proveedores de equipamiento

⁴⁷ Fuente: <https://economipedia.com/definiciones/tasa-interna-de-retorno-tir.html>

⁴⁸ Fuente: <https://economipedia.com/definiciones/payback.html>

para riego agrícola y una cuadrilla de “parraleros” (como se conoce en el ámbito a los obreros especializados en construcción de viñas), cuyos conocimientos y experiencia se estiman adecuados para el caso analizado, se puede determinar que la inversión inicial asciende a la suma de 14.618.500 pesos, desglosada de la siguiente manera:

Figura 31 “Inversión inicial “

INVERSIÓN INICIAL				
Concepto	Unidad Medida	Cantidad	Precio	Total
Alambre Galvanizado N°14 Alta Resistencia	Kilogramos	200,00	9.500,00	1.900.000,00
Manguera Negra para Riego Agrícola 1/2"	Rollo	48,00	28.000,00	1.344.000,00
Accesorios (Llaves, Cinta, Herramientas, etc.	Unidades	1,00	450.000,00	450.000,00
Aspersor Rivulis Hadar 7110 50l/h	Unidades	900,00	6.000,00	5.400.000,00
Poste Madera Tratada 7 m Alto, 25 cm Ancho	Unidades	21,00	37.000,00	777.000,00
Poste Madera Tratada 5 m Alto, 12 cm Ancho	Unidades	75,00	18.500,00	1.387.500,00
Mano de Obra (3 personas, 8 hs/día, 20 días	Horas	480,00	7.000,00	3.360.000,00
				14.618.500,00

Fuente: Elaboración propia

Los ítems antes mencionados se amortizarán teniendo en cuenta su vida útil promedio, que asciende a 10 años según asesoramiento del especialista entrevistado, por lo que la amortización a tener en cuenta anualmente será de 1.461.850 pesos.

Por último, se estima que el proyecto será financiado 100% con recursos propios.

V.3 Ingresos

Los ingresos atribuibles al proyecto serán los que surjan de calcular anualmente los kilogramos de producto neto que sería razonable obtener de la cantidad de plantas protegidas por el sistema (66,18%) menos los kilogramos obtenidos de la totalidad de las plantas del emprendimiento, en promedio, actualmente. El valor obtenido será multiplicado por el precio unitario promedio logrado, ajustado por inflación, que surge de los registros facilitados por el Sr. Leonardo Evaristo Lloret.

En resumen:

Figura 32 “Ingresos Esperados”

INGRESOS ESPERADOS	
Producción Total Esperable Cultivo (kgrs)	3.500,00
Producción Esperable de Plantas Protegidas Contra Heladas (kgrs)	2.316,18
Producción Promedio Obtenida Antes de Inversión (kgrs)	1.000,00
Producción Adicional Atribuible a la Inversión (kgrs)	1.316,18
Precio Promedio de Comercialización a Granel (Pesos Ajustado Inflación)	10.180,00
Ingresos Anuales Futuros Atribuibles a la Inversión	11.503.400,00

Fuente: Elaboración propia

Dado que el cultivo está en etapa de plena producción y se estima se mantendrá en óptimas condiciones, salvo hechos fortuitos de una magnitud imprevisible, puede esperarse que el ingreso anual atribuible a la inversión se mantenga constante durante la vida útil de la misma.

V.4 Egresos

En cuanto a los egresos, los mismos pueden agruparse según sean destinados al mantenimiento del sistema o al funcionamiento del mismo.

El mantenimiento del sistema consistirá en una revisión anual realizada con suficiente tiempo de anticipación a las fechas críticas mencionadas oportunamente. Dicha revisión consistirá en poner en marcha la estación de

bombeo y recorrer el emprendimiento verificando tanto el estado de los filtros como el correcto funcionamiento de cada aspersor, también se revisará que las mangueras no sufran pérdidas de agua y que las llaves derivadoras estén en condiciones. Todos los elementos que presenten un funcionamiento deficiente serán señalizados para su posterior revisión y oportuno reemplazo.

En cuanto a los egresos que supone el funcionamiento del sistema se puede identificar principalmente la remuneración de una persona que deberá cumplir una tarea de vigilancia en horas nocturnas y la energía eléctrica que demande el funcionamiento de las bombas centrífugas.

Para la estimación de los egresos supondremos entonces, por un lado, que deberá destinarse anualmente un 5% de la inversión inicial en materiales a reparación o reemplazo de los mismos y que el mantenimiento preventivo demandará el trabajo de 3 personas, 8 horas durante 3 días. Por otro lado, en relación a los costos atribuibles al funcionamiento del sistema y en sintonía con las observaciones realizadas durante años en el cultivo, partiremos del supuesto de que deberán enfrentarse 2 episodios de 3 noches de heladas cada uno, que demandarán 8 horas de vigilancia y 4 horas de funcionamiento del sistema por jornada.

No se tendrá en cuenta para la estimación de egresos el impacto impositivo que generaría la inversión respecto de la situación actual ya que se trata de una empresa en marcha, de la que se esperaba obtener ciertos resultados que no se están obteniendo y que, en todo caso, de lograrse los objetivos planteados inicialmente por el productor, habrá sido luego de afrontar costos adicionales, resultando en menores cargas fiscales que las estimadas en un primer momento.

Los egresos anuales, a los que a efectos de determinar el flujo de fondos habrá que sumar la depreciación del equipo estimando una vida útil de 10 años, quedan resumidos entonces de la siguiente forma:

Figura 33 “Determinación de egresos”

EGRESOS ESPERADOS	
5% Inversión Inicial en Materiales	562.925,00
Mano de Obra Mantenimiento Preventivo (2 personas, 8 hs/día, 3 días)	336.000,00
Mano de Obra Vigilancia y Operación Sistema (1 persona, 8 hs nocturnas, 6 d	380.788,80
Energía Eléctrica (aproximado según consumo especificado fabricantes bom	250.000,00
Ingresos Anuales Futuros Atribuibles a la Inversión	1.529.713,80

Fuente: Elaboración propia

V.5 Flujo de fondos

La confección de un flujo de fondos en el contexto económico y político actual constituye una tarea desafiante, con un panorama incierto. Vivimos un momento donde el transcurso de unos cuantos meses se percibe como largo plazo dada la dinámica y velocidad de los acontecimientos, con expertos de renombre opinando en sentidos opuestos. Aun así, resulta imprescindible realizar una estimación “razonable”, partiendo de los ingresos y gastos que se han estimado a valores de mercado.

Se calculará un flujo de fondos a 10 años, considerando la vida útil total del sistema, con una estimación de inflación promedio de 10% anual, exigiendo al proyecto un retorno equivalente a la tasa de referencia de política monetaria estipulada por el Banco Central de la República Argentina, que a la fecha de redacción de este apartado se ubica en 35% anual, más un 5% adicional, lo que se aproxima a la tasa de mercado actual⁴⁹. Los mencionados criterios pueden considerarse muy exigentes para el proyecto, pero dado el contexto financiero actual, en el que hay pocas oportunidades de negocio más rentables que colocar dinero a plazo, resulta lógico exigir un excelente desempeño a cualquier proyecto.

⁴⁹ Fuente: https://www.bcra.gob.ar/PublicacionesEstadisticas/Principales_variables_datos.asp

Figura 34 “Flujo de fondos”

FLUJO DE FONDOS	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ingresos Atribuibles a la Inversión		11.503.400,00	12.653.740,00	13.919.114,00	15.311.025,40	16.842.127,94	18.526.340,73	20.378.974,81	22.416.872,29	24.658.559,52	27.124.415,47
Egresos Operativos		-1.529.713,80	-1.682.685,18	-1.850.953,70	-2.036.049,07	-2.239.653,97	-2.463.619,37	-2.709.981,31	-2.980.979,44	-3.279.077,38	-3.606.985,12
Amortización		-1.461.850,00	-1.608.035,00	-1.768.838,50	-1.945.722,35	-2.140.294,59	-2.354.324,04	-2.589.756,45	-2.848.732,09	-3.133.605,30	-3.446.965,83
Inversión Inicial	-14.618.500,00	8.511.836,20	9.363.019,82	10.299.321,80	11.329.253,98	12.462.179,38	13.708.397,32	15.079.237,05	16.587.160,76	18.245.876,83	20.070.464,51

Fuente: Elaboración propia

Figura 35 “Resultados obtenidos”

V.A.N.	11.210.103,45
T.I.R.	67,35%
Período de recuperación	3 años

Fuente: Elaboración propia

V.6 Conclusión

El presente proyecto tuvo por objetivo analizar la posibilidad técnica y la viabilidad económica de implementar un sistema de protección ante el fenómeno climático denominado “helada” en un emprendimiento concreto situado en el departamento Pocito, provincia de San Juan, dado el elevado nivel de pérdidas que provoca su habitual ocurrencia. Para ello se estimó conveniente lograr un conocimiento profundo en todo lo relativo al fenómeno mencionado y la manera en que los cultivos se ven tanto dañados por las bajas temperaturas como protegidos por un mecanismo en particular, que es la aspersión de agua sobre plantas. Para ello se buscó respuestas a interrogantes tales como ¿Qué son las llamadas “heladas” y cómo afectan a los cultivos? ¿Qué mecanismos de protección existen? ¿Es posible implementar un sistema de aspersión en el cultivo analizado usando la infraestructura existente? ¿Resultaría realmente rentable invertir en ello?

La realización de este proyecto permitió obtener información relevante acerca del clima de la provincia, estadísticas reveladoras que permitieron visualizar la gravedad del problema que suponen las heladas y un acabado conocimiento acerca de un método de protección, desde sus principios conceptuales hasta su funcionamiento y operación.

Por otro lado, se definió de manera positiva, aunque con limitaciones, la posibilidad de utilizar infraestructura altamente costosa ya instalada para emplazar el sistema de protección.

Para concluir se desarrolló un análisis económico financiero donde se analiza la inversión inicial en detalle a fin de cuantificarla, se estudiaron los que podrían asimilarse a ingresos asociados al proyecto mediante la cuantificación de las pérdidas evitables con la implementación del sistema y se estimaron erogaciones tanto para mantener el sistema en óptimas condiciones como para su correcta operación. También se tuvo en cuenta la vida útil estimada del sistema a fin de restar del flujo las amortizaciones pertinentes.

Una vez definido el flujo de fondos y tomando como referencia una tasa de descuento acorde al contexto financiero se obtuvieron las variables de VAN, TIR y plazo de repago.

Con lo que se concluyó que:

- El VAN es superior a cero, por lo que el valor actual de los flujos de ingresos y gastos descontados generará una ganancia.
- La TIR es superior a la tasa de descuento exigida (40%), por lo que la tasa de rendimiento interno es superior a la tasa mínima de rentabilidad.

Por todo lo mencionado:

Se establece que el presente proyecto es realizable desde el punto de vista técnico, sería rentable económicamente y debería llevarse a cabo. Con su realización no solo se considera altamente probable que se alcancen los objetivos iniciales planteados para el desarrollo del cultivo analizado, sino que se acercaría a la provincia una tecnología poco conocida en el entorno local pero altamente probada en muchos lugares del mundo, que podría constituir una alternativa para solucionar un problema significativo y generalizado en el sector agrícola local.

Bibliografía

Baca, G., (2001), *Evaluación de proyectos*. Cuarta edición por McGraw-Hill-Interamericana Editores, S.A. Mexico D.F.

Masse, P., (1963), *La elección de las inversiones*. Sagitario SA. Barcelona, España.

Lerma, H., (2009), *Metodología de la investigación: propuesta, anteproyecto y proyecto*. Cuarta edición por Ecoe ediciones. Bogotá, Colombia.

Nassir Sapag Chain, Reinaldo Sapag Chain., (2008), *Preparacion y evaluación de proyectos*. Quinta edición por McGraw-Hill-Interamericana Editores, S.A., Bogotá, Colombia.

Nassir Sapag Chain, Reinaldo Sapag Chain, Jose Manuel Sapag P., (2008) *Preparacion y evaluación de proyectos*. Sexta edición por McGraw-Hill-Interamericana Editores, S.A., Santa Fe, México.

Richard L Snyder, J. Paulo de Melo-Abreu, (2010) *Protección contra las heladas: fundamentos, práctica y economía. Serie sobre el medio ambiente y la gestión de los recursos naturales*. Primera edición por Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

Jose Luis Fuentes Yague (1993) *Protección contra las heladas. Hojas Divulgadoras*. Primera edición por Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España.

Miguel Tassara (2005) *Defensa contra heladas. Revista Fruticultura y Diversificación*. Año 11 N° 45

<https://heladas.agro.uba.ar> Consultado el día 09 de Julio de 2024

<https://www.tutiempo.net/> Consultado el día 09 de Julio de 2024

<https://www.fao.org/> Consultado el día 09 de Julio de 2024

<https://www.ecologiaverde.com/> Consultado el día 13 de Julio de 2024

<https://www.portalfruticola.com/> Consultado el día 13 de Julio de 2024

<https://sembralia.com/> Consultado el día 17 de Julio de 2024

<https://citarea.cita-aragon.es/> Consultado el día 17 de Julio de 2024

<https://www.maset.com/> Consultado el día 18 de Julio de 2024

<https://www.larioja.org/> Consultado el día 22 de Julio de 2024

<https://www.oliveoilsource.com/> Consultado el día 23 de Julio de 2024

<https://www.cultifort.com/> Consultado el día 24 de Julio de 2024

<https://bioterra.es/> Consultado el día 28 de Julio de 2024

<https://synergynuts.upct.es/> Consultado el día 1 de Agosto de 2024

<https://juanpacomarsilla.blogspot.com/> Consultado el día 21 Agosto de 2024

<https://almendraschirlata.com/> Consultado el día 31 de Agosto de 2024

<https://agbaragriculture.com/> Consultado el día 31 de Agosto de 2024

<https://inta.gob.ar/> Consultado el día 10 de Septiembre de 2022

<https://www.fumex.cl/> Consultado el día 10 de Septiembre de 2022

<https://www.agromillora.com/> Consultado el día 25 de Septiembre de 2022

<https://sanfernandocollege.cl/> Consultado el día 26 de Septiembre de 2022

<https://www.rivulis.com/> Consultado el día 26 de Septiembre de 2022

<https://aws.agroconsultasonline.com.ar/> Consultado el día 3 Octubre 2024

<https://faq.sencrop.com/> Consultado el día 3 Octubre 2024

<https://www.graf.info/> Consultado el día 3 Octubre 2024

<https://www.smartick.es/> Consultado el día 8 Octubre 2024

<https://www.mendoza-conicet.gob.ar/> Consultado el día 9 Octubre 2024

<http://contenidosdigitales.ulp.edu.ar/> Consultado el día 9 Octubre 2024

<https://www.smn.gob.ar/> Consultado el día 15 Octubre 2024

<https://economipedia.com/> Consultado el día 31 Octubre 2024

<https://www.bcra.gob.ar/> Consultado el día 31 Octubre 2024

Anexo A – Entrevista al Sr. Leonardo Evaristo Lloret, productor agrícola.

-¿Dónde se encuentra ubicado el cultivo?

Se encuentra ubicado en la localidad llamada Quinto Cuartel, departamento Pocito, a la altura de Calle 9.

-¿Se considera una zona geográficamente alta o baja dentro de esa zona productiva?

Es una zona alta, está aproximadamente a 4.500 metros del pie de la Sierra Chica de Zonda, que es la formación montañosa que divide los departamentos de Zonda y Pocito.

-¿El hecho de estar en una zona elevada es positivo para prevenir daño por heladas?

Si, en general tiende a haber cierta diferencia de temperatura entre mis observaciones y las de productores de zonas más bajas, hablamos de algo más de 1 grado en promedio de mayor temperatura en zona elevada.

-¿Qué tamaño tiene el área cultivada en su emprendimiento?¿Solamente hay almendros cultivados?

Solamente almendros, si. Poco menos de 4 hectáreas cultivadas.

-¿Qué cantidad de plantas hay?¿Cómo están dispuestas?

Son 1.360 plantas, dispuestas en 10 filas de 136 plantas cada una, hay una separación de 5 metros entre filas y entre plantas dentro de una misma fila, por lo que el largo de las filas es de 680 metros.

-¿Se encuentran en etapa de plena producción?¿Cuál es el rendimiento que debería esperarse en condiciones normales para esa cantidad de plantas?

Si, salvo por algunas plantas que por distinto motivo se van reemplazando o ingertando, cosa que es normal, está dentro de lo previsto, el cultivo en general se considera en etapa de plena producción. Mantenido como está, podado, abonado, desmalezado, con riego por goteo y sin incidencias como escasez de agua en la provincia, vientos zonda bruzcos durante la floración o heladas tardías, deberían obtenerse 3.500kg de producto neto sin mayores dificultades.

-¿Se obtiene ese rendimiento con regularidad?

No, la verdad es que el clima acá no colabora en absoluto, todos los años entre las fechas críticas, he registrado heladas, de mayor o menor intensidad, pero la verdad no recuerdo año sin episodios de éste tipo.

Por otro lado, como comentaba anteriormente, si durante la floración corre viento zonda a alta velocidad y con altas temperaturas, eso es muy perjudicial también, tanto como una helada.

-¿Desde que usted lleva registros, en promedio cuál ha sido el rendimiento obtenido?

Llevo registro desde que las plantas eran plantines, pero desde que están en plena producción, calculo que el promedio por campaña ha sido de aproximadamente 1.000 kilos de producto neto, muy por debajo de lo razonablemente esperable.

-¿Podría ponderar la incidencia de uno y otro evento climático (heladas y viento zonda) en semejante diferencia entre producción esperable y obtenida?

Te diría que un viento zonda con gran velocidad y temperatura en etapa de floración es tan perjudicial como una helada severa, ambos provocan pérdidas del 100%, deja un par de frutos que no vale el esfuerzo recoger. Pero un viento así como el que te describo ha ocurrido una sola vez desde que llevo registros, en 2014, en cambio heladas se registran todos los años. Las heladas tardías son el gran problema que tiene esta actividad, se dan uno o dos episodios por año con seguridad y según sean leves o intensas las pérdidas son mayores o menores pero, en síntesis, el promedio es de 1.000 kilos, muy bajo.

¿Te preguntarás por vientos zonda de menor intensidad al de 2014? Bueno, la temperatura alta y sequedad del ambiente durante la floración sin dudas son perjudiciales pero, a diferencia de las heladas, es algo que no puedo medir con certeza ya que el daño generado no es fácil de observar.

Pero en conclusión, sin ningún tipo de dudas entre estos dos eventos se reparte la responsabilidad por las pérdidas, dentro del promedio de 1.000 kilos que te mencioné, es notorio que los años de heladas más severas se obtiene menos y los años más benévolos se obtiene más.

-Ha mencionado "fechas críticas" anteriormente. Supongo que se refiere a los momentos en que la planta (o el fruto) es vulnerable a temperaturas bajo cero. Según pude averiguar esos momentos quedan comprendidos entre la apertura de las yemas y el fruto en desarrollo habiendo alcanzado el tamaño de una aceituna. ¿Entre qué fechas ocurren estos estados en su cultivo?

Alrededor del 10 de Agosto comienzan a abrirse las yemas de las primeras plantas y de ahí en más se van sucediendo estados fenológicos que le llaman, que no se dan de forma uniforme en todo el cultivo porque, en primer lugar, las plantas tienen "tandas" de floración, pero además hay varias especies de plantas (eso debe ser así para asegurar una buena polinización), entonces algunas florecen antes, otras después y así sucesivamente. Pero en general los últimos frutos que adquieren el tamaño que mencionas lo hacen hacia el 20 de Septiembre.

-Volviendo al tema heladas. ¿Qué temperaturas suelen registrarse en el cultivo? ¿Durante cuánto tiempo se prolongan?

Es extremadamente inusual que la temperatura llegue a -3° o menos y en la gran mayoría de los casos el rango medido está entre poco menos de 0° y -2°, la mínima observada fue en 2011: -7,3° con pérdidas totales, obviamente. La duración es muy variable, he observado temperaturas como las mencionadas durante pocos minutos y durante 4 ó 5 horas con igual frecuencia. Lo que sí es muy importante que te comente, por el agua disponible, es que muchas veces se suceden heladas durante 2 ó 3 noches seguidas.

-¿En cuánto a nubosidad y viento, identifica condiciones que favorecen la ocurrencia de heladas?

Si, por supuesto, es muy conocido que el cielo tiene que estar muy despejado y haber calma para que caiga una helada. Lo he observado con los termómetros: una leve brisa que esté corriendo impide que las temperaturas caigan debajo de 0°, es muy notorio. Como referencia puedo decirte que acá es muy probable que haya helada después de algunos días de temporal, con baja temperatura y cielo nublado, cuando se despeja, la noche siguiente hay que estar muy atento. Por otro lado, cuando para la ciudad hay pronóstico de 5° o 6° de mínima seguro las temperaturas van a estar cerca de 0° en el cultivo.

-¿Ya ha utilizado métodos de defensa contra heladas? ¿Cuáles? ¿Qué resultados obtuvo?

Efectivamente, he intentado controlar las heladas mediante hogueras distribuidas entre las plantas con resultados prácticamente nulos: unas pocas almendras salvadas en las plantas inmediatamente cercanas al fuego y solo del lado que recibió calor directo. Luego intenté esparcir aire caliente mediante un sistema de ventilación y quemadores de gas montados en un carro tirado por un tractor, con resultados improbables, porque lo cierto es que el rendimiento de ese año fue magro, no sé qué hubiera pasado si no me tomaba la molestia. Muy probablemente el efecto fue muy limitado.

Como dato adicional te puedo contar que en un cultivo de almendras pegado al mío instalaron ventiladores enormes, de unos 2 metros de diámetro, cuya función era evacuar el aire frío fuera del cultivo, pero hace algunos años ese campo se limpió, con ventiladores y todo, para dar paso a “chacras”, cultivos no perennes, así que estimo no habrán salido las cosas como se esperaba.

-Necesito ahora algunas precisiones respecto a la infraestructura en que se apoya el sistema de riego por goteo, que serviría de base para instalar un sistema de defensa ante heladas mediante aspersion de agua sobre plantas.

¿Capacidad del reservorio en litros?

Un millón (1.000.000 litros), que es lo que ingresa por turno de riego, cada 3 días, cuando no hay restricción por escasez de agua en la provincia.

¿Potencia de bombeo?

Hay instaladas dos bombas que funcionan en simultáneo, una de 7,5HP y otra de 2,5 HP. Ambas suman una capacidad de 45.000 litros/hora.

¿Red de caños y mangueras en toda la extensión del cultivo?

Si, el sistema de riego por goteo abastece la totalidad del cultivo.

¿Sistema de filtrado?

Toda el agua bombeada pasa por un filtro de malla metálica cuya función es retener impurezas que puedan tapar los goteros del sistema de riego, los cuales son muy delicados en ese sentido, el agua debe estar libre de partículas.

-Por último, ¿hay algún valor de referencia que se le pueda asignar al kg neto de almendras?

Valor mayorista, si, en torno a 10 dólares (oficiales) por kilo, ese valor se acerca año a año a los valores negociados en pesos ajustados por inflación.

Anexo B – Entrevista al Ing. Fernando Garadi, especialista en cálculos hidráulicos para sistemas de riego.

-¿Es posible utilizar infraestructura instalada de un sistema de riego por goteo para algo distinto, como ser elevar agua a aspersores sobre las plantas?

Es posible, sí. Lo que determina la utilidad de la infraestructura instalada para cualquier fin que se quiera usar es la capacidad de bombeo. Si resulta suficiente, podría utilizarse esa capacidad y los conductos instalados para lo que se necesite.

-¿Si no fuera suficiente dicha capacidad podría ampliarse reemplazando o agregando bombas centrífugas?

Podría sustituirse la bomba que haya por una más potente siempre y cuando los conductos instalados soporten la presión adicional, pero no creo que sea el caso porque generalmente todo el sistema se diseña en base a una capacidad de bombeo necesaria establecida de antemano para no generar costos innecesarios. Hay que tener en cuenta que el sistema de riego en su totalidad está compuesto por el reservorio, la bomba y los conductos, por lo que generar capacidad que no va a utilizarse resulta sumamente oneroso.

-¿El hecho de tener que elevar el agua a aproximadamente 4 metros es un factor significativo?

La altura a la que debe elevarse el agua y el caudal son variables que inciden en los cálculos pero en este caso no son significativas, las mangueras no son gruesas por lo que el caudal elevado es mínimo y la altura es poca, el verdadero desafío para una estación de bombeo de riego agrícola es empujar el agua a través de las grandes distancias horizontales de un cultivo.

-¿El uso de aspersores requiere algún tipo de filtrado especial?

Estimo sería suficiente el filtro instalado porque requieren mayor pureza del agua los goteros de riego que los aspersores.

-Se habla de goteros o aspersores que tienen capacidad de “x” litros por hora. ¿Qué relación tiene este parámetro con los litros por hora que tiene de capacidad el sistema de bombeo instalado?

La relación es casi directa, vos decís que en el cultivo donde quieren instalar los aspersores hay 45.000 litros hora de capacidad instalada, entonces si, por ejemplo, colocan aspersores de 70 litros por hora el cálculo es tan simple como dividir 45.000 en 70, eso te da la cantidad de aspersores que puede abastecer el sistema de riego.

-Por último ¿Qué vida útil puede esperarse de un sistema como el estudiado?

En general, todos los elementos de riego agrícola tienen una vida útil de 10 años siendo bien mantenidos.